



ПРИОРИТЕТЫ  
ЕВРАЗИЙСКОГО  
ЭКОНОМИЧЕСКОГО  
СОЮЗА 2030+

7

ИССЛЕДОВАНИЯ  
БЕЛОРУССКИХ УЧЕНЫХ  
В АНТАРКТИКЕ

11

НА ПУТИ  
К ПОСЛІТІЕВЫМ  
ТЕХНОЛОГІЯМ

52

ТРАДЫЦЫІ  
СВЯТКАВАННЯ  
СЁМУХІ

72

# Наўка і іннавацыі

№6 (244)  
ІЮНЬ 2023

научно-  
практический  
журнал



ПО СЛЕДАМ  
ПОЛЯРНЫХ  
ЭКСПЕДИЦИЙ

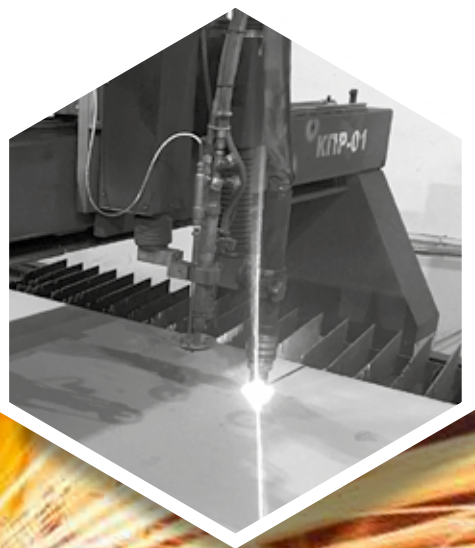
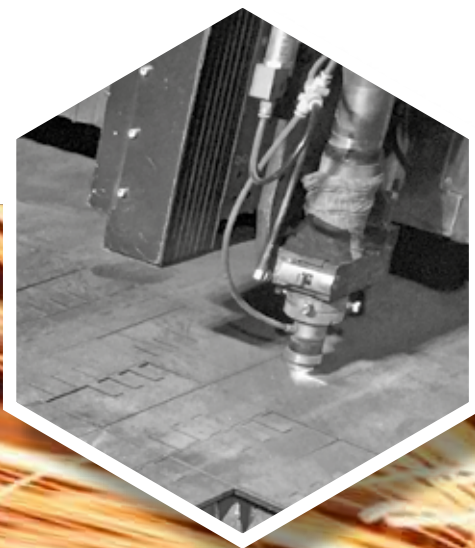
ISSN 1818-9857



9 771818 985001 06  
ISSN 2412-9372 (online)

# ОПЫТНОЕ ПРОИЗВОДСТВО НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКОГО ЦЕНТРА НАН БЕЛАРУСИ ПО МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЮ

ОКАЗЫВАЕТ ШИРОКИЙ СПЕКТР УСЛУГ ДЛЯ ОРГАНИЗАЦИЙ И ЮРИДИЧЕСКИХ ЛИЦ



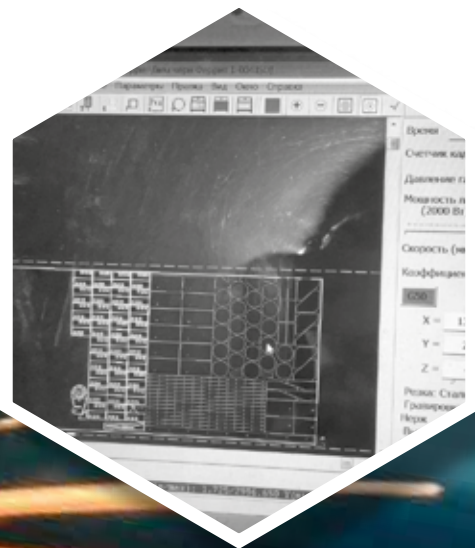
**Лазерная  
прецизионная  
резка** деталей любой  
геометрии  
(углеродистая  
и нержавеющая  
сталь – до 10 мм,  
цветные металлы –  
до 5 мм)

**Плазменная  
резка**  
металлов  
и сплавов –  
до 80 мм

**Полимерное  
покрытие**  
(порошковое  
окрашивание)  
коррозионно-  
стойкими матери-  
алами металло-  
конструкций  
в камере размерами  
1000×1500×3000 мм

**Рубка** листового  
металла  
на гильотине –  
толщина до 6 мм,  
длина до 3000 мм





УНП 100029036

**Гибка** листового металла –  
толщина до 5 мм,  
длина до 3000 мм

**Вальцовка**  
листового металла  
от 150–10000 мм  
(сегмент)  
и профильной  
трубы сечением  
до 70 мм

**Токарные,  
фрезерные**  
работы

**Изготовление  
металлоконструкций**  
любой сложности:  
металлические шка-  
фы, перила, лестницы,  
емкости из пищевой  
нержавеющей стали,  
сеточные ограждения,  
малые архитектурные  
формы и т.п.



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 – председатель совета	А.Е. Дайнеко
П.А. Витязь – зам. председателя	А.И. Иванец
С.А. Чижик – зам. председателя	Н.С. Казак
Ж.В. Комарова	А.В. Кильчевский
В.Ф. Байнев	Э.И. Коломиец
О.Ю. Баранов	С.А. Красный
А.И. Белоус	М.В. Мясникович
В.Г. Богдан	О.Г. Пенязьков
С.В. Гапоненко	Ф.П. Привалов
В.Л. Гурский	С.П. Рубникович
	О.О. Руммо
	С.В. Харитончик
	И.П. Шейко
	А.Г. Шумилин
	С.С. Щербаков

#### Главный редактор:

Жанна Комарова

#### Ведущие рубрик:

Ирина Емельянович	Татьяна Жданович
Наталья Минакова	Юлия Василишина

#### Дизайн и верстка:

Алексей Петров

#### Адрес редакции:

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

#### Подписные индексы:

007 532 (ведомственная)

00 753 (индивидуальная)

Формат 60x84 1/8. Бумага офсетная.

Усл. печ. л. 9,8. Тираж 554 экз.

Цена договорная.

Подписано в печать 14.06.2023.

#### Издатель: РУП «Издательский дом

«Беларуская навука». Свид. о гос. рег. №1/18  
от 02.08.2013. г. Минск, ул. Ф. Скорины, 40.  
Заказ №127.

© «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

Юлия Василишина

## Нам 20 лет! ..... 4

Материал посвящен марафону открытых научно-популярных лекций, организованных редакцией журнала «Наука и инновации» в честь 20-летия издания.

### ИНТЕГРАЦИОННОЕ СТРОИТЕЛЬСТВО

Михаил Мясникович

## Приоритеты Евразийского экономического союза 2030+. Научно-практический подход ..... 7

Обозначены ключевые проблемы ЕАЭС на современном этапе, пути их решения, а также перспективы альянса.

### ТЕМА НОМЕРА: ПО СЛЕДАМ ПОЛЯРНЫХ ЭКСПЕДИЦИЙ

Владимир Рыжиков

## Основные результаты экспедиционной деятельности Республики Беларусь в Антарктике ..... 11

Дан обзор результатов деятельности Республики Беларусь в Антарктиде.

Аркадий Иванов, Алексей Малинка, Анатолий Чайковский, Игорь Алексеев, Владислав Базылевич и др.

## Взвешенные в атмосфере частицы и снежный покров: взгляд с Земли и из космоса ..... 15

Представлены результаты исследования оптических свойств взвешенных в атмосфере частиц и земной поверхности, оборудование для мониторинга поверхности снега и атмосферных аэрозолей, обработки спутниковых данных.

Юрий Гигиняк, Владислав Мямин, Егор Корзун

## Белорусские биологи в Антарктиде ..... 19

Проанализированы результаты исследований растительного и животного мира морских, пресноводных и наземных экосистем Антарктики отечественными биологами.

Ольга Канделинская, Елена Грищенко, Алексей Янцевич, Ярослав Диченко, Александр Андриянов и др.

## Криптогамная флора Восточной Антарктиды: фитохимический и фармацевтический потенциал ..... 23

Обосновано комплексное изучение фитохимического и фармакологического потенциала представителей криптогамной флоры Восточной Антарктиды. Показана необходимость поиска перспективных биополярных видов.

Сергей Какарека, Тамара Кухарчик

## Изучение гидрохимических особенностей снежно-фирнового покрова Антарктиды ..... 28

Описаны научные направления, районы проведения, методические подходы и некоторые результаты исследований снежного покрова Антарктики, выполняющихся в рамках Белорусской антарктической программы.

Радим Гарецкий, Павел Шаблыко, Ярослав Грибик

## Полярные геолого-геофизические изыскания на Земле Эндерби ..... 33

Проанализированы результаты геолого-геофизических исследований за 15-летний период Белорусских антарктических экспедиций в районе горы Вечерняя.

### ИННОВАЦИОННАЯ ЭКОНОМИКА

Любовь Шумская

## Научная деятельность и предпринимательство ..... 38

Представлены проблемные вопросы, касающиеся регламентации взаимодействия науки и бизнеса, основные препятствия участия ученых в коммерческой реализации инновационных проектов, даны предложения по улучшению ситуации.



## ЦИФРОВАЯ ПЕРСПЕКТИВА

Татьяна Купревич

### Возможности и риски цифровизации глобальных цепочек добавленной стоимости..... 41

В статье рассмотрены преимущества внедрения цифровых технологий в звенья глобальных цепочек добавленной стоимости, определены потенциальные риски и сдерживающие факторы этого процесса.

## ВНЕШНЕТОРГОВЫЕ КОНТАКТЫ

Павел Шведко, Екатерина Тавгенъ

### Выход белорусских экспортеров на рынки Индонезии и Малайзии..... 46

Анализируются перспективные направления развития внешнеторговых отношений Республики Беларусь с Республикой Индонезия и Малайзией, рассматривается специфика ведения бизнеса на этих рынках.

## РЕСУРСНАЯ БАЗА ВЫСОКИХ ТЕХНОЛОГИЙ

Ирина Емельянович

### На пути к постлитиевым технологиям..... 52

Интервью с генеральным директором НПЦ НАН Беларуси по материаловедению, членом-корреспондентом Валерием Федосюком о разработках Центра в области создания накопителей энергии.

Петр Витязь, Валерий Федосюк, Игорь Макоед, Казимир Янушкевич

### Применение редкоземельных элементов в технических изделиях..... 58

В статье обобщены сведения о применении редкоземельных элементов в технических устройствах, выявлены фундаментальные задачи, решение которых интенсифицирует использование данных металлов в микроэлектронике нового поколения.

## ПОЛЕ ЭТНАЛОГИИ

Вольга Шарая

### Родаваарыентаваныя ўяўленні ў традыцыйнай культуры беларусаў і асаблівасці іх даследавання. ч. 2..... 66

Прыводзяцца звесткі аб старажытных святачных сямейных звычаях і абрадах, некаторыя з якіх існуюць у лакальных традыцыях розных рэгіёнаў Беларусі і памежных з ёй тэрыторый.

## СПАДЧЫНА

Тацяна Кухаронак

### «Ой, Тройца, сьвятая Багародзіца, хто пасееў – усё хай зародзіцца». Традыцыі святкавання Сёмухі ў беларусаў..... 72

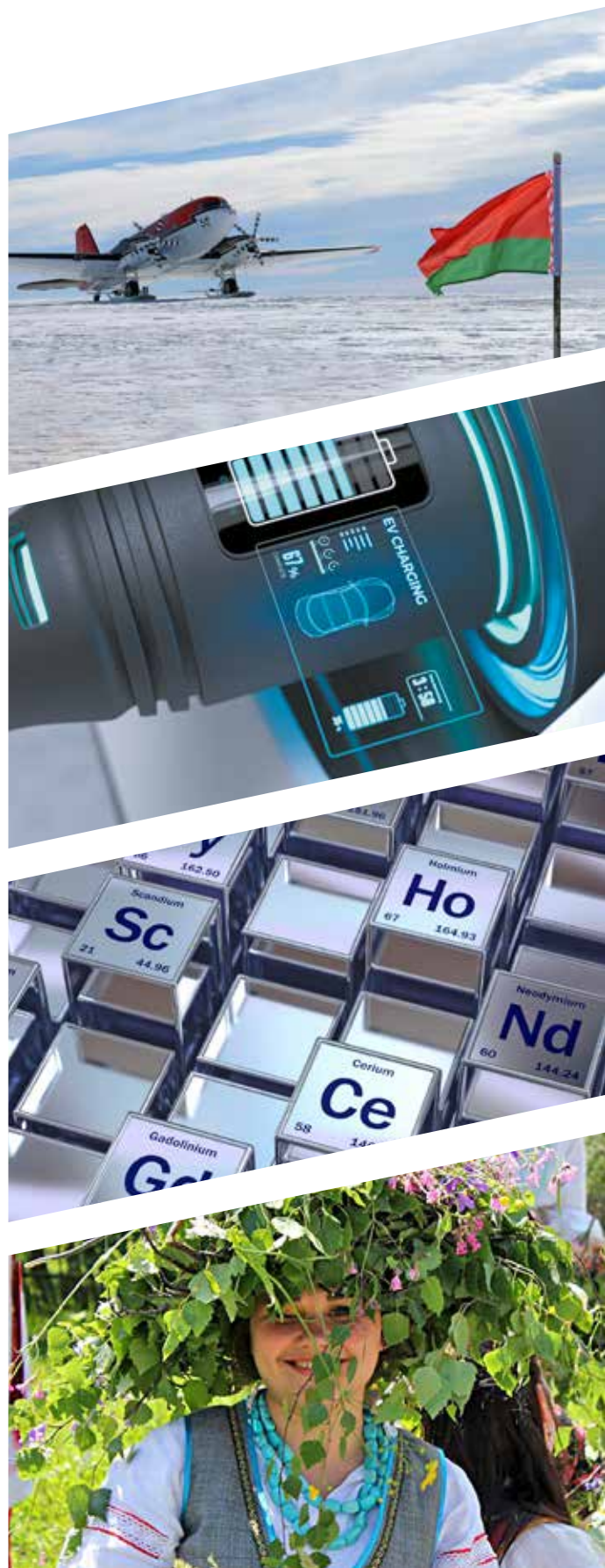
Даследаванне пра тое, як спаконвечная сувязь чалавека з прыродай адбілася на народных вераваннях і абраднасці аднаго з галоўных “зялёных” святаў першай паловы лета.

## ДИССЕРТАЦИОННЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ

Александр Мурзич, Роман Сироткин, Павел Амельчяна

### Восстановление сухожилий и связок крупных суставов с применением белорусского анкерного фиксатора..... 78

Представлен собственный метод хирургического лечения пациентов с повреждением сухожилий и связок крупных суставов с применением белорусской разработки – оригинального анкерного фиксатора.



# НАМ 20 ЛЕТ!



Первый номер журнала «Наука и инновации» был подписан в печать 16 мая 2003 года, а уже 4 июня он попал в руки к читателям. Этот день принято считать днем рождения нашего журнала.

В обращении к читателям Александр Матюшенко, бывший в то время главным редактором, писал, что концепция, тематика, цели и задачи нового издания подчинены главной миссии: повернуть науку к реальным потребностям белорусского общества, что на тот момент было обозначено в Декретах Президента Республики Беларусь «О повышении роли науки и реформировании Национальной академии наук» от 17.10.2001 г., а впоследствии – «О совершенствовании государственного управления в сфере науки» от 05.03.2002 г.

Учредителем журнала выступила НАН Беларуси при всемерной поддержке ее тогдашнего руководителя, доктора экономических наук Михаила Мясниковича, а развитие издания было бы невозможно без того внимания, которое ему уделяет Председатель Президиума НАН Беларуси, академик Владимир Гусаков, являющийся также председателем редакционного совета журнала «Наука и инновации».

За 20 лет вышло в свет 244 номера журнала, опубликовано более тысячи журналистских работ и около 5 тыс. эксклюзивных научных материалов, подготовленных представителями белорусской (и не только) науки. Наше издание сопровождало многих молодых ученых на их профессиональном пути: первые авторы уже стали профессорами, докторами наук, академиками, и в их успехе есть и частица нашего труда.

Каждый выпуск «Науки и инноваций» посвящен одной из актуальных тем – от развития искусственного интеллекта, импортозамещения и космоса до проблем философии и механизмов формирования эмоций.

В честь своего 20-летия редакция журнала «Наука и инновации» провела марафон открытых научно-популярных лекций, организованный совместно с Центральной научной библиотекой им. Якуба Коласа НАН Беларуси. В течение месяца известные ученые республики делились самыми актуальными сведениями из сферы



своих профессиональных интересов, которые, как подчеркнула на открытии марафона главный редактор журнала Жанна Комарова, глобально можно разделить на две больших темы: человек и его сущность и проблемы окружающей среды.



Татьяна Володина

Например, Татьяна Володина, заведующий отделом Центра исследований белорусского языка и литературы, доктор филологических наук, в лекции **«Вочы зямлі: святыя крыніцы Беларусі»** коснулась традиций почитания святых источников, которые имеют давнюю историю. Еще Кирилл Туровский отмечал, что наши предки приносили жертвоприношения к криницам. Трепетному отношению способствовала и природная чистота этих источников, и ценность воды для всего живого на Земле, и вечное ее движение, и понимание этой стихии как водораздела между «этим» и «тем» светом – подобные представления присутствуют в любой мифологии мира. В нашей стране выявлено 1183 родника. Во время экспедиций Татьяна Володина и этнограф, доктор исторических наук Владимир Лобач исследовали наиболее почитаемые из них, в результате чего родилась книга «Святыя крыніцы Беларусі».



Максим Чернявский

«Северная Атлантида», скрывающаяся под водами озер и болот настоящие научные сокровища, и эволюция ее заселения человеком – тема лекции **«Тарфяніковыя паселішчы Паўночнай Беларусі ў V–II тыс. да н.э.»** кандидата исторических наук Максима Чернявского. Известный ученый, возглавляющий отдел археологии первобытного общества в Институте истории НАН Беларуси, познакомил слушателей в том числе и с находками во время раскопок, кото-

рые хорошо сохранились в грунте болот, образовавшихся в процессе климатических колебаний, и на дне озер, неоднократно менявших уровень воды и конфигурацию. Украшения из янтаря, керамическая посуда с сакральными изображениями, ткани из крапивы – тысячи лет быт древнего Поозерья совершенствовался под влиянием балтийской, а затем днепровской культур. Их носители находились на уровне развития современного человека, мало отличалась от нынешней и природа: площадью лесов, возрастом деревьев и поистине краснокнижным биоразнообразием.



Александра Скоробогатова

Александра Скоробогатова, ученый секретарь Института биофизики и клеточной инженерии НАН Беларуси, кандидат биологических наук, посвятила свою лекцию **«Полезное, бесполезное, здоровое питание»** трендам, которые вводят современников в заблуждение. Молочные продукты и глютен несут вред, сахар нужно исключить, а правильный рацион немислим без лосося и авокадо – кому не известны эти устоявшиеся мифы? Между тем грамотная диета, помогающая сохранить хорошее самочувствие, вовсе не требует большого бюджета, дополнительного приема БАДов или полного исключения каких-то продуктов – об этом исследовательница, в чью сферу интересов входит изучение роли микроэлементов в развитии заболеваний человека и медицинская биофизика, знает доподлинно.



Светлана Пашкевич

Светлана Пашкевич, кандидат биологических наук, завлабораторией нейрофизиологии Института физиологии НАН Беларуси, рассказала о новом классе препаратов *ex homine*, то есть полученных от человека,

в лекции «Человек как лекарство». Клеточные и субклеточные продукты, генный материал, микробиом, биологические жидкости, тканевый материал человека становятся основой для новых лекарств и методов терапии. Направление настолько активно развивается, что уже пора вести речь о появлении соответствующей маркировки лекарств ЕхНо, с подтверждением добровольности предоставления исходного материала.



Павел Гринчук

Павел Гринчук, заведующим кафедрой теплофизики Института тепло- и массообмена им. А.В. Лыкова, член-корреспондент НАН Беларуси, доктор физико-математических наук, популяризатор науки, в своем выступлении «Почему человек теплый?» поделился со слушателями любопытными фактами о теплообменных процессах, происходящих у человека и животных. К примеру, ученым благодаря современным технологиям удалось разрушить миф о том, что динозавры были хладнокровными: последние исследования говорят о том, что они больше теплокровные. А вот люди охладели на 0,4 градуса по сравнению со средней температурой тела человека, равной 37 градусам, установленной еще в середине XIX в. немецким врачом Карлом Вундерлихом в результате наблюдений за 25 тыс. пациентов – ведь сегодня нормой принято считать 36,6 градуса. По заключениям ученых, мозг как самая энергоемкая структура больше всего нуждается в охлаждении, а его средняя температура колеблется в пределах 38,8–40,9 градуса, при этом мозг женщины на 0,4 градуса теплее мужского, а температура тела коррелирует с возрастом. Был приведен ряд примеров, показывающих большое разнообразие методов, которыми живые организмы научились регулировать свой теплообмен.

«Мир без пластика – миф или реальность?» – такой глобальный вопрос поставила доктор химических наук, профессор кафедры физической химии БГУ Татьяна Савицкая. Сегодня,



Татьяна Савицкая

когда на планете произведено более 8 млрд т пластика, его микрочастицы обнаруживаются даже в Антарктике, а в Тихом океане образовался остров из отходов размером с нашу страну, стоит задача найти путь к будущему без пластика и не вызвать новых проблем. Ими выступают потенциальная токсичность промежуточных продуктов распада материалов, внешняя схожесть некоторых их типов с разными физическими свойствами, затрудняющая процесс подготовки для вторичного использования, а также проблема количества циклов переработки, при котором пластик остается безопасным. Одним из выходов может стать создание упаковочных материалов на основе биополимеров и пищевых пленок, в том числе крахмалов, и ориентация производства на съедобную упаковку – первые образцы такой продукции уже выпущены белорусскими предприятиями, например «Коммунаркой», но поиски ученых продолжаются. ■

Редакция журнала выражает глубокую признательность каждому из лекторов за участие в нашем марафоне, содержательность выступлений, увлекательные экскурсии познания себя, природы, прошлого и настоящего. Желаем всем творческого роста, новых идей и свершений! Спасибо за многолетнюю поддержку тем, кто с нами все 20 лет!

Дорогие наши читатели, коллеги, друзья! Научно-практический журнал «Наука и инновации» приглашает вас к сотрудничеству! Журнал зарегистрирован в научной электронной библиотеке eLibrary. Научным публикациям присваиваются номера DOI. Высшей аттестационной комиссией Республики Беларусь журнал «Наука и инновации» включен в перечень научных изданий для опубликования результатов диссертационных исследований по биологическим, медицинским, а также экономическим наукам (вопросы инновационного развития).

Чтобы опубликовать статью, необходимо направить ее на электронный адрес редакции: [nii2003@mail.ru](mailto:nii2003@mail.ru).

Правила публикации здесь: <https://innosfera.belnauka.by/jour/about/submissions#authorGuidelines>.



**Михаил Мясникович,**  
Председатель Коллегии  
Евразийской  
экономической комиссии,  
член-корреспондент  
НАН Беларуси, профессор



# ПРИОРИТЕТЫ ЕВРАЗИЙСКОГО ЭКОНОМИЧЕСКОГО СОЮЗА 2030+

## НАУЧНО- ПРАКТИЧЕСКИЙ ПОДХОД

**К**огда политики и научное сообщество говорят о том, что существующая модель суперкапитализма подошла к пределам своих возможностей, то возникает вопрос: а что дальше? Представляется, что новой, привлекательной во всех отношениях архитектуры эффективной экономики наука не выработала. Почему?

Во-первых, нет теоретической модели. На постсоветском пространстве наиболее, на мой взгляд, серьезные научные подходы обоснованы академиком С.Ю. Глазьевым. Им проработаны научный базис нового мирохозяйственного уклада и практические инструменты социально-экономической эволюции на перспективу, глубоко изучены причинно-следственные механизмы. В отличие от популярных сегодня броских заявлений, Глазьев основывается на научной теории смены технологических и мирохозяйственных укладов, ритм которых определяет глобальное экономическое развитие. Опираясь на раскрытые им закономерности, он прогнозирует завершение мирового кризиса и становление интегрального мирохозяйственного уклада, ядро которого уже сформировалось в КНР и других странах Юго-Восточной Азии. Сочетая социалистическую идеологию, рыночную экономику, подчинение экономической политики национальным интересам, эти страны добиваются опережающего роста экономик. Академик С.Ю. Глазьев предметно обосновывает пути новой экономической политики для России и государств – членов ЕАЭС.

Полагаю, что эти и близкие им по сути теоретически проработанные подходы могут быть востребованы при наличии соответствующего политического заказа, а его нет. Это вторая проблема, которая тормозит построение новой экономической модели.

Затянувшийся переходный период на постсоветском пространстве от социализма к новой экономике порождает третью проблему – доверие масс к проводимой экономической политике. Кстати, этот недостаток присущ не только новым независимым государствам. Мы являемся свидетелями разбалансированных экономических подходов в ЕС, ряде других интеграционных образований и отдельных стран.

На прошедшем 24–25 мая 2023 г. II Евразийском экономическом форуме большой интерес вызвала дискуссия в рамках панельной сессии «Приоритеты ЕАЭС 2030+». В выступлении мною отмечено следующее.

Восьмилетний опыт функционирования Евразийского экономического союза позволяет сделать вывод, что наиболее целесообразным сегодня

является прагматичный подход к развитию объединения. Наиболее целесообразный путь – расширять на основе права Союза направления интеграции, не вскрывая и не ревизируя базовые договоренности. В 2014 г. в процессе разработки и принятия Договора о ЕАЭС обсуждались и перспективы нового альянса, ряд которых в силу неготовности государств-учредителей решено было отсрочить. Прошло почти 10 лет.

Приходится констатировать, что расширение рамок Договора 2014 г. идет сложно. Такое положение вещей не следует рассматривать как сомнения в необходимости укрепления интеграции. Изменились условия, стали сильнее национальные экономики. Но политическая воля глав государств – членов ЕАЭС по-прежнему нацелена на единение. Хотя заявления ряда молодых политиков о национальном суверенитете звучат порой достаточно резко и не столь декларативно, как в начале 90-х гг., а более смело, поскольку в переходный период им удалось благодаря собственным усилиям, интеграции и доброй воле России укрепиться и политически, и экономически.

Полагаю, что нам нужно учитывать все факторы, влияющие на деятельность Евразийского экономического союза, в том числе мнения и наших союзников, и противников. Как зарубежных, так и внутренних. Далеко не дружественный нам фонд Карнеги констатирует, что «ЕАЭС удалось стать авторитетным игроком в регионе».

В широком публичном информационном поле в наших странах о ЕАЭС звучали разные оценки. О хорошем говорилось скромно. Скептиков немало и сейчас. Поэтому, в первую очередь, официальным органам, бизнесу, научному сообществу надо выступать в СМИ, на различного формата форумах и доносить правду, объективно отражая и успехи, и недостатки.

Для субъектов экономической деятельности государств-членов ЕАЭС следовало бы сформировать более эффективную систему мотивации для развития и успешной деятельности. Выгода от беспопытной взаимной торговли, безусловно, создает благоприятные условия, особенно для резидентов и государств-членов, которые имеют пассивное (отрицательное) сальдо в торговле с другими странами Союза, в основном с Российской Федерацией.

Как вариант необходимо установить льготный налоговый режим для совместных компаний, осуществляющих свою деятельность в приоритетных отраслях (электроника, авиастроение, производство продовольственных товаров, большая химия,

фармакология), или для специально аттестованных товаров брендом «Сделано в ЕАЭС».

Важным показателем, отражающим долю затрат на строительство и обновление отраслей экономики, является отношение инвестиций в основной капитал (ИОК) к ВВП. Этот показатель в ЕАЭС в 2022 г. равнялся 17,9%, находясь на таком уровне с 2015 г. По оценкам экспертов, для развития и модернизации экономики он должен составлять не менее 20–25%.

В этой связи важно создать механизм стимулирования инвестиционной активности в странах. Сегодня основной источник финансирования в ЕАЭС – собственные средства предприятий и организаций. Их доля – 55%. Многие экономические субъекты из-за низкой рентабельности обеспечивают только простое воспроизводство.

Пятая часть ИОК в ЕАЭС – это бюджетные средства. Перспективным инструментом наращивания инвестиций в экономику видится эффективная денежно-кредитная политика. Да, тема очень тонкая, но принятие решений не следует откладывать. В ЕАЭС доля кредитных ресурсов банков в объеме инвестиций составляет 14–16% (в 2022 г. – 14,5%). Причем в Армении, Беларуси и Казахстане она ниже среднего. Вторая особенность, требующая рассмотрения, – это отраслевое распределение ИОК. На объекты обрабатывающей промышленности, где формируется конкурентоспособность экономики и высокая добавленная стоимость, приходится только 14–15% от общего объема инвестиций в основной капитал. Целесообразно изменить их структуру. Взаимные прямые вложения составляют 1–2 млрд долл., а в 2022 г. – 0,7 млрд долл., что крайне недостаточно для серьезного повышения конкурентности государств – членов ЕАЭС. Надо обсудить вопрос целевой кредитной эмиссии для модернизации экономик. Есть хороший опыт ряда бывших бедных стран, которые подняли свой уровень развития, в том числе используя этот механизм.

Предлагается организовать специальную комиссию по купированию угроз в связи с нестабильностью мировой валютной системы. У МВФ как регулятора, мы видим, есть серьезные проблемы.

Назрела необходимость создать в ЕАЭС независимую и инновационную по сути расчетную систему, более эффективную, чем SWIFT.

Надо от разговоров, которые идут не один год, перейти к делу и начать работу по созданию автономной цифровой валютной среды, выгодной государствам – членам ЕАЭС и дружественным нам странам. Соответствующие наработки имеются. Цифровая наднациональная расчетно-резервная



валюта может быть привязана к корзинам валют участников альянса, потребуются решения по правилам ее эмиссии, меры по регулированию и обеспечению стабильности ее обменного курса и многое другое. Интеграция платежных систем ЕАЭС с расчетами в ШОС и БРИКС однозначно необходима в связи с ростом объемов экономического сотрудничества – торговля с указанными объединениями за 2022 г. выросла на 35%. Эти товарные потоки, растущий туризм, деловые поездки надо обслуживать качественно.

Работы много, но в результате осуществления более совершенных и безопасных международных расчетов будут снижены риски экспортеров и импортеров, ограничены колебания валютных курсов, решены многие другие проблемы. Дело за центробанками, которые могли бы на совместных заседаниях вырабатывать и принимать вышеперечисленные и иные решения, чтобы помочь реальной экономике.

В качестве институционального преобразования, которое могло бы пойти на пользу интеграции и одновременно быть не слишком чувствительным в сегодняшних условиях, может выступить внедрение инструмента разноскоростной интеграции. Отдельные проекты/направления сотрудничества могут реализовываться не обязательно всеми пятью государствами – членами Союза, соответственно, решения по ним надо будет принимать в Совете ЕЭК иначе, чем сейчас, предусматривать новые механизмы администрирования. Все это непросто сделать, но надо.

И последнее. Опыт работы в Комиссии и в Правительстве Республики Беларусь свидетельствует о том, что надо совершенствовать порядок принятия решений. Все вопросы наднациональной компетенции от Совета Комиссии передать Коллегии Комиссии. Решения Совета ЕЭК, за некоторым исключением, принимать квалифицированным большинством.

Решением этих и других задач надо заниматься активно. Хотя, в принципе, экономика государств – членов ЕАЭС развивается стабильно, несмотря на санкции в отношении Российской Федерации и Республики Беларусь.

Рост благосостояния населения ЕАЭС – ключевой индикатор качества интеграционных процессов. ВВП на душу населения по паритету покупательной способности валют за 2022 г. вырос на 5,4% и более чем на 40% – за 2015–2022 гг., то есть период функционирования экономик в условиях членства в Союзе. Стратегия развития ЕАЭС до 2025 г. является системным документом интеграции. В 2022 г.

обеспечено достижение конкретных практических результатов.

Утвержден Перечень мер по повышению устойчивости экономик государств – членов ЕАЭС за счет таможенно-тарифных льгот, временных упрощений в сфере технического регулирования и контроля, содействия взаимным поставкам продовольственных товаров и др.

Дополнен единый рынок услуг Союза новыми 14 секторами (включая бытовые, вспомогательные транспортные услуги и др.), чем для бизнеса созданы дополнительные условия по признанию разрешительных документов и упрощенной системе поставки услуг. Сейчас единый рынок услуг Союза – это 142 сектора.

Однако в ЕАЭС динамика развития взаимной торговли услугами от торговли товарами заметно отстает (в стоимостном выражении объем первой сохраняется на уровне 9–10 млрд долл.) начиная с 2013 г. Это говорит о необходимости придать большую динамику работе в данном направлении.

Принято решение о взаимном признании документов об образовании в ряде дополнительных сфер (по педагогике и юриспруденции).

В целом темпы реализации Стратегии-2025 соответствуют запланированным. Из 136 мероприятий, предусмотренных на 2022 г., выполнено 103, по 23 приняты решения Совета ЕЭК о переносе сроков по объективным обстоятельствам, 10 находятся в стадии исполнения и при активном участии государств-членов будут завершены в текущем году. Кроме того, 12 выполнены досрочно из предусмотренных на 2024–2025 гг. Всего за 2021–2022 гг. и 4 месяца 2023 г. выполнено 198 мероприятий из 383 (51%), предусмотренных в Стратегии до конца 2025 г.

Позитивный эффект от интеграции получили все государства-члены в 2022 г.: взаимные прямые инвестиции выросли в Армении в 6 раз, Беларуси в 2 раза и Кыргызстане в 4 раза (данные по взаимным инвестициям за 3-й квартал 2022 г.), а взаимная торговля среди стран ЕАЭС достигла рекордного значения в 83 млрд долл. (рост на 14,1%). Армения увеличила экспорт во взаимной торговле в 2,8 раза, Кыргызская Республика – в 1,8 раза, Казахстан – в 1,2, Беларусь – в 1,3 раза, а взаимная торговля России сократилась – темп 98,8%. При этом показатели экспорта стран Союза в дальнее зарубежье также повысились на 21%. Это свидетельство наличия огромных потенциальных возможностей экономик ЕАЭС.

Реализация Стратегии-2025 облегчает ведение бизнеса. Так считают 73% компаний государств-членов, по данным социологических

исследований ЕАБР в 2022 г. Предприятия в первую очередь позитивно оценивают открытие новых ниш рынков сбыта, обеспечение цифровой трансформации.

Однако, по мнению членов Комиссии, есть еще много резервов, в том числе госзакупки. Их общий рынок в рамках Союза – 187 млрд долл., это более чем в 2 раза выше объемов взаимной торговли, но проникновение товаров в закупки друг друга можно признать недостаточным (0,7%, или 1,4 млрд долл.). Почему? Государствами вводятся изъятия. И хотя это разрешено Договором о ЕАЭС и является суверенным правом страны, представляется, что пользоваться этим надо в исключительных случаях, как и закупками у единого поставщика и из одного источника, что является во многом неконкурентным способом (увеличилось количество уведомлений от стран о росте закупок у единого поставщика за 2022 г. с 8 до 80, то есть в 10 раз, а из одного источника у единого поставщика – 34,5%, или 54,56 млрд долл.). Очень высокой остается доля закупок товаров из третьих стран (80% по ЕАЭС), хотя следовало бы предоставлять преференции евразийским товарам. Комиссия работает над этими проблемами. Принимаются решения по локализации производства комплектующих, готовой продукции.

Что касается цифровой трансформации, то за прошедший год введено в действие 32 общих процесса (ОП). Сейчас имеется техническая готовность 51 из 78 ОП, в 2023 г. будет введено в эксплуатацию еще 19. Рассчитываем, что страны подготовят оперативно национальные сегменты по присоединению к ОП (на сегодняшний день все государства-члены подключены только к 14 из них).

Структура внешних связей ЕАЭС переориентировалась с Запада на Восток. Снижение в 2022 г. по сравнению с 2021 г. импорта государств – членов ЕАЭС на 35 млрд долл., а это 11% общего объема импорта (из ЕС – 33%, США – 43%, Японии – 41%, Великобритании – 35%), компенсировано приростом импорта из КНР (2%), Турции (32%), Египта (38%), Индии (8%) (данные без Республики Беларусь). Такое замещение стало возможным благодаря целенаправленному на протяжении ряда лет углублению механизмов взаимодействия ЕАЭС со странами Азии в рамках соглашений о торгово-экономическом сотрудничестве и формированию зон свободной торговли.

За отчетный период экспорт стран Союза в третьи страны вырос на 21% (до 638 млрд долл.), товарооборот в целом – на 9% и составил 922 млрд долл.

Важным торговым партнером ЕАЭС выступает Китай. Товарооборот с ним в 2022 г. превысил 220 млрд долл. и составил 23% от общего объема внешней торговли Союза. Реализуется Дорожная карта по сопряжению торгово-экономического взаимодействия Союза с КНР по ключевым направлениям: цифровизации транспортных коридоров, отраслевым проектам, совместному изучению различных сценариев углубления сотрудничества ЕАЭС и КНР.

В апреле 2023 г. состоялся первый раунд переговоров о свободной торговле с Индонезией.

Проведенная в 2022 г. работа по заключению полноразмерного соглашения о внешнеторговых отношениях с Ираном позволила сформировать пакет договоренностей, предусматривающий преференциальный доступ для 99,2% экспорта государств – членов Союза в эту страну. Планируется в текущем году выйти на подписание соглашения, иранская сторона демонстрирует такой же настрой.

Переговоры с Египтом близки к завершению, в течение 2022 г. сторонам удалось максимально сблизить позиции, будущие договоренности охватят 99,5% экспорта Союза в АРЕ. Учитывая широкую сеть преференциальных торговых соглашений Египта со странами Африки, подписание позволит существенно укрепить позиции экспортеров Союза на данном континенте.

Активизировано взаимодействие Союза с региональными интеграционными и межгосударственными объединениями, в первую очередь с СНГ, ШОС, БРИКС, АСЕАН. Торговля с ними в 2022 г. выросла на 35% и превысила треть от общего товарооборота ЕАЭС.

Неустойчивость нынешних экономических систем чрезвычайно чувствительна к управленческим воздействиям. В ЕАЭС и каждом государстве – члене Союза нужны осмысленная стратегия и стратегическое планирование, без чего чрезвычайно сложно противостоять угрозам национальной безопасности. Призыв ориентироваться на Восток без комплекса мер по углублению интеграции в ЕАЭС может не дать ожидаемого эффекта. Страны Юго-Восточной Азии также имеют свои интересы и даже вовлечены во взаимную конкуренцию.

Как никогда актуально заявление Президента Республики Беларусь А.Г. Лукашенко на пленарном заседании II Евразийского экономического форума и на Высшем Евразийском экономическом совете о том, что надо от деклараций, намерений переходить к реальным совместным действиям в сферах материального производства и услуг. ■



# Основные результаты экспедиционной деятельности Республики Беларусь в Антарктике



**Владимир Рыжиков,**  
начальник  
Республиканского  
центра полярных  
исследований  
НАН Беларуси,  
кандидат  
географических наук,  
доцент

В соответствии с Законом «О присоединении Республики Беларусь к Договору об Антарктике» и на основании положений статьи IX Договора об Антарктике с 2006 г. наша страна осуществляет в данной области Земли регулярную научную и логистическую деятельность путем направления экспедиций в рамках реализации национальных программ полярных исследований. В 2015–2020 гг. Национальной академией наук и Республикан-

ским центром полярных исследований НАН Беларуси осуществлен проект по созданию первой очереди национальной исследовательской инфраструктуры в районе горы Вечерней, Земли Эндерби в Восточной Антарктике.

Дальнейшее расширение научных изысканий и совершенствование национальной инфраструктуры в Антарктике предусмотрено подпрограммой 2 «Развитие деятельности белорусской антарктической станции» ГП «Научно-инновационная деятельность Национальной академии наук Беларуси» на 2021–2025 гг.» и является важным элементом общегосударственной политики, ориентированной на закрепление позиций нашего государства в южном полярном регионе. В соответствии с данной государственной программой предусмотрено решение научно-практических задач,

направленных на создание системы комплексного экологического мониторинга природной среды в районе базирования белорусской антарктической станции и обеспечение ее функционирования; продолжение формирования ее инфраструктуры (2-я очередь); обеспечение деятельности белорусских антарктических экспедиций; развитие международного сотрудничества и участие в работе организаций Договора об Антарктике, а также получение новых научных данных о состоянии окружающей среды Антарктиды с целью получения Республикой Беларусь статуса Консультативной стороны Договора об Антарктике. В свою очередь это является основанием для участия в подготовке и принятии всех решений, касающихся управления этим регионом, и реализации существующего там особого международно-правового

режима. Закреплению позиций нашей страны на Ледовом континенте и реализации ее геополитических и экономических интересов будет способствовать расширение сферы научных исследований и национальной инфраструктуры в Антарктике. Для этого Национальной академией наук Беларуси определены долговременные цели научно-исследовательских работ, которые осуществляют ее ведущие научные учреждения: Институт природопользования, Институт физики им. Б.И. Степанова, НПЦ по биоресурсам, Институт ботаники им. В.Ф. Купревича, Центр геофизического мониторинга и др. В сферу их интересов входят: мониторинг природных экосистем, параметров атмосферного аэрозоля, спектров отражения подстилающей поверхности, а также сейсмологической активности; аэрокосмические исследова-

ния природных объектов; изучение состояния озоносферы и составляющих радиационного баланса; метеорологические, климатические наблюдения; геологические, геофизические, гляциологические и палеогеографические изыскания; комплексные работы по биологическому разнообразию и др.

Проведение регулярных комплексных научных исследований в одном из самых суровых мест Земли невозможно без соответствующей материальной базы и наличия собственной полярной станции.

В 2013 г. Правительством Республики Беларусь по инициативе НАН Беларуси был согласован план создания белорусской научно-исследовательской станции «Гора Вечерняя», который реализован нашими полярниками под руководством А. Гайдашова. С 2007 по 2023 г.

успешно организовано и проведено 15 белорусских антарктических экспедиций, в которых приняли участие более 90 отечественных и 6 зарубежных ученых и специалистов.

Состав и технические характеристики блоков (модулей) станции позволяют обеспечить безопасные условия работы полярников общей численностью до 15 человек (рис. 1). Имеются отдельные специализированные лаборатории (биологическая, физики атмосферы, метеорологическое бюро и др.), амбулаторно-хирургический стационар, оснащенный современным техническим оборудованием (рентген-, УЗИ- и ИВЛ-аппаратами и др.).

В качестве источника энергии на станции используется комплекс высокопроизводительных дизель-генераторов с дистанционной автоматической



Рис. 1. Общий вид на Белорусскую антарктическую станцию «Гора Вечерняя»



системой запуска и контроля параметров работы двигателя, а также автоматической системой пожаротушения. Автономную работу приборов и средств связи обеспечивают возобновляемые источники энергии – гелиоэнергетические установки и источники бесперебойного питания. Для передачи информации и контактов с внешним миром на станции имеются 3 терминала спутниковой связи INMARSAT и спутниковые телефоны IRIDIUM. В течение 2019–2022 гг. введена в эксплуатацию система спутниковой связи VSAT, обеспечивающая станцию IP-телефонией, Интернетом, телевидением и общением в режиме видеоконференции.

Большое внимание нами уделяется природоохранной деятельности в Антарктике. Белорусская станция оснащена современным природоохранным и технологическим оборудованием: прессом для утилизации металлических отходов, в том числе бочек от топлива, большое количество которых накопилось на данной территории еще с советских времен; инсинераторной установкой для сжигания бытовых отходов; стационарным нефтехранилищем с экологически безопасной изоляцией, предотвращающей любые утечки топлива.

Для выездов на научные маршруты за пределами БАС в распоряжении белорусских полярников имеются четыре снегохода, гусеничный квадроцикл и гусеничный снегоболотоход. Для обеспечения эффективной деятельности белорусских антарктических экспедиций и решения множественных научно-технических задач в 2021 г. Республиканским центром полярных исследований



Рис. 2. Внутриконтинентальный антарктический авиарейс на взлетно-посадочной полосе Белорусской антарктической станции «Гора Вечерняя»

доставлено на станцию многофункциональное транспортное средство PistenBully 300 Polar Antarctic. Его используют для расширения географии (зоны) научных работ посредством наземных походов на значительные расстояния (более 100 км); для грузоподъемных операций; прокладки и поддержания на ледовом куполе Антарктиды безопасных трасс движения; расчистки снежных заносов, обустройства дорог; планировки перспективных площадок для застройки новых объектов, а также исследований полигонов и платформ для размещения научного оборудования; перемещения тяжелых грузов, включая строительные конструкции и емкости с большим объемом ГСМ; проведения поисково-спасательных операций.

В 5 км от станции организована взлетно-посадочная полоса, позволяющая принимать внутриконтинентальные авиационные рейсы (рис. 2). Для их осуществления используются метеорологические данные и краткосрочные прогнозы погодных условий, получаемые от специалистов метео-

станций, одна из которых, являющаяся экспериментальной научной разработкой Минского НИИ радиоматериалов НАН Беларуси, прошла успешные испытания и показала хорошие результаты работы в суровых условиях Антарктики.

Согласно требованиям Договора об Антарктике и Протокола по охране окружающей среды в январе 2020 г. правительство Австралии провело инспекцию Белорусской антарктической станции «Гора Вечерняя» (рис. 3). В итоговом акте зафиксирован высокий уровень проектирования и строительства станции, ее минимальное влияние на ландшафт, эффективное использование солнечной энергии и воды, а также приверженность научным исследованиям. Эксперты сочли модульную конструкцию станции хорошим примером современного объекта и отметили, что все ее составляющие полностью сданы и работают эффективно. Дана высокая оценка рациональной эксплуатации имеющихся зданий и действиям по расчистке территории на месте бывшей полевой базы Советской антарктической экспедиции



Рис. 3. Группа австралийских полярников с участниками 12-й Белорусской антарктической экспедиции



Рис. 4. Подготовка к работе беспилотного летательного аппарата

(в сотрудничестве с Российской Федерацией), а также отмечено, что строительство и эксплуатация станции ведется в соответствии с ОВОС, подготовленной Республикой Беларусь.

В последние годы произошло существенное переоснащение станции современным научным оборудованием и приборами, разработанными ведущими организациями НАН Беларуси. Так, в 2022 г. в распоряжении белорусских полярников появился беспилотный летательный комплекс, позволяющий решать множество научных и прикладных задач: выполнение воздушной площадной съемки, выбор трасс прокладки инженерных коммуникаций станции и открытых выходов коренных горных пород в рамках проведения геолого-геофизических исследований; ведение морской биологической и ледовой разведки; наблюдение за состоянием снежной поверхности и динамикой изменения границ ледников; воздушный мониторинг природных растительных биотопов, мест обитания морских млекопитающих и гнездовых птиц в прибрежной зоне Антарктики и разведка там ледовой обстановки, определение ско-

рости и маршрутов дрейфа айсбергов; получение оперативной информации для прокладки наземных маршрутов безопасного движения снегоходной техники и проведения поисково-спасательных операций (рис. 4).

За более чем 15-летний период экспедиционных исследований в Антарктике белорусскими учеными накоплен огромный массив научных данных, анализ и обобщение которых осуществлено в 4 отдельных монографиях (книгах), более чем в 40 статьях в научных высокорейтинговых журналах, 107 статей и тезисов докладов опубликовано в сборниках трудов международных научных конференций, проведенных в разных странах, 84 материала изданы на английском языке, имеется 62 публикации в соавторстве со специалистами из других стран. Создано 8 наборов данных, доступных для научного сообщества. Прочитано более 70 общественных лекций по антарктической тематике. Проведено 6 национальных выставок о деятельности Республики Беларусь в Антарктике. Создано 8 документальных фильмов, освещающих работу нашей страны и международное науч-

ное сотрудничество на Ледовом континенте. Итоги белорусских антарктических исследований были подведены на четырех международных научных конференциях «Природная среда Антарктики: междисциплинарные подходы к изучению».

В настоящее время в рамках реализации подпрограммы 2 «Развитие деятельности белорусской антарктической станции» осуществляется поэтапное оснащение ее новыми объектами, такими как геофизический (немагнитный) павильон, новый комплекс кают-компаний, модульная нефтебаза, вертолетная площадка, станция первичной очистки бытовых сточных вод, станция очистки и рециркуляции пресной воды, новый гелио-энергетический комплекс и другая инфраструктура научного, жилого, производственного и специального назначения.

Таким образом, Республика Беларусь полностью поддерживает все международные соглашения и следует принципам сохранения Антарктики как региона мира и развития сотрудничества на основе свободы научных исследований и всесторонней охраны окружающей среды. ■

# ВЗВЕШЕННЫЕ В АТМОСФЕРЕ ЧАСТИЦЫ И СНЕЖНЫЙ ПОКРОВ: ВЗГЛЯД С ЗЕМЛИ И ИЗ КОСМОСА

Антарктический континент содержит 90% мировых запасов льда, и поэтому его влияние на климат Земли огромно. Один только ледник Росса – самый крупный ледниковый шельф площадью 500 тыс. км<sup>2</sup> (2,5 территории Беларуси) и толщиной несколько сотен метров – содержит эквивалент 20 см уровня Мирового океана. Огромные айсберги время от времени отделяются от антарктических ледниковых шельфов. Самый крупный из них за историю спутниковых наблюдений – В-15 площадью 11 тыс. км<sup>2</sup> – откололся от ледника Росса в марте 2000 г. и таял в течение 10 лет. Вторым по величине был айсберг А-68 площадью 5,8 тыс. км<sup>2</sup> и массой около 1 трлн т, который, оторвавшись от шельфа Ларсена в июле 2017 г., уменьшил его площадь на 12%. Последнее из этих крупных ледовых образований – А-81 (1,5 тыс. км<sup>2</sup>) – отделилось от шельфа Бранта в январе 2023 г.

Снежный и ледяной покровы – система с сильной обратной связью: рост температуры ускоряет таяние, что увеличивает поглощение солнечного света, от чего, в свою очередь, снег и лед тают еще быстрее. Эта взаимозависимость может быть существенно усилена наличием загрязнения, особенно сажи, которая образуется в результате промышленных выбросов. Помимо этого, аэрозольные частицы, порожденные индустриальной деятельностью, влияют на процесс формирования облаков (аэрозоль-облачное взаимодействие), выступая центрами конденсации водяного пара и увеличивая таким образом долю солнечного излучения, отраженного в космос.

Степень охлаждения от этого процесса в сравнении с нагревающим эффектом от таяния снега до сих пор является дискуссионным вопросом.

В связи с этим особую важность приобретает постоянный мониторинг снежного покрова и атмосферного аэрозоля. В Антарктиде наблюдения осуществляются мировым сообществом в соответствии с положениями Системы Договора об Антарктике. Беларусь присоединилась к нему 19 июня 2006 г., и с тех пор наши ученые выполняют комплексные исследования окружающей среды на Ледовом континенте в рамках мероприятий Государственной антарктической программы. Одна из ее составляющих – изучение оптических свойств взвешенных в атмосфере частиц (аэрозолей) и земной поверхности. Коллектив исследователей Института физики НАН Беларуси осуществляет разработку оборудования для мониторинга поверхности снега и атмосферных аэрозолей, обработку спутниковых данных, проводит регулярные наблюдения на белорусской станции «Гора Вечерняя» (ранее – на российских станциях «Молодежная» и «Прогресс») [1].

Основным инструментом исследования аэрозольного состава атмосферы является спектральный сканирующий солнечный радиометр CIMEL (рис. 1) [2], созданный в Центре космических полетов им. Годдарда (НАСА, США). Он измеряет прямое и рассеянное солнечное излучение в диапазоне 340–1020 нм. Эта информация позволяет восстановить аэрозольную оптическую толщину и другие оптические характеристики аэрозоля, усредненные по атмосферному слою.





Рис. 1. Солнечный радиометр CIMEL и карта станций сети AERONET

Множество таких радиометров объединены в международную сеть под названием AERONET [3–4]. Она начала развиваться в 1993 г. и на сегодняшний день насчитывает около 500 станций по всему миру (рис. 1). Данные, полученные радиометрами на измерительных станциях, обрабатываются по единому алгоритму и выкладываются в открытый доступ в Интернет [4].

Первые пробные измерения в Антарктике провели на станции McMurdo (США) в 1995 г. В 2007 г. на Южном полюсе была основана постоянная база наблюдений South\_Pole\_Obs\_NOAA (США). Второй радиометрический пункт американские ученые установили в 2008 г. на аргентинской антарктической базе Marambio (64.240°S, 56.625°W) (рис. 2). В том же году Институт физики в сотрудничестве с Лабораторией оптики атмосферы Лилльского университета (Франция) создал станцию радиометрического зондиро-

вания Vechernaya\_Hill в районе горы Вечерней [1]. Сегодня насчитывается 13 станций AERONET, расположенных в Антарктиде, однако регулярные измерения проводятся всего на 5 из них (обозначены красным цветом на рис. 2).

Измерения показывают, что Антарктика – достаточно чистый регион: общее содержание аэрозоля субмикронной фракции на станции Vechernaya\_Hill в 7 раз меньше, чем в Минске, а для грубой фракции (частицы крупнее 1 мкм) эти величины различаются более чем в 40 раз.

В 2011 г. в программу наблюдений на Белорусской научной станции помимо солнечно-радиометрических наблюдений включили измерения высотной зависимости оптических параметров атмосферы с помощью лидара. Институт физики имеет богатый опыт в разработке лидарного оборудования и проведении лидарного зондирования. С помощью данного метода еще в 1965 г. институт осуществил эксперимент по исследованию воды озера Нарочь, а затем в 1966 г. – и атмосферы. С тех пор, за почти 60 лет, Институт физики построил свыше 25 лидарных систем и осуществил поставки более чем в десятках стран. Аппаратурные разработки института используются на станциях лидарных сетей EARLINET (Европа) и CIS-LiNet (CHN). Первые измерения в Антарктиде проводились на открытых площадках посредством мобильного двухволнового лидара (рис. 3). Со временем в антарктические экспедиции поставлялось все более совершенное оборудование, включающее в себя стационарный многоволновой лидар, имеющий несколько спектральных каналов, в том числе для измерения поляризации и комбинационного рассеяния.

В 2023 г. на станции «Гора Вечерняя» была оборудована стационарная лидарная

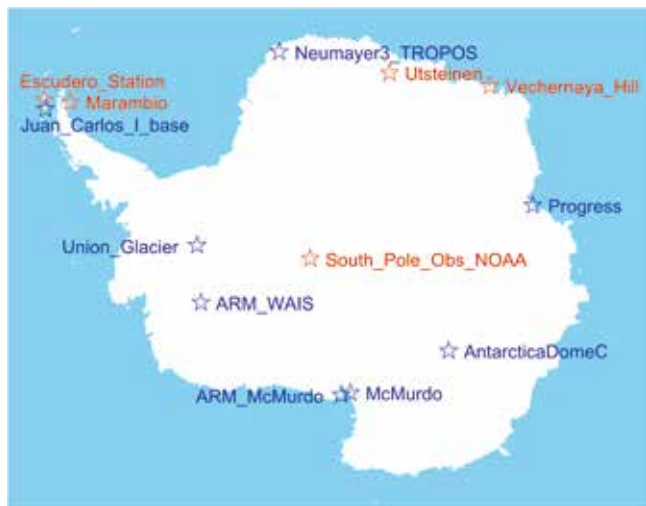


Рис. 2. Карта антарктических станций сети AERONET

лаборатория и началась программа регулярных лидарных измерений (рис. 4).

Также был изготовлен спектральный альбедометр для измерения спектров отражения земной поверхности, в первую очередь – снежного покрова Антарктиды [5] (рис. 5).

Важная роль в формировании системы мониторинга атмосферы и подстилающих слоев Антарктиды отводится космическим наблюдениям. Алгоритм восстановления характеристик снежной поверхности по спутниковым измерениям был разработан в Институте физики [6–7] и реализован в виде программного кода ASAR. Посредством измерений яркости снежного покрова он позволяет воссоздать степень покрытия территории снегом и эффективный размер снежных зерен, а также среднее спектральное альбедо – важнейшие параметры, определяющие радиационный баланс полярных регионов (рис. 6). Эти данные необходимы для изучения процессов метаморфизма в снежно-ледяном покрове Антарктиды. В реализации кода ASAR, используемого в настоящее время, входными являются данные спектрорадиометра MODIS [8], но также была разработана версия, обрабатывающая данные более современного радиометра OLCI [9].

С помощью кода ASAR были обработаны спутниковые данные MODIS за последние два десятилетия и исследованы тренды характеристик



Рис. 3. Мобильный двухволновой лидар в Антарктиде

снежного покрова в районе горы Вечерней. Установлены незначительные тенденции уменьшения эффективного размера снежных зерен в летний период, что может свидетельствовать о том, что район Восточной Антарктиды вблизи горы Вечерняя, видимо, выпадает из общей картины увеличения глобальных температур.

По итогам проведенных исследований можно сказать, что регион Антарктики на сегодняшний день, к счастью, является довольно чистым



Рис. 4. Стационарная лидарная лаборатория в Антарктиде



Рис. 5. Спектральный альбедометр, измеряющий отражательную способность снежной поверхности и скальных пород

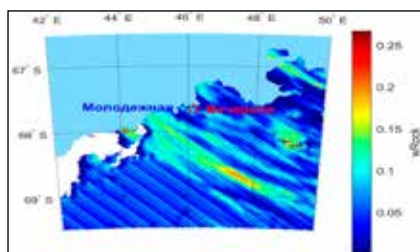
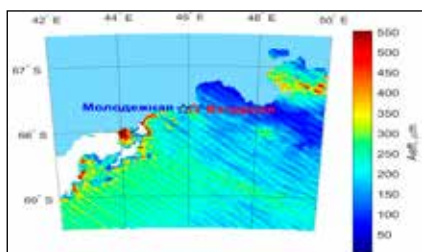


Рис. 6. Карты распределения размера снежных зерен и доли обнаженных скал в районе горы Вечерней, восстановленных по данным спутникового радиометра MODIS

и слабо подверженным обще-мировым трендам потепления, по крайней мере его восточная часть, в которой расположена белорусская антарктическая станция. Однако с учетом важности для климата Земли в целом его состояние, особенно тенденции изменения, нуждаются в дальнейшем тщательном изучении. Кроме того, Антарктика может служить отличным тестовым полигоном для разработки методов мониторинга окружающей среды в других регионах планеты. Одновременно можно с уверенностью сказать, что будущее дистанционного зондирования – за интегрированием данных наземных и космических наблюдений. ■

**Аркадий Иванов,**  
главный научный  
сотрудник  
Института  
физики НАН  
Беларуси, член-  
корреспондент

**Алексей Малинка,**  
ведущий научный  
сотрудник  
Института физики  
НАН Беларуси,  
кандидат физико-  
математических  
наук

**Анатолий  
Чайковский,**  
заведующий  
центром  
Института физики  
НАН Беларуси,  
кандидат физико-  
математических наук

**Игорь Алексеев,**  
младший научный  
сотрудник  
Института физики  
НАН Беларуси

**Владислав  
Базылевич,**  
научный сотрудник  
Института физики  
НАН Беларуси

**Владимир Дик,**  
зам. заведующего  
центром  
Института физики  
НАН Беларуси,  
кандидат физико-  
математических  
наук

**Элеонора Зега,**  
ведущий научный  
сотрудник  
Института физики  
НАН Беларуси,  
кандидат физико-  
математических  
наук

**Евгений  
Илькевич,**  
младший научный  
сотрудник  
Института физики  
НАН Беларуси

**Александр  
Калевич,**  
младший научный  
сотрудник  
Института физики  
НАН Беларуси

**Иосиф Кацев,**  
ведущий научный  
сотрудник  
Института физики  
НАН Беларуси,  
кандидат физико-  
математических наук

**Михаил Король,**  
старший научный  
сотрудник  
Института физики  
НАН Беларуси

**Федор Осипенко,**  
научный сотрудник  
Института физики  
НАН Беларуси

**Владислав  
Пещеренков,**  
научный сотрудник  
Института физики  
НАН Беларуси

**Александр  
Прихач,**  
старший научный  
сотрудник  
Института физики  
НАН Беларуси

## СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Оптические исследования атмосферы и подстилающей поверхности в Антарктике / А.П. Чайковский [и др.] // Беларусь в Антарктике: к 10-летию начала регулярных научных и экспедиционных исследований; под ред. акад. В.Ф. Логинова / Минск, 2016. – С. 50–101.
2. CIMEL and multiwavelength lidar measurements for troposphere aerosol altitude distributions investigation, long-range transfer monitoring and regional ecological problems solution: field validation of retrieval techniques / A. Chaikovsky [et al.] // Optica Pura y Aplicada. 2004. Vol. 37. P. 3241–3246.
3. AERONET – A federated instrument network and data archive for aerosol characterization / B.N. Holben [et al.] // Remote Sens. Environ. 1998. Vol. 66. P. 1–16.
4. AERONET. The Aerosol Robotic Network // <http://aeronet.gsfc.nasa.gov/>.
5. Наземные и спутниковые исследования атмосферы и земной поверхности в Антарктике / А.П. Чайковский [и др.] // Научные исследования Беларуси в Антарктике; под ред. акад. В.Ф. Логинова / Минск, 2021. – С. 36–54.
6. New algorithm to retrieve the effective snow grain size and pollution amount from satellite data / E.P. Zege [et al.] // Annals of Glaciology. 2008. Vol. 49. P. 139–144. – DOI: 10.3189/172756408787815004.
7. Algorithm for retrieval of the effective snow grain size and pollution amount from satellite measurements / E.P. Zege [et al.] // Rem. Sens. of Env. 2011. V. 115, No. 10. P. 2674–2685. DOI: 10.1016/J.RSE.2011.06.001.
8. MODIS (Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer) // <https://modis.gsfc.nasa.gov/>.
9. Sentinel-3 // <https://earth.esa.int/web/guest/missions/esa-future-missions/sentinel-3>.



# Белорусские биологи в Антарктиде

Впервые отечественные биологи приняли участие в исследовании растительного и животного мира Антарктики в составе 16-й Советской антарктической экспедиции (1970–1972 гг. с участием Ю. Гигиняка) и продолжили в 2007 г. после утверждения первой Государственной программы по исследованию Антарктиды.



**Юрий Гигиняк,**  
ведущий научный  
сотрудник ИПЦ  
НАН Беларуси  
по биоресурсам,  
кандидат биологических  
наук, доцент



**Владислав Мямин,**  
ведущий научный  
сотрудник ИПЦ  
НАН Беларуси по  
биоресурсам, кандидат  
биологических наук,  
доцент



**Егор Корзун,**  
старший научный  
сотрудник ИПЦ  
НАН Беларуси  
по биоресурсам

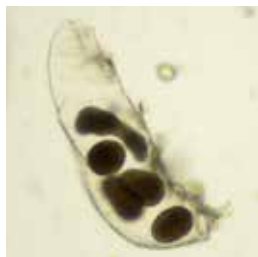
Концепция изучения биологического разнообразия Ледового континента не предполагала узкоспециализированных подходов, поэтому была поставлена задача – максимально изучить морские, пресноводные и наземные экосистемы. Ее реализацией занимался костяк опытных биологов Беларуси – Ю. Гигиняк, В. Мямин, О. Бородин, Д. Лукашанец, Е. Корзун, В. Лукин. С предоставленными ими материалами впоследствии работали большой коллектив научных сотрудников из различных институтов и стран: А. Гайдашов, В. Вежновец, Н. Майсак, З. Горельшева, А. Свирид, А. Яцына, Т. Шендрик, Л. Никитина, Н. Дубко, В. Курченко, И. Гончарова, Л. Акимова, О. Канделинская, Е. Грищенко, Л. Валентович, В. Зерницкая, В. Карманова, Т. Шабашова, А. Тригубович, Е. Грибанова (Республика Беларусь); М. Андреев (Ботанический институт РАН), Б. Сиренко, И. Смирнов, А. Неелов (Зоологический институт РАН); А. Утев-

ский (Украина) и др. Всем коллегам по совместной работе выражаем искреннюю благодарность! Пусть каждый считает себя соавтором этой статьи.

Основные исследования проводились на Белорусской антарктической станции «Гора Вечерняя» и российской – «Прогресс», некоторые работы осуществлялись и на других станциях («Новолазоровская», «Мирный», «Беллинсгаузен»). Главными объектами изучения стали представители водных и наземных беспозвоночных и позвоночных животных, микроорганизмы, микромицеты, представители антарктической флоры – водоросли, мхи и лишайники.

Впервые в Восточной Антарктиде проведены эксперименты по моделированию глобального потепления в полевых условиях полярного региона в специальных установках, повышающих температуру на несколько градусов – ОТС (open top chamber) – с целью изучения трансформаций, происходящих в наземных экосистемах под влиянием изменяющихся параметров внешней среды, таких как температура, свет, влажность. В период антарктического лета из-за воздействия климатических факторов изучалась реакция микробеспозвоночных (*Tardigrada* и *Rotifera*), обитающих в мохово-водорослевых экосистемах внутри этих установок. Отмечена более высокая численность тихоходок и коловраток по сравнению с контролем.

Представители типа тихоходки (*Tardigrada Spallanzani*, 1777)



В рамках комплексного изучения генетического разнообразия отобран биологический материал в наземных, пресноводных и морских экосистемах. В коллекцию вошли образцы тканей, талломов, организмов всех основных групп животных и растений: мхов, лишайников, нематод, пиявок, полихет, немертин, моллюсков, ракообразных, морских пауков, голотурий, морских ежей и звезд, рыб и других объектов. Для молекулярно-генетического анализа зафиксировано около 700 проб. В наземных экосистемах выявлены (и практически все впервые указаны для региона) 82 вида лишайника из 54 родов и 8 видов мхов. 4 выявленных вида мхов найдены в оазисе впервые (*Bryum archangelicum* Bruch et Schimp., *B. argenteum* Bruch et Schimp.,

*Coscinodon lawianus* (J.H. Willis) *Ochyra* и *Schistidium antarctici* (Card.) L.I. Savicz et Smirnova), два последних впервые зафиксированы на Земле Эндерби. Определен химический состав лишайниковых веществ.

В антарктических пресноводных озерах обнаружен 131 вид водорослей из 7 отделов. Ведущее место (56%) занимают *Bacillariophyta* – 69, почти в 2 раза меньше (24%) встречено *Cyanophyta* – 30. Показано, что некоторые из них являются биполярными формами, обитающими в приполярных областях Северного и Южного полушарий и в Беларуси. Зоопланктон представлен коловратками и ракообразными, среди которых большинство – антарктические эндемики. Особый интерес представляет *Ctenodaphnia studei* (Ruhe, 1914). Данный вид рачков обитает в озерах, возраст которых – более 120 тыс. лет. Кроме дафниид в зоопланктоне отмечены коловратки рода *Bdelloidea*, нематоды и тихоходки *Tardigrada*. В экспериментах по оживлению этих беспозвоночных из заморозивших грунтов нами показано,

что уже через 6–8 минут они начинают активно двигаться.

Морская биота, обитающая в воде при  $-1,5\text{ }^{\circ}\text{C}$ , представлена беспозвоночными, рыбами и млекопитающими. Доминантный вид морского бентоса – морские ежи вида *Sterechinus neumayeri* (численность –  $265,5 \pm 129,1$  экз/м<sup>2</sup>; биомасса –  $1216,7 \pm 593,8$  г/м<sup>2</sup>). При этом суммарная численность организмов бентоса составила  $277,0 \pm 131,4$  экз/м<sup>2</sup>, а биомасса –  $1289,8 \pm 681,8$  г/м<sup>2</sup>.

Для мониторинга и практического изучения морских и пресноводных экосистем использовали подводный аппарат ГНОМ.

В сублиторали морей Космонавтов и Содружества определено всего 5–7 видов рыб, среди которых в подледном горизонте явным доминантом является *Trematomus borchgrevinkii*, в придонном слое и на дне – трематомусы *Trematomus bernacchii*, *Trematomus sp.*, *Gymnodraco acuticeps*. Общая зараженность рыб гельминтами составила 100% при относительной численности червей – 47,25 экз/особь.

Орнитофауна региона представлена 7 видами птиц,



Мохово-водорослевые сообщества Земли Эндерби (Холмы Тала)



Подводный аппарат ГНОМ с «добычей»



3 из которых гнездящиеся, а остальные 4 в регионе встречаются во время кочевок или миграций: южнополярный поморник *Catharacta maccormicki* (Saunders, 1893), антарктический поморник *Catharacta antarctica* (Lesson, 1831), качурка Вильсона *Oceanites oceanicus* (Kuhl, 1820), снежный буревестник *Pagodroma nivea* (J.R. Forster, 1777), пингвин Адели *Pygoscelis adeliae* (Hombron & Jacquinot, 1841), императорский пингвин *Aptenodytes forsteri* (G.R. Gray, 1844), южный гигантский буревестник *Macronectes giganteus* (Gmelin, 1789). Во время проведения 14-й Белорусской антарктической экспедиции в районе расположения станции «Гора Вечерняя» проведено кольцевание 14 особей южнополярного поморника.

В течение ряда лет мы используем беспилотные летательные аппараты для мониторинга местной фауны в труднодоступных районах Антарктики, что позволяет накапливать данные для долговременного наблюдения за изменениями в экосистемах. Внедрение автоматической оценки объектов повысит эффективность и точность анализа.

Созданы коллекции чистых культур микроорганизмов. Выделено более 350 изолятов. Установлено, что численность и биомасса микроорганизмов эндолитных сообществ примерно в 5 раз выше, чем таковые у гиполитных сообществ. Специальные исследования проведены по изучению микромицетов – грибов и эукариотических организмов (плесень и ржавчина), которые имеют микроскопические спорообразующие структуры.



Представители морской фауны моря Космонавтов

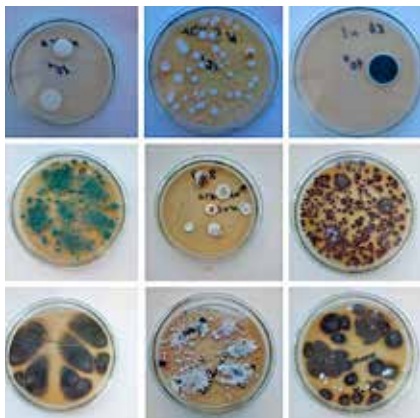


Птенец пингвина Адели

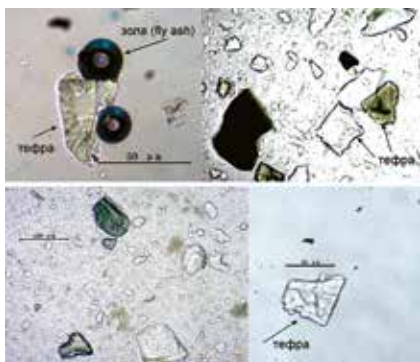


Взрослый южнополярный поморник и его птенец





Образцы антарктических микромицетов



Частицы тефры из керна озера Нижнее

Путем микологического анализа выделены и при помощи микробиологических и молекулярно-генетических методов идентифицированы 46 видов микромицетов из 22 родов и 3 отделов. Проведен таксономический анализ, определены доминирующие роды микромицетов: *Thelebolus*, *Penicillium*, *Acremonium*, *Aspergillus*, *Cladosporium*, *Geomyces*, *Cadophora*, *Rhodotorula*, *Cryptococcus*. Проанализированы температурозависимые особенности роста микромицетов – большинство из них являются психотолерантными.

Нами исследовано несколько кернов донных отложений из озера Нижнее, расположенного на территории белорус-

ской антарктической станции. Их длина составляет 150 и 195 см, возраст – около 15 тыс. лет. По мере возрастания глубины уменьшалось количество мицелиальных грибов и увеличивалось количество дрожжей. Дальнейшие изучения привели к удивительным открытиям. Так, в материалах, извлеченных из озера Нижнее, обнаружена пыльца деревьев. При анализе этого же керна нами впервые была обнаружена тефра (пирокластический материал, образовавшийся в результате извержения вулкана) и частицы пирогенного материала, что может быть связано с вулканической деятельностью в Антарктиде. Дальнейший анализ поможет уточнить даты извержений вулканов и сравнить их с историческими вулканическими процессами.

Проведен сравнительный анализ элементного состава листоватых и кустистых лишайников с высоким содержанием ряда элементов, что свидетельствует об их значительном возрасте. Определено количество отдельных элементов у двух видов кустистых лишайников, произрастающих на скальных породах Антарктиды – *Usnea spachelata* (Al – 1470 мкг/г сухого веса, Fe – 385 мкг/г, Zn – 6 мкг/г, Mn – 3 мкг/г, Cu – 2,5 мкг/г, Pb – 1 мкг/г) и *Pseudophebe pubescens* (Al – 35769 мкг/г сухого веса, Fe – 2007 мкг/г, Zn – 13 мкг/г, Mn – 34 мкг/г, Cu – 7,5 мкг/г, Pb – 1,9 мкг/г). Исследование образцов показало, что *Usnea spachelata* содержит Ca – 30893,3, K – 9713,2, Si – 3933, P – 1549,5, Ti – 36,02, Sr – 12,008, Rb – 1,0006, Y – 0,5003, Ba – 0,5003 мкг/г сухого веса.

Сравнение содержания элементов в лишайниках показало,

что в *Pseudophebe pubescens* их значительно больше: Si – в 19 раз, K, P и Ti – в 4, Sr – в 2, Rb – в 5, Y и Ba – в 3,7 раз, чем в *Usnea spachelata* (Ca у *Pseudophebe pubescens* в 1,33 раза меньше). Эти видовые отличия в накоплении различных веществ позволяют использовать *Pseudophebe pubescens* в качестве индикаторного вида при оценке дальнего атмосферного переноса загрязняющих веществ.

На основании предварительной оценки запасов рыбных ресурсов и морских беспозвоночных в прибрежной зоне залива Алашеева в море Космонавтов выделено 5 видов промысловых животных, из которых 4 могут рассматриваться в качестве пищевых объектов. Выявлены также виды (лишайники, наземные, морские и пресноводные беспозвоночные, водоросли и бактерии), перспективные для применения в фармацевтической, косметологической и химической промышленности, а также для проведения молекулярно-биологических, генетических, медицинских и биотехнологических исследований. В ближайшем будущем планируются работы по изучению антарктических вирусов совместно с учеными Института биофизики и клеточной инженерии НАН Беларуси.

Но без приобретения современного оборудования проводить такие комплексные исследования будет затруднительно. Впереди заключение новых Программ, в которых, мы надеемся, в статье затрат «Специальное оборудование для научных и экспериментальных работ» будут предусмотрены необходимые средства для его приобретения. ■

# КРИПТОГАМНАЯ ФЛОРА ВОСТОЧНОЙ АНТАРКТИДЫ: ФИТОХИМИЧЕСКИЙ И ФАРМАЦЕВТИЧЕСКИЙ ПОТЕНЦИАЛ

Наземная флора Антарктики представлена криптогамной растительностью — лишайниками, мохообразными и в меньшей степени — водорослями. Именно они являют собой манифестацию жизни на свободных ото льда участках суши самого сурового континента планеты.



Высокая адаптивная способность криптогамов в экстремальных условиях — веское основание для исследований не только молекулярных механизмов их феноменальной устойчивости. Считается, что биологически активные соединения, определяющие толерантность криптогамной флоры, обладают значительным фармакологическим потенциалом. Отмечается всплеск научного интереса к исследованиям этих свойств представителей лишайнобиоты и бриофлоры с целью создания на этой основе лекар-

ственных средств различного назначения. Однако антарктические криптогамы остаются почти не изученными в силу их малодоступности.

Фактически в Институте экспериментальной ботаники НАН Беларуси впервые инициированы исследования фитохимического и фармацевтического потенциала криптогамной флоры Восточной Антарктики — лишайников и мхов, собранных в ходе белорусских антарктических экспедиций.

Необходимо отметить, что погодные условия в регионе, в котором располагается Белорусская антарктическая станция «Гора Вечерняя», весьма суровы. Тем не менее лишайники и мхи способны выживать и в таких условиях. При этом соотношение биполярных и эндемических видов, то есть собственно антарктических, среди лишайников приблизительно одинаковое, тогда как среди мхов преобладают биполярные. Однако наличие таковых среди лишайников и мхов в Антарктике позволяет более широко использовать аналогичное растительное сырье, имеющееся в Беларуси.

Уже в первый год исследований (2022 г.) в рамках задания 8 подпрограммы 2 «Развитие деятельности белорусской антарктической станции» ГП «Научно-инновационная деятельность Национальной академии наук Беларуси на 2021–2025 гг.» нами проанализированы представители ряда семейств антарктических лишайников и мхов по различным биохимическим и медико-биологическим показателям.

Изучение столь уникальных объектов проводилось с помощью современных

методов омикс-технологий с привлечением хромато-масс-спектрометрии, а также методов биоинформатики, клеточной биологии и других, находящихся на стыке различных областей науки, таких как метаболомика, биохимия, биоинформатика, молекулярная биология, клеточная биология и др. Нами проанализирован метаболом образцов лишайников и мхов, проведены биохимические исследования важных для физиологии криптогамов показателей активности специфических белков и ферментных систем (гликопротеинов семейства лектинов, антиоксидантной защиты, ингибиторов протеиназ, тирозиназы), что имеет большое значение и для фармакологической оценки растительного сырья. Кроме того, изучалось влияние субстанций, полученных из лишайников и мхов, на жизнеспособность опухолевых клеток меланомы человека и вируса SARS-CoV-2 *in vitro*. С помощью биоинформационных подходов идентифицированы потенциальные высокоэффективные ингибиторы, относящиеся к классу полифенольных соединений, проявляющих высокую аффинность связывания с интерфейсом взаимодействия белка S SARS-CoV-2 с клеточным рецептором ACE2.

Известно, что метаболом – это совокупность всех метаболитов биологического объекта (органеллы, клетки, ткани, органы и целый организм). На экологическом уровне можно говорить и о метаболоме популяции. Следует обозначить, что данное понятие – это своего рода отражение состояния биообъекта в данный момент времени, функция генома, транскриптома и протеома.

Научное направление «метаболомика» ориентировано на исследование биохимических процессов, связанных с органическими молекулами относительно небольшого размера и массой, как правило, до 1500 Да. К ним относятся субстраты, интермедиаты и конечные продукты клеточного метаболизма, превращений веществ с участием ферментов и ферментных систем. Изучение метаболома различных организмов – бурно развивающаяся область знаний вследствие того, что информация о количественном и качественном составе пула низкомолекулярных биорегуляторов важна для понимания механизмов функционирования организма в норме и при патологии, а также потому, что очень часто соединения, выделенные из природных источников, обладают уникальными свойствами, важными с точки зрения применения их в народном хозяйстве. В частности, исследование метаболома – первый шаг на пути создания нового высокоэффективного лекарственного препарата.

Гликопротеины семейства лектинов – это белки неиммунной природы, характерной структурной особенностью которых является наличие в молекулах специфических углеводсвязывающих сайтов, принимающих участие в формировании белок-углеводных взаимодействий и обеспечивающих аффинное связывание с углеводными детерминантами на поверхности клеток. Данное обстоятельство объясняет способность лектинов растений взаимодействовать с различными клетками, например форменными элементами крови, и выступать в качестве агонистов, запускающих агрегацию тромбоцитов, что может быть акту-

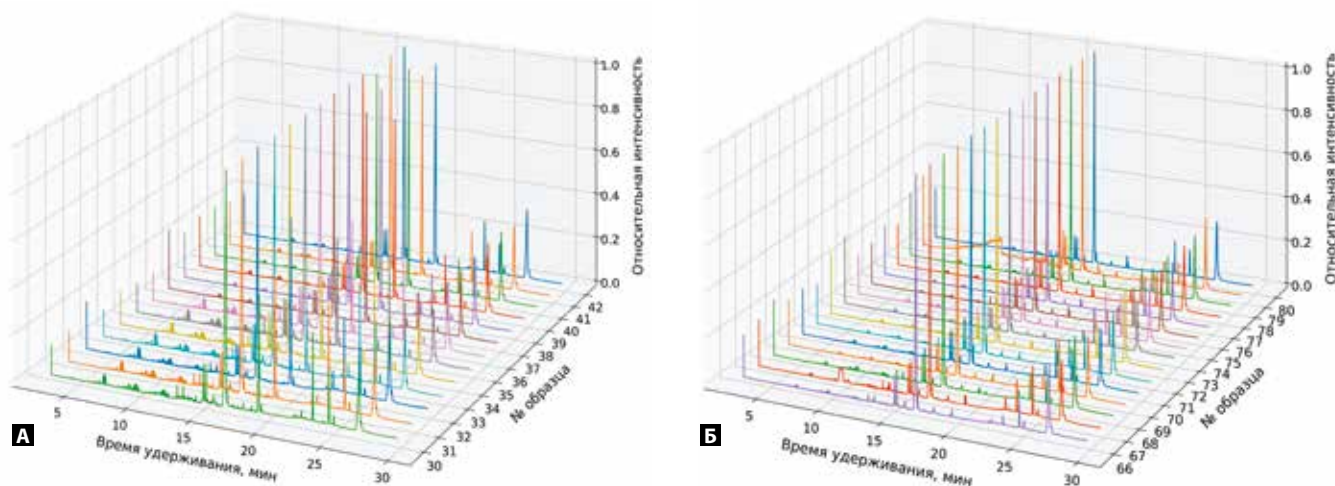


Рис. 1. Типичные хроматограммы ГХ-МС, полученные в результате анализа образцов метаболома лишайников (А) и мхов (Б) Антарктики



ально при разработке гемостатических средств локального применения. Кроме того, фитолектинам свойственно взаимодействовать с опухолевыми клетками.

Медьсодержащий фермент тирозиназа участвует в синтезе пигмента меланина. Данный фермент у лишайников задействован в механизмах защиты при действии абиотических факторов окружающей среды, в частности инсоляции.

Объединение усилий Института экспериментальной ботаники и Института биоорганической химии НАН Беларуси в рамках выполнения работ позволило провести анализ метаболомных профилей 80 образцов различных видов лишайнобиоты и бриофлоры, собранных в районе действия Белорусской антарктической станции. По результатам хромато-масс-спектрометрического анализа в среднем в образцах лишайников идентифицировано 69 соединений, а в образцах мхов – 83. Среди них присутствуют как первичные (спирты, жирные кислоты, амиды и эфиры жирных кислот), так и вторичные метаболиты (бензеноиды, фенольные и полифенольные соединения, стероиды, терпены) лишайнобиоты и бриофлоры Антарктики. Представленные образцы отличались по ряду метаболитов как в пределах вида, так и между ними в зависимости от места произрастания. При этом наибольшие различия между лишайниками и мхами наблюдаются в составе вторичных метаболитов, в частности соединениях класса терпенов. Бензеноиды, в свою очередь, позволяют разделить образцы, относящиеся к разным видам лишайников (рис. 1).

Кроме того, нами в сотрудничестве с Гродненским медицинским университетом были идентифицированы около 40 свободных аминокислот и их производных в составе собранных образцов антарктических лишайников и мхов (рис. 2).

Установлено, что талломы лишайников и мхов характеризовались высокой антиоксидантной активностью и незначительной – ингибиторов протеолитических ферментов, принимающих участие в механизме адаптации, что является также важным фармацевтическим показателем. Впервые в талломах некоторых видов антаркти-

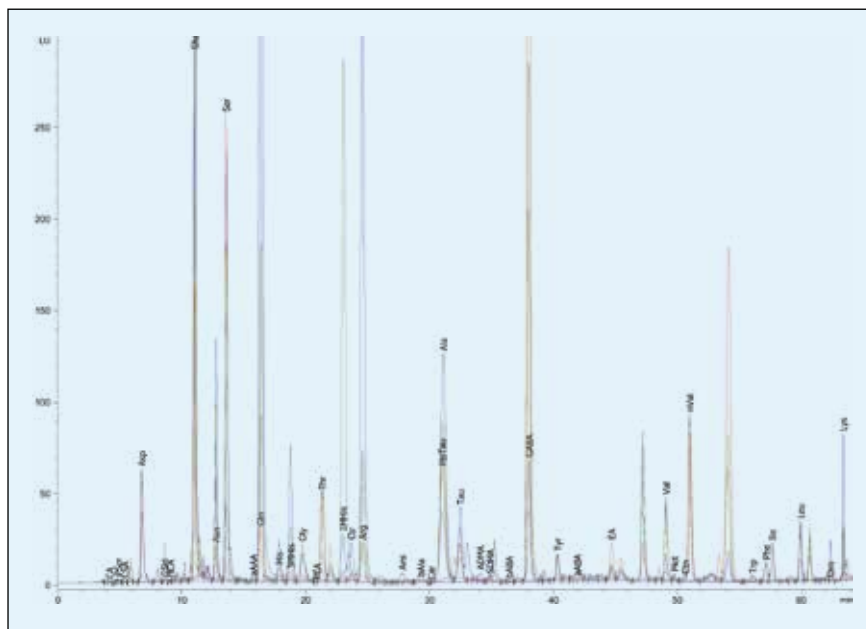


Рис. 2. Типичные профили свободных аминокислот лишайников Антарктики

ческих лишайников определены ингибиторы активности фермента тирозиназы, участвующего в биосинтезе меланина, что является основой для разработки импортозамещающих средств, корректирующих гиперпигментацию кожи при нарушениях метаболизма меланина и перспективных для применения в лечебной косметологии.

Исследования, проведенные совместно с коллегами кафедры биофизики физического факультета БГУ и РНПЦ трансфузиологии и медицинских биотехнологий, показали, что субстанции из некоторых видов мхов, в том числе биполярных, обладают не только агглютинирующей активностью в отношении эритроцитов, но и способствуют повышению агрегации тромбоцитов человека, сопоставимую с действием тромбина, независимо от группы крови, резуса и пола доноров. Отмеченный феномен прослеживался в АПТВ-тесте. Полученные результаты позволили расширить спектр перспективных видов мхов, обладающих гемостатической активностью, и использовать их для разработки новых гемостатиков растительного происхождения местного применения.

В сотрудничестве с РНПЦ онкологии и медицинской радиологии им. Н.Н. Александрова с помощью метода проточной цитометрии с применением проточного цитофлуориметра установлено цитотоксическое действие субстанции одного из антарктических лишайников

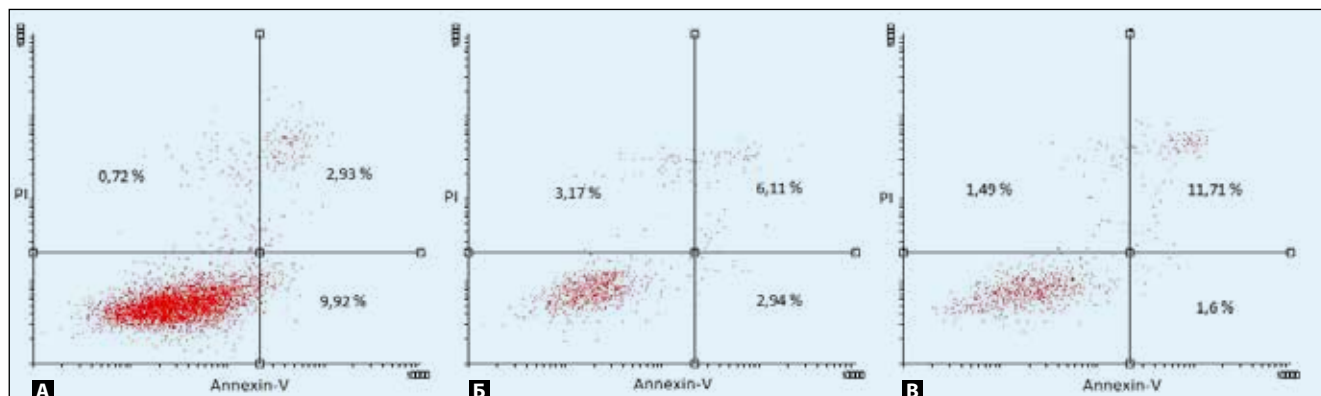


Рис. 3. Апоптоз клеток MeWo (клеточная линия меланомы) под действием субстанций, выделенных из антарктических лишайников: **А** – отрицательный контроль (без субстанций); **Б** – субстанция 2 (10% от объема среды); **В** – положительный контроль (цисплатин, 5 мкг/мл). Измерение параметров клеточной гибели проводили путем проточной цитометрии (Beckman Coulter Cytomics FC 500) после мечения клеток Annexin-V и PI (Exbio). Данные проанализированы с помощью программы Flowing Software. Правый нижний квадрант (Annexin-V+) – ранний апоптоз, оба верхних (PI+, Annexin-V+ PI+) – поздний апоптоз/некроз, левый нижний – живые клетки

в отношении клеточной линии меланомы человека MeWo, сопоставимое с противоопухолевым лекарственным средством цисплатин (рис. 3).

В результате проведенного в Институте биорганической химии НАН Беларуси виртуального скрининга молекулярной библиотеки, включающей 250 соединений метаболитов лишайно-

биоты и бриофлоры, идентифицированы шесть молекул, относящихся к классу полифенольных соединений, которые проявляют высокую аффинность связывания с интерфейсом взаимодействия белка S SARS-CoV-2 с клеточным рецептором ACE2. Анализ статических и динамических моделей комплексов лиганд/S/ACE2 свидетельствует о том, что все найденные соединения способны эффективно блокировать взаимодействие белка S SARS-CoV-2 с ACE2, о чем свидетельствуют более низкие значения свободной энергии связывания по сравнению с величиной, предсказанной с помощью идентичного вычислительного протокола для мощного ингибитора проникновения SARS-CoV-2 этравирина. Показано, что химическое средство этих соединений к интерфейсу S-ACE2 обеспечивается главным образом ван-дер-ваальсовыми взаимодействиями с функционально важными остатками белка S и рецептора ACE2, которые выполняют роль «горячих точек» связывания, помогающих этим молекулам эффективно взаимодействовать с терапевтической мишенью (рис. 4).

В совокупности полученные данные свидетельствуют о том, что идентифицированные молекулы формируют перспективные базовые структуры для разработки новых эффективных препаратов против COVID-19 – ингибиторов проникновения SARS-CoV-2. Данный подход позволил отобрать виды лишайников с характерной особенностью – присутствием некоторых из предсказанных выше фенольных соединений, проявляющих высокую аффинность

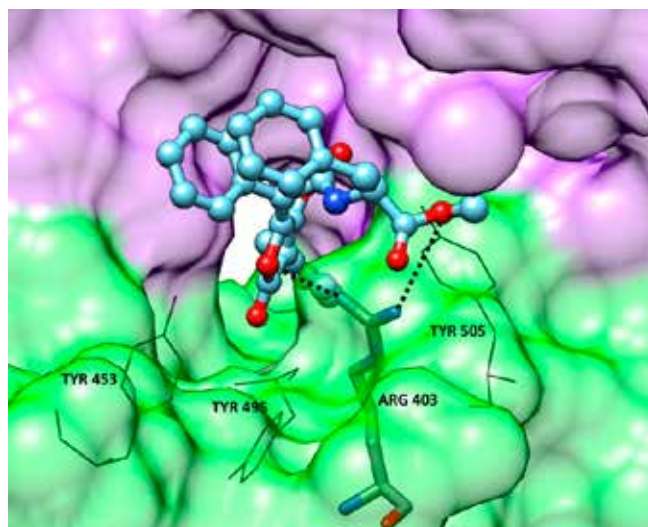


Рис. 4. Структурный комплекс ACE2-RBD субъединицы S1 белка S SARS-CoV-2 в комплексе с лучшим, согласно данным молекулярного моделирования, потенциальным ингибитором интерфейса взаимодействия ACE2-RBD SARS-CoV2 среди исследованных метаболитов лишайников. Лиганд изображен с помощью модели «шарик-палочка-шарик». Приведены аминокислотные остатки RBD S1 белка S вируса SARS-CoV-2, участвующие в межмолекулярных взаимодействиях с лигандом. Водородные связи показаны пунктирными линиями

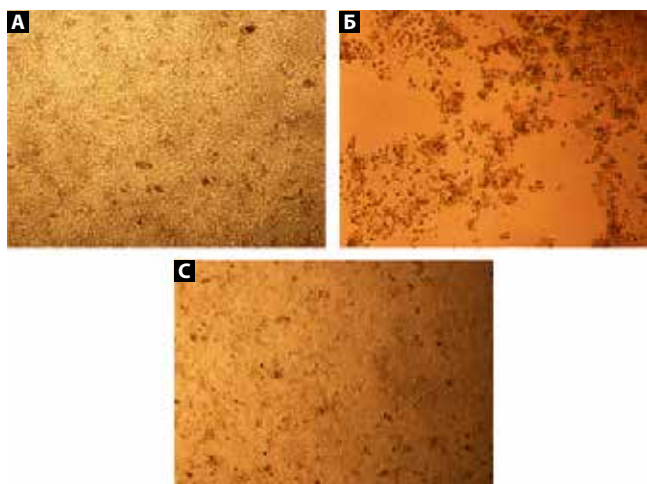


Рис. 5. Результаты оценки противовирусной активности образца гликопротеина семейства лектинов представителей лишено-биоты Антарктики в отношении вируса SARS-CoV-2 в культуре клеток Vero E6: **А** – контроль культуры клеток; **Б** – контроль культуры с вирусом SARS-CoV-2; **С** – культура клеток, инфицированная вирусом SARS-CoV-2, в присутствии исследуемого образца. Изображения сделаны с помощью инвертированного микроскопа NIKON Eclipse TS100-F (увеличение 4х)

связывания с интерфейсом взаимодействия белка S SARS-CoV-2 с клеточным рецептором ACE2.

Совместно с РНПЦ эпидемиологии и микробиологии в экспериментах *in vitro* нами показано, что выделенные из талломов отобранных видов антарктических лишайников субстанции, содержащие предсказанные соединения, эффективно подавляли жизнеспособность вируса SARS-CoV-2 на культуре клеток Vero E6 по сравнению с контрольной группой (рис. 5).

Следует отметить, что перечисленные выше эффекты были характерны для выделенных нами субстанций из биполярных лишайников и мхов Антарктики, и в Беларуси мы обнаружили эти же виды.

Таким образом, криптогамная флора Ледового континента характеризуется широким спектром биологически активных соединений, определяющих ее значительный фармацевтический потенциал: высокую антиоксидантную и антигиперлипидемическую активность; противоопухолевое действие в отношении меланомы человека; противовирусное – к коронавирусу SARS-CoV-2. Важно отметить, что полученные результаты перспективны для разработки отечественных фитопрепаратов различного назначения с использованием белорусских биполярных видов лишайников и мхов в качестве растительного сырья. ■

#### **Ольга Канделинская,**

ведущий научный сотрудник Института экспериментальной ботаники им. В.Ф. Купревича НАН Беларуси, кандидат биологических наук, доцент

#### **Елена Грищенко,**

старший научный сотрудник Института экспериментальной ботаники им. В.Ф. Купревича НАН Беларуси

#### **Алексей Янцевич,**

директор Института биоорганической химии НАН Беларуси, кандидат химических наук, доцент

#### **Ярослав Диченко,**

ведущий научный сотрудник Института биоорганической химии НАН Беларуси, кандидат химических наук

#### **Александр Андрианов,**

главный научный сотрудник Института биоорганической химии НАН Беларуси, доктор химических наук, профессор

#### **Юрий Корноушенко,**

старший научный сотрудник Института биоорганической химии НАН Беларуси, кандидат химических наук

#### **Евгений Дорошенко,**

доцент кафедры биохимии Гродненского медицинского университета, кандидат медицинских наук

#### **Элеонора Дашкевич,**

заведующая лабораторией трансфузиологии РНПЦ трансфузиологии и медицинских биотехнологий, кандидат медицинских наук, доцент

#### **Дарья Григорьева,**

доцент кафедры биофизики физического факультета БГУ, кандидат биологических наук

#### **Татьяна Дорошенко,**

заведующая онкологическим отделением клеточных технологий РНПЦ онкологии и медицинской радиологии им. Н.Н. Александрова

#### **Елена Гасич,**

заведующая лабораторией диагностики ВИЧ и сопутствующих инфекций РНПЦ эпидемиологии и микробиологии, доктор биологических наук, доцент

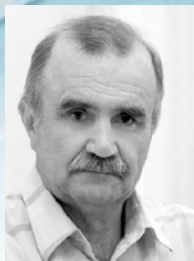
#### **Ольга Залевская,**

научный сотрудник РНПЦ эпидемиологии и микробиологии

Авторы благодарят за помощь в работе Д. Горещкого (Институт экспериментальной ботаники им. В.Ф. Купревича НАН Беларуси), И. Горудко (кафедра биофизики физического факультета БГУ), Н. Бухвальд (РНПЦ трансфузиологии и медицинских биотехнологий), Н. Боброву и И. Северина (РНПЦ онкологии и медицинской радиологии им. Н.Н. Александрова), А. Дееву (Центральный ботанический сад НАН Беларуси), Ю. Гигиняка и Е. Корзуна (НПЦ НАН Беларуси по биоресурсам).



# ИЗУЧЕНИЕ ГИДРОХИМИЧЕСКИХ ОСОБЕННОСТЕЙ СНЕЖНО-ФИРНОВОГО ПОКРОВА АНТАРКТИДЫ



**Сергей Какарека,**  
заведующий  
лабораторией Института  
природопользования  
НАН Беларуси, доктор  
технических наук, профессор



**Тамара Кухарчик,**  
главный научный  
сотрудник Института  
природопользования  
НАН Беларуси, доктор  
географических наук,  
профессор

Антарктида, известная как Белый континент, более чем на 99% покрыта ледниковым щитом, а на оставшейся ее части формируется сезонный снежный покров. Благодаря доминированию твердых осадков, незначительной доле зоны абляции и некоторым другим факторам снежный покров и фирново-ледовая толща содержат в себе архивированную «летопись» природных изменений и антропогенных воздействий. Поэтому анализ снега Антарктиды, в дополнение к исследованиям фирна и льда, является эффективным методом изучения глобальных и региональных уровней и трендов атмосферных выпадений, процессов многолетних изменений в циркуляции воздушных масс, палеоклимата и экологических обстановок прошлого.

Регулярные изыскания в этом направлении развернулись с 1970-х гг., и ныне уже накоплен значительный массив данных о содержании основных ионов и их соотношениях, а также о макро- и микроэлементах в пробах снеговых вод в различных районах Антарктики [1–3]. Исследованиям снежного покрова с помощью региональных и трансконтинентальных профилей различной протяженности посвящен ряд крупных международных проектов, самый известный из которых – ITASE [4–6]. В перечне задач трансантарктических экспедиций – изучение изменения химического состава снежного покрова с удалением от морского побережья, а также выявление других факторов, определяющих вариабельность значений [7–8]. Важными задачами современных исследований ледникового щита являются также палео- и гляциоклиматические реконструкции на основе анализа изотопного состава снеговых вод Антарктики. Зависимости между содержанием стабильных изотопов кислорода и водорода в атмосферных осадках и температурой воздуха, положенные в основу изотопно-температурного метода, позволяют воссоздать климат прошлых эпох по данным антарктических ледяных кернов. Самые длинные климатические ряды с восстановленной температурой воздуха за 420, 720 и 810 тыс. лет получены для станций «Восток», «Купола F» и «Конкордия» соответственно [9–10]. Антропогенное воздействие на Антарктиду также фиксируется в ее снегах и льдах, что позволяет выполнять соответствующие реконструкции.

Малая изученность региона основного базирования белорусских антарктических экспедиций (Земля Эндерби), который оказался в стороне от маршрутов основных трансантарктических экспедиций ITASE, а также необходимость создания системы мониторинга окружающей

среды района размещения Белорусской антарктической станции в соответствии с требованиями Протокола по охране окружающей среды к Договору об Антарктике обусловили формирование следующих основных направлений исследований применительно к снежному покрову: динамика химического (ионного) состава снега в связи с изменениями уровней влияния хозяйственной деятельности человека, климатическими и другими природными факторами; пространственная неоднородность в нем макро- и микроэлементов и факторы, ее обуславливающие.

Задачи исследований включают выявление территориальных особенностей содержания химических элементов в снежном покрове и вариативности основных показателей для определения антропогенного воздействия и многолетних тенденций его изменения, влияния на гидрохимический режим водоемов, оценки воздействия природных факторов (океана, биоты, вулканов и других), а также использование анализа содержания стабильных изотопов кислорода и водорода для изучения климатических изменений.

## Районы исследований и методические подходы

Районами исследований стали оазис Вечерний (Холмы Тала, Земля Эндерби, Восточная Антарктида) и острова Дисмал и Хорсшу, залив Маргерит, Антарктический полуостров, Западная Антарктида. В оазисе Вечерний, где в 2015 г. начато строительство белорусской антарктической научной станции, химический состав снежного покрова изучали еще в 2012 г. при подготовке Всесторонней оценки воздействия на окружающую среду (ВООС). Ранее здесь функционировала Советская антарктическая экспедиция «Гора Вечерняя», инфраструктура которой частично используется и сейчас. Острова залива Маргерит изучались в рамках 4-й Турецкой антарктической экспедиции (2020 г.), ныне на островах нет постоянных научных станций. В 1955–1960 гг. на северном побережье острова Хорсшу работала британская станция «У». Отбирали пробы снега в рамках 7-й и 14-й БАЭ также в районе Холмов Ларсеманн.

В оазисе Вечернем сформирована сеть мониторинга, которая создана с учетом наличия снежников и потенциальных источников воздействия для ежегодного отбора проб снежного покрова в соответствии с национальными и международными нормативами (рыхлый слой на глу-

бину до 20 см). На островах Хорсшу и Дисмал в заливе Маргерит брали образцы старого (лежащего) снега с поверхности ледников и снежников, в дни со снегопадом – свежевыпавшего (рис. 1, 2).

Ионный состав снега исследовали с помощью стандартных методов в лаборатории Института природопользования НАН Беларуси, содержание микроэлементов – методом ICP-MS в Институте биоорганической химии НАН Беларуси, концентрация изотопов воды – с помощью лазерного анализатора изотопного состава Picarro L2130 в Институте Арктики и Антарктики в Санкт-Петербурге.

Впервые изучен ионный состав снежного покрова и охарактеризована пространственная вариативность его основных показателей в оазисе Вечерний [11]. Показано, что снеговые воды там очень низкоминерализованные с диапазоном суммы ионов в пределах 1,04–57,3 мг/л (среднее – 7,4 мг/л) и величиной удельной электропроводности – 2,7–85,1 мСм/см (10,7 мСм/см). Почти в 90% случаев реакция среды снеговых вод характеризуется как слабокислая, их химический состав и минерализация определяется преимущественно содержанием хлоридов и ионов натрия. На тесную зависимость общей минерализации снеговых вод от содержания хлоридов и ионов натрия указывают высокие значения коэффициента корреляции ( $R^2$ ), составляющие соответственно 0,95 и 0,92 (рис. 3).

Высокая вариативность показателей гидрохимического состава снеговых вод на участках бывшей и нынешней хозяйственной деятельности, а также повышенное содержание сульфат-ионов рассматриваются как индикаторы антропогенного воздействия.

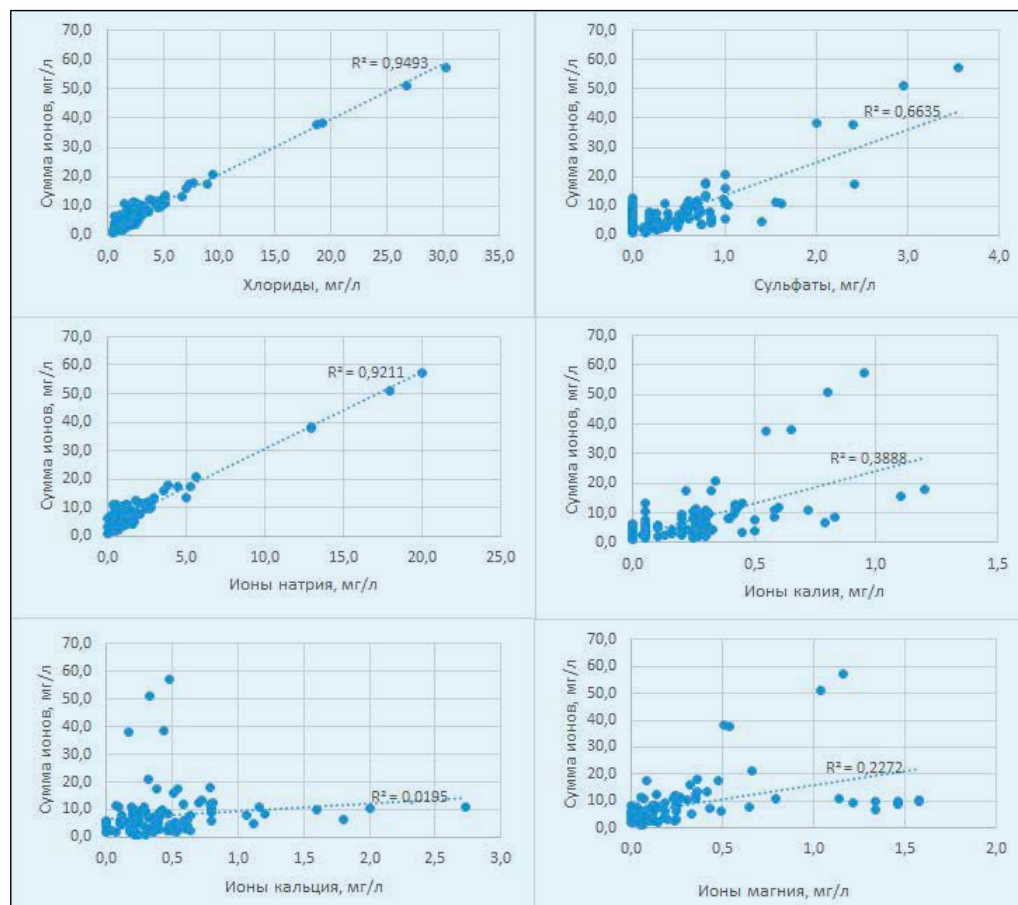


Рис. 1. Характер снежного покрова на острове Хорсшу (февраль, 2020 г.)



Рис. 2. Отбор снега на острове Хорсшу

Рис. 3. Зависимость содержания суммы ионов от концентрации основных ионов в снеговой воде оазиса Вечерний и прилегающей части ледникового купола [11]



## Пространственная неоднородность содержания микроэлементов в снежном покрове

В работе [12] обобщены данные о содержании микроэлементов в поверхностном снеге оазиса Вечерний, полученные в 2012–2018 гг. Наименьшее их количество зафиксировано в ледниковом щите в 5 км от берега, что соответствует другим исследованиям.

Распределение макро- и практически всех микроэлементов характеризуется выраженной асимметрией. Их концентрации находятся преимущественно в области низких значений. Установлены различия в их содержании в поверхностном снегу между фоновыми участками и теми, в пределах которых ведется или велась ранее хозяйственная деятельность (рис. 4). В частности, выявлены повышенные концентрации микроэлементов в пробах снега в местах деятельности человека, в том числе

в районе взлетно-посадочной полосы, которая активно использовалась с конца 1970-х до начала 1990-х гг. для самолетов Ил-76ТД и Ил-76Д.

Полученные высокие коэффициенты обогащения (EFC) со значениями  $>100$  для Sb, Se, As, Cd и Zn и относительно высокие ( $EFC=10-100$ ) для Cr, Cu, Mo и V могут быть обусловлены влиянием местных антропогенных источников, определяющее значение среди которых принадлежит элементам, попавшим в окружающую среду вследствие сжигания топлива в дизельных установках и транспортных средствах, а также коррозии старых объектов инфраструктуры.

Первые данные о содержании макро- и микроэлементов в снеге для островов залива Маргерит (Хоршу и Дисмал) приведены в работе [13]. Самые низкие средние концентрации Na, Mg, K, Ca, Fe, Cr, Se, Ba, As и Tl зафиксированы в пробах старого снега. Их изменчивость и средние значения значительно выше в свежеснеговом снегу. Все виды проб имеют самые высокие концентрации Na, что подтверждает источник их посту-



пления с морскими аэрозолями. Некоторые различия между островами обусловлены локальными факторами, например, для свежевыпавшего снега – направлением ветра, для старого – экспозицией склонов и удаленностью от берега.

Помимо многообразия природных факторов, влияющих на химический состав снега, показано возможное антропогенное воздействие, связанное с трансграничным переносом воздушных масс. Повышенные коэффициенты концентрации установлены по ряду технофильных элементов (As, Zn, Cd, Sb, Mo, Ag, Se); самые высокие значения ( $E_{fc} > 100$ ) зафиксированы как для свежевыпавшего, так и для старого снега и характерны в отношении Se, Zn и Cd (рис. 5).

Полученные результаты будут полезны для моделирования геохимической миграции, оценки воздействия и прогнозирования, а также для уточнения фоновой ситуации при проведении локального мониторинга на острове Хорсшу.

Проведенные исследования подтверждают общую закономерность по изменению (истощению) изотопного состава атмосферных осадков и уменьшению содержания изотопов кислорода и водорода в свежем (отобранном в день выпадения) и лежалом снегу поверхностных горизонтов [14]. Максимальные значения стабильных изотопов кислорода и водорода характерны для островной Антарктики, меньшие – в прибрежной зоне и в континентальной ее части. Описаны возможные факторы, влияющие на содержание изотопов.

Исследования макро- и микроэлементов в снежном покрове, а также ионного состава будут продолжены в рамках текущей и будущих антарктических программ. Это важно для выявле-

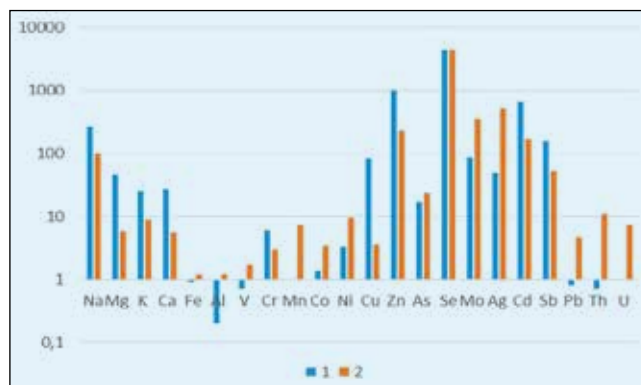


Рис. 5. Коэффициенты обогащения макро- и микроэлементов в пробах свежевыпавшего (1) и старого снега (2), отобранного на островах залива Маргерит

ния временных трендов с учетом климатических изменений и антропогенных воздействий, оценки атмосферных выпадений загрязняющих веществ и их влияния на уязвимые полярные экосистемы. Необходимо расширение программ по изучению изотопного состава снега как инструментария реконструкции палеоклиматических вариаций.

К перспективным направлениям относится отслеживание новых опасных химических веществ, в том числе стойких органических загрязнителей (СОЗ), которые являются глобальной проблемой и регулируются Стокгольмской конвенцией о СОЗ. Несмотря на удаленность континента и очень ограниченную деятельность человека, Антарктида подвержена влиянию загрязнителей, впервые обнаруженных в 1970-х гг. Их изучение в Антарктиде имеет сравнительно долгую историю, однако до сих пор существуют большие пробелы в знаниях об их содержании как в снежном покрове, так и в других компонентах природной среды.

Актуально развитие исследований пластика и микропластика как новой экологической угрозы глобального характера. Полученные данные свидетельствуют как о его попадании на Ледовый континент от местных источников, так и о перемещении частиц микропластика с трансграничными потоками и их осаждении на поверхности Антарктиды.

Опыт изучения снега будет использован при дальнейших исследованиях фирново-ледовых слоев антарктического ледникового щита. Это потребует значительных усилий по созданию материально-технической базы для отбора, транспортировки и анализа ледовых кернов, однако позволит открыть новые научные горизонты. ■

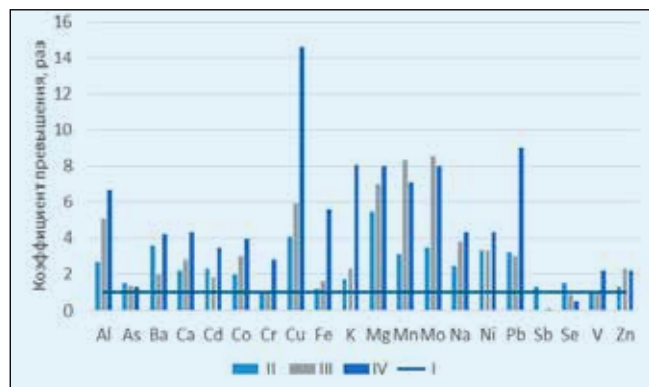


Рис. 4. Соотношение содержания микроэлементов в поверхностном снеге оазиса Вечерний на участках антропогенной деятельности (участки мониторинга II, III и IV) по отношению к фоновой территории (участок I) [12]

Работа выполнена в рамках Государственных программ «Мониторинг полярных районов Земли и обеспечение деятельности арктических и антарктических экспедиций на 2011–2015 гг.» и «Мониторинг полярных районов Земли, создание Белорусской антарктической станции и обеспечение деятельности полярных экспедиций на 2016–2020 гг.». Авторы выражают искреннюю благодарность всем участникам Белорусских антарктических экспедиций, и в особенности Ю.Г. Гигиняку, А.А. Гайдашову и В.Е. Мямину, за отбор и доставку в Минск проб антарктического снега, а также Ю.Г. Кокош, М.А. Кудревич, П.В. Курману, А.А. Екайкину, выполнявших пробоподготовку и химико-аналитические испытания.

## СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. C. BOUTRON. Atmospheric trace elements in Antarctic prehistoric ice collected at a coastal ablation area / C. BOUTRON, M. Leclerc, N. Risler // Atmospheric Environment, 18 (9). 1984.1947–1953.
2. M. Legrand, P.A. Mayewski. Glaciochemistry of polar ice cores: a review / M. Legrand, P.A. Mayewski // Reviews of Geophysics, 35. 1997. 219–243.
3. M. Thamban. Trace metal concentrations of surface snow from Ingrid Christensen Coast, East Antarctica—spatial variability and possible anthropogenic contributions / M. Thamban, R.C. Thakur // Environmental monitoring and assessment, 185 (4). 2013. 296–2975.
4. N. Bertler. Snow chemistry across Antarctica / N. Bertler, P.A. Mayewski, A. Aristarain [et al.]. // Ann. Glaciol. 2005. V. 41. P. 167–179.
5. T.V. Khodzher. Spatial-temporal dynamics of chemical composition of surface snow in East Antarctica along the Progress station – Vostok station transect / T.V. Khodzher, L.P. Goloboko-va, Y.A. Shibaev [et al.] // The Cryosphere. 2014. V. 8 (3). P. 931–939.
6. Xing Xing Jiang. Spatial variations of Pb, As, and Cu in surface snow along the transect from the Zhongshan Station to Dome A, East Antarctica [J]. Sciences in Cold and Arid Regions / Xing Xing Jiang, ShuGui Hou, YuanSheng Li [et al.]. 2018. 10 (3), 219–231. DOI: 10.3724/SP.J.1226.2018.00219.
7. S. Becagli Chemical and isotopic snow variability in East Antarctica along the 2001/02 ITASE traverse. Annals of Glaciology / S. Becagli, M. Protoposito, S. Benassai [et al.]. 39 (1), 2004. 473–782. DOI: 10.3189/172756404781814636.
8. D.A. Dixon. Variations in snow and firn chemistry along US ITASE traverses and the effect of surface glazing / D.A. Dixon, P.A. Mayewski, E. Korotkikh [et al.] // The Cryosphere. 2013. V. 7 (2). P. 515–535.
9. Екайкин А.А. Стабильные изотопы воды в гляциологии и палеогеографии / А.А. Екайкин – СПб., 2016.
10. K. Kawamura. State dependence of climatic instability over the past 720,000 years from Antarctic ice cores and climate modeling / K. Kawamura, A. Abe-Ouchi, H. Motoyama [et al.] // Sciences Advances. 2017. Vol. 3, no. 2, art. e1600446. https://doi.org/10.1126/sciadv.1600446.
11. С.В. Какарека. Пространственные особенности химического состава снежного покрова Холмов Тала, Восточная Антарктида / С.В. Какарека, Т.И. Кухарчик, Ю.Г. Кокош и др. // Проблемы Арктики и Антарктики. 2021. Т. 67. Вып. 1. С. 28–43. https://doi.org/10.30758/0555–2648–2020–67–1–28–43.
12. S. Kakareka. Study of trace elements in the surface snow for impact monitoring in Vecherny Oasis, East Antarctica / S. Kakareka, T. Kukharchyk, P. Kurman // Environ Monit Assess 192, 725. 2020. https://doi.org/10.1007/s10661–020–08682–8.
13. S. Kakareka. Trace and major elements in surface snow and fresh water bodies of the Marguerite Bay Islands, Antarctic Peninsula / S. Kakareka, T. Kukharchyk, P. Kurman // Polar Science 32 (2022), 100792, ISSN 1873–9652. 2022. https://doi.org/10.1016/j.polar.2022.100792.
14. С.В. Какарека. Стабильные изотопы в снеге прибрежных районов Антарктиды. Доклады НАН Беларуси / С.В. Какарека, Т.И. Кухарчик, А.А. Екайкин, Ю.Г. Гигиняк. 2021. Т. 65 (4). 495–502 https://doi.org/10.29235/1561–8323–2021–65–4–495–502.



**Радим Гарецкий,**  
главный научный  
сотрудник Института  
природопользования  
НАН Беларуси,  
академик



**Ярослав Грибик,**  
зав. лабораторией геотектоники  
и геофизики Института  
природопользования  
НАН Беларуси,  
кандидат геолого-  
минералогических наук,  
доцент



**Павел Шаблыко,**  
младший научный  
сотрудник Института  
природопользования  
НАН Беларуси

Цель научных геолого-геофизических исследований по изучению литосферы Земли Эндерби и ее акватории – познание эволюции геологического развития региона и оценка ресурсного минерально-сырьевого потенциала района расположения белорусской антарктической станции как основы для будущих геологоразведочных работ. Была поставлена задача на основе отбора образцов горных пород и проведения гравиметрической и магнитометрической съемок детально исследовать обстановку в зоне Вечернегорской площади, создать специализированный полигон для мониторинга гравитационного и магнитного полей для установления характера протекания современных тектонофизических процессов в зонах разломов, а также изучить глубинное строение земной коры и верхней мантии с целью тектонического районирования территории.

# Полярные геолого-геофизические изыскания на Земле Эндерби

В летний антарктический сезон 2008–2009 гг. белорусские специалисты в составе 54-й Российской антарктической экспедиции выполнили комплекс научных детальных рекогносцировочных геолого-геофизических работ на Вечернегорской площади и на расположенной в 30 км к югу от нее станции «Молодежная». Были отобраны образцы горных пород, проведена оценка участка под геодинамический полигон, а также стационарные геомагнитные и гравиметрические наблюдения в немагнитном павильоне. По результатам лабораторного изучения петрографических, петрохимических и петрофизических свойств образцов горных пород и с учетом геологических исследований докембрийского основания окрестностей станции «Молодежная» в 1973 г. американским геологом Э.С. Грев (участник 18-й Советской антарктической экспедиции) и научным сотрудником Института природопользования НАН Беларуси О.В. Мясниковым составлена рекогносцировочная геологическая карта территории горы Вечерней, названной затем в соответствии с геологическими правилами Вечернегорской площадью [1, 2]. Аномальное магнитное поле на ней по вертикальной составляющей  $Z$  изучено в полевых условиях младшим научным сотрудником П.В. Шаблыко (БАЭ – 2017–2018 гг.) и проинтерпретировано профессором Г.И. Каратаевым (рис. 1). В открытых областях (прибрежная часть Вечернегорской площади) оно обусловлено глубинными магнитными неоднородностями элементов разломно-интрузивной тектоники. В геологическую интерпретацию аномального магнитного поля  $Z$  входят, во-первых, процедура его пространственного районирования с разбивкой площади на магнитно однородные по интенсивности и морфологии блоки и, во-вторых, выявление корреляционно-генетических связей между магнитными аномалиями и вещественным составом горных пород.

Наиболее интенсивные аномалии создаются обогащенными ферромагнитными минералами основными, ультраосновными и некоторыми метаморфическими породами, железорудными телами, а менее выраженные отклонения от нормы часто связаны с аналогичными источниками, расположенными на большой глубине, впрочем, как и с основными, кислыми и щелочными породами средней намагнитченности.

В районах, где кристаллические породы выходят на поверхность или залегают неглубоко под осадочным покровом малой мощности, как на Вечернегорской площади, магнитные аномалии могут достигнуть очень большой интенсивности (десятки тысяч и даже сотни тысяч нанотесла). Площадь таких аномалий – от нескольких квадратных метров до десятков, а иногда – сотен квадратных километров.

Магнитные аномалии четко фиксируют неоднородности главным образом вещества кристаллического фундамента и его разломную тектонику, региональная составляющая магнитного поля отображает

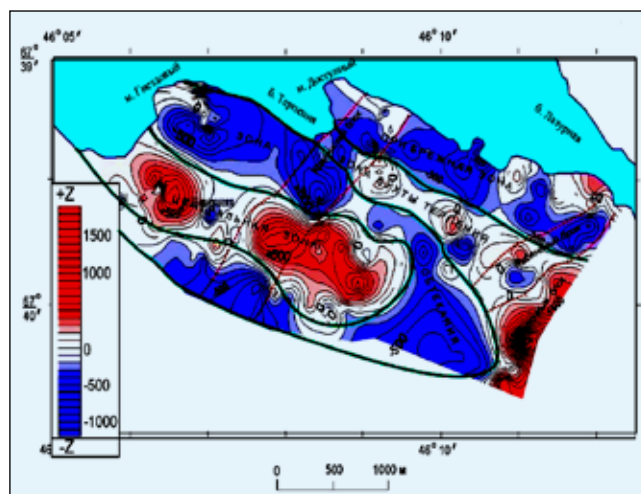


Рис. 1. Вечернегорская площадь. Карта районирования аномального магнитного поля  $Z$



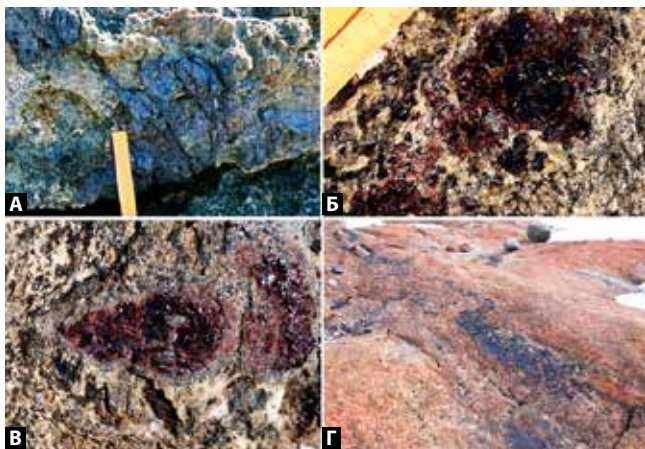


Рис. 2. Рудные жилы мыса Рог (А) и горы Вечерней (В); кристаллы пиритов «Гнездовой» (Б) и «Рубин» (Г) минерализованных зон

латеральную магнитную неоднородность нижнего («базальтового») слоя земной коры. Вещество верхней мантии в аномальном магнитном поле не отражается в силу его индуктивного происхождения: при высоких температурах, соизмеримых с температурой точки Кюри, горные породы теряют магнитные свойства.

В районе мыса Рог руды сплошного типа образуют наклонно залегающие пластовые тела мощностью около 70 см. На мысах Гнездовой и Доступный это будинообразные мономинеральные и вкрапленные рудные скопления и концентрации со следами окисления. В обоих случаях на восток от проявлений рудной минерализации черных металлов отмечены участки

с налетами и корочками гидроокислов меди. В районе мыса Гнездовой и у северного подножья сопки Рубин отмечается сульфидизация, представленная гнездами пирита до 2–3 см в поперечнике (рис. 2).

В процессе районирования аномального магнитного поля Вечернегорской площади выделены три региональные зоны: Северная, Центральная и Южная, каждой из которых присущи своя морфологическая картина и специфическое магнитное поле (рис. 1). Все они имеют полосовой характер северо-западного простирания.

Карта районирования по геомагнитным данным в значительной мере отражает геологические особенности Вечернегорской площади (рис. 3). Образцы горных пород были проанализированы в лабораториях РУП «Белгеология» с петрографических, петрохимических и петрофизических позиций.

На основании обобщения полевых структурно-тектонических наблюдений, петрографических, петрофизических и геохронологических данных на территории Вечернегорской площади выделены основные типы пород, соответствующих доминирующим, последовательно сменяющим друг друга этапам тектонотермальной активизации. Как видим, структурное положение рудных зон, выделенных О.В. Мясниковым только по образцам горных пород, хорошо вписывается в структуру магнитного поля. Визуально рассмотренные соотношения его аномалий с геологическими и тектоническими детальными и региональными данными свидетельствуют об отражении геолого-тектонических процессов в магнитном поле. Это дает основания применить

их для построения геологической карты кристаллического фундамента Вечернегорской площади, используя известные и частные, наблюдаемые там корреляционно-генетические соотношения магнитных полей с геолого-тектоническими характеристиками разреза земной коры [3].

По данным лабораторного петрографического анализа образцов горных пород Вечернегорской площади основными минерогенетическими рудогенерирующими и рудоконтролирующими формациями являются гранитоиды чарнокитовой гнейсовато-рапакивиоподобной ультраметаморфической и эндербо-чарнокитоидной толщи. Все

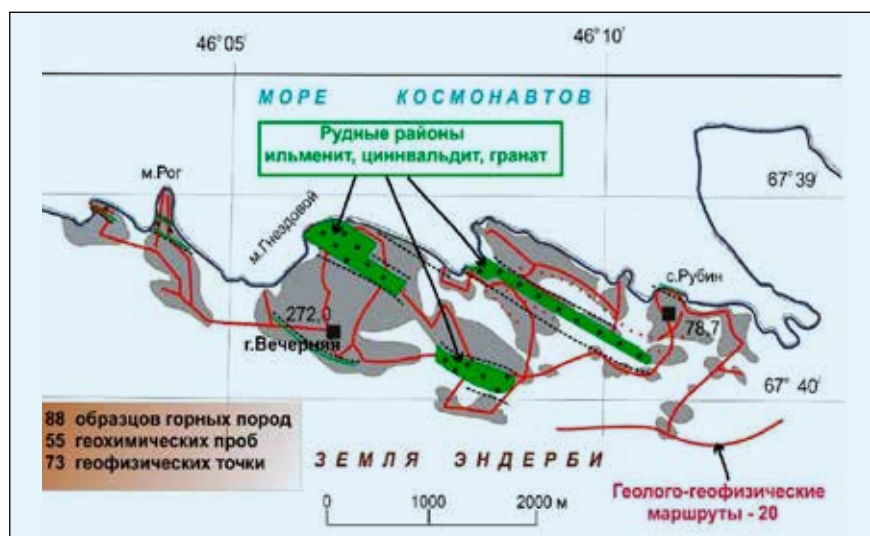


Рис. 3. Схема сопоставления карты аномального магнитного поля и размещения рудных объектов по О.В. Мясникову на Вечернегорской площади

обнаруженные зоны рудной и нерудной минерализации расположены либо в экзо- либо в эндоконтакте с гранитоидами. Выделенные по петрофизическим и петрохимическим данным четыре типа горных пород (плагиогнейсы, чарнокиты, эндербит-чарнокиты и рапакивиподобные чарнокиты) находят отражение в магнитном поле.

Найденные металлические полезные ископаемые относятся к магматогенной и метаморфогенной (скарноидной) сериям. Магматогенные рудные выходы закартированы на горе Вечерняя, где они в приконтактной зоне неопротерозойских гранитоидов с мезопротерозойскими эндербо-чарнокитоидами образуют жилоподобные тела массивно-вкрапленных руд до одного метра видимой мощности и до 100 м по простиранию. Архейские биотит-двупироксеновые плагиогнейсы являются рудомещающей формацией для железо-титановых руд метаморфогенной (скарноидной) серии.

Архейские плагиогнейсы выступают благоприятной средой для различного нерудного минералообразования. Их толща существенно минерализована, преимущественно в районе развития рапакивиподобных чарнокитов (струйчатых мигматитов). Там встречены массовые скопления гранатов типа пироп, обладающих оптическими свойствами. Гранат присутствует в виде прослоев зернистых агрегатов до 30–50 см или отдельных сравнительно крупных кристаллов.

Работы в рамках последних экспедиций выполнялись в соответствии с календарным планом по подпрограмме, включающей следующие мероприятия: установка стационарного немагнитного павильона для наблюдения геомагнитного поля на участке на Вечернегорской площади (рис. 4); обработка полученных данных и классификация вариаций геомагнитного поля во времени; детализация проекта геодинамического полигона на основе изучения вариаций геомагнитного поля на обозначенном участке; проведение рекогносцировочной шлиховой съемки Вечернегорской площади на участках временных и постоянных водотоков и лабораторные исследования полученных образцов; составление карты шлихового опробования с целью детализации геологических условий с помощью пешеходной радиометрической съемки выхода коренны пород по гамма-излучению.

В точке размещения стационарного магнитометра выполнено более 10 суточных и 25 короткопериодных наблюдений для изучения магнитного поля в течение суток. После обработки данных и построения графиков изменения потока Т проведена корре-



Рис. 4. Тумба для немагнитного павильона на Вечернегорской площади (март 2022 г.)

кция данных с ближайшей Австралийской антарктической станцией «МОУСОН», которая является участником Международной сети магнитных обсерваторий реального времени INTERMAGENT. Установлена четкая временная корреляция синхронного изменения магнитного поля на Вечернегорской площади и на станции «МОУСОН». Наибольшие вариации в течение дня в некоторых случаях имеют прямую связь с магнитными бурями.

Короткопериодные колебания геомагнитного поля (КПКМП) – это геомагнитные пульсации, характеризующиеся квазипериодической структурой, занимающие диапазон частот от тысячных долей до нескольких герц. В зарубежной литературе для их обозначения часто используется термин ULF-wave (ultra-low-frequency). По физической природе геомагнитные пульсации – это геомагнитные волны, возбуждаемые в магнитосфере Земли и в солнечном ветре. В ходе сезона 2020–2021 гг. на территории Вечернегорской площади выполнены

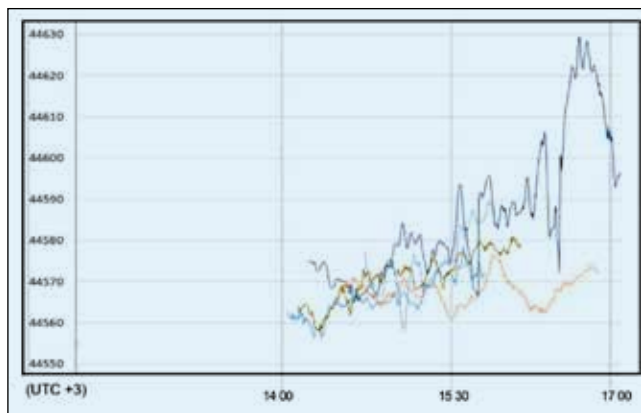


Рис. 5. Вечернегорская площадь. Короткопериодные вариации поля Т в вечерние часы (январь-февраль 2021 г.)





Рис. 6. Вечернегорская площадь, мыс Рог. Замер гамма-излучения на тектоническом разломе 46 мкР/ч. 15.02.2022 г.

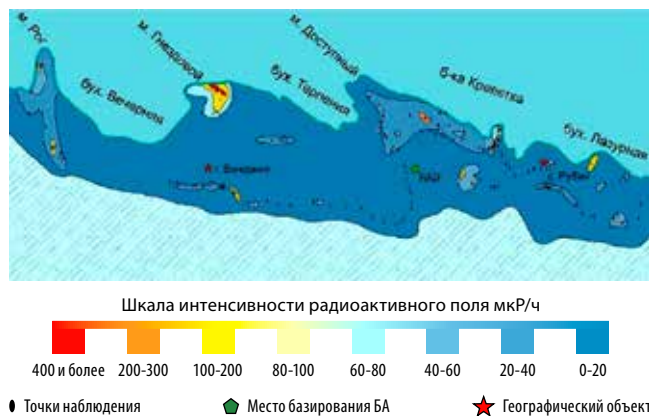


Рис. 7. Вечернегорская площадь. Радиометрическая карта по данным сезона 2021–2022 гг.

короткопериодные наблюдения за поведением магнитного поля с 9 до 12 и с 14 до 17 ч (рис. 5).

Хаткевичем А.Л. проведена тестовая, рекогносцировочная радиометрическая съемка с помощью радиометра СРП-68–01, предназначенного для изучения естественных излучений пород по фотонной радиоактивности. Произведено порядка 150 замеров с привязкой по GPS и фотодокументации точки замера (рис. 6).

Повышенное значение радиоактивного поля зачастую непосредственно связано с выходами архейских пород, богатых на включения калиевых поле-

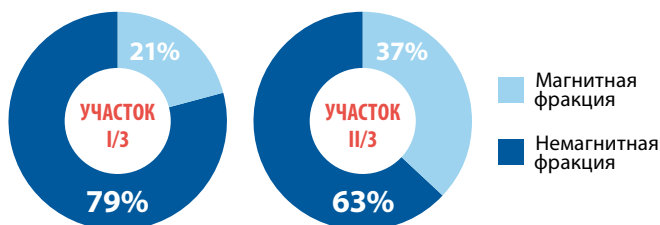


Рис. 8. Вечернегорская площадь. Распределение фракций в шлиховых пробах

вых шпатов и достигает в некоторых случаях 200–300 и более мкР/ч (в среднем – 60–100 мкР/ч) (рис. 7).

Минералогический анализ предполагал изучение всех выделенных фракций под бинокулярным микроскопом (бинокуляр), при этом минералы определяют по внешнему виду, плотности, оптическим и химическим свойствам. Большую помощь в данном процессе оказывает сравнение их с коллекцией заведомо известных шлиховых минералов.

На рис. 8 приведено соотношение магнитной и немагнитной фракции минералов в пробах участка I и II. По результатам изучения шлиховых проб под бинокулярным микроскопом установлена серия минеральных ассоциаций (рис. 9).

После полевых и лабораторных работ нами были обобщены фактические материалы, составлены карты отбора проб с учетом рельефа земной поверхности для определения областей сноса материала, а также карты шлихового опробования по железорудному компоненту (магнитная и немагнитная фракция).

Как видно из рис. 10, для участков I и II характерны две области сноса, практически изолированные друг от друга. Следует отметить, что для зоны I характерно меньшее содержание глинистых частиц по сравнению с зоной II. Это можно объяснить различием в силе водных потоков, а также неравномерной расчлененностью и общим уклоном рельефа в сторону океана, что подтверждается разными показателями соотношения магнитной и немагнитной фракции серого шлиха.

Как видно из рис. 11, участки I и II заложены в местах различных горных пород, что подтверждается разнообразным минеральным составом шлиха. Участок I характеризуется относительно неоднородным содержанием магнитной фракции (16–24%, одна проба – 9%), показатели участка II варьируются в пределах 13–17% (одна проба – 33%). Источником железорудных компонентов для данных районов, вероятно, являются чарнокитизированные эндрбиты и плагиогнейсы, характеризующиеся относительно повышенным содержанием рудных магнитных минералов.

В тектоническом отношении Вечернегорская площадь располагается в пределах Восточно-Антарктической докембрийской платформы с длительной историей формирования в качестве сложно построенного континентального блока. Глубинный состав земной коры составляют разновозрастные образования, определяющие и влияющие на регистрируемые геофизические поля. Для создания и детализации проекта геодинамического полигона нами проведена



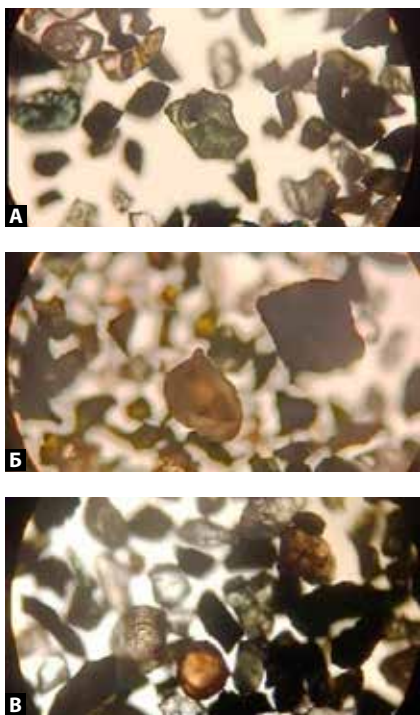


Рис. 9. Минералы шлиховых проб в бинокляре:

**А** – гранат, эпидот, ильменит;  
**Б** – эпидот, гранат, пирротин;  
**В** – гранат, пирротин, ильменит.  
 Увеличение в 10 раз

геомагнитная съемка и обобщены данные, полученные на участке немагнитного павильона. Интерпретация краткопериодных и суточных вариаций геофизических полей и имеющихся геологических сведений позволит изучить протекание современных тектонофизических процессов в земной коре и оценить активность элементов разломной тектоники.

Рекогносцировочные радиометрические исследования участка выхода горных пород пешеходной радиометрической съемкой с регистрацией гамма-поля радиометром СРП-68–01 свидетельствуют о широком диапазоне его изменения от среднефоновых до повышенных значений, а также участков с аномальными показателями, обусловленными выходом на поверхность пород древнего архейского возраста, богатых на радиоактивные элементы. Для дальнейшего исследования природы естественной радиоактивности необходимо выполнить спектральную съемку и лабораторные изучения горных пород.

Впервые в полярных условиях нами проведено рекогносцировочно-опытное изучение по шлиховой съемке на 2 опытных участках Вечернегорской площади с отбором и первичной полевой обработкой проб на каждом из них. Дальнейшими лабораторными работами в стационарных условиях по промывке, доводке шлиховой пробы для анализа установлены значительные концентрации железорудных материалов практически во всех образцах. На составленных картах намечены пути сноса обло-

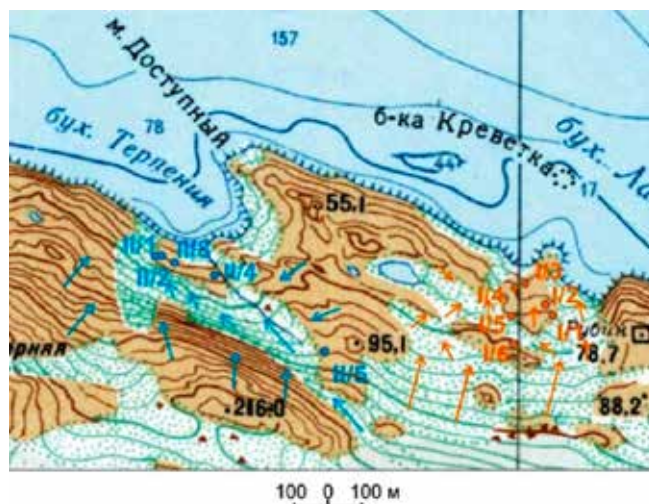


Рис. 10. Карта отбора образцов на участке шлихового опробования. Стрелками указаны направления сноса обломочного материала

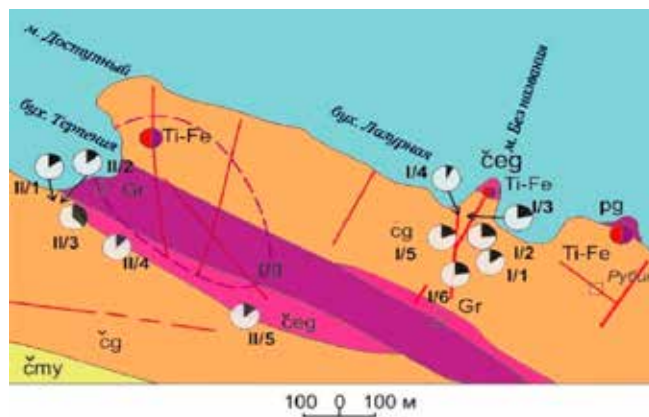


Рис. 11. Карта шлихового опробования двух опытных участков (указано процентное содержание магнитной фракции)

мочных пород. Полученные данные будут использованы в дальнейшем при комплексном геолого-геофизическом изучении территории, для определения наиболее представительных участков и методов их изучения по оценке минерагенического потенциала. ■

#### СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Г.И. Каратаев, О.В. Мясников. Рекогносцировочные геофизические исследования Белорусской антарктической экспедиции 2008/2009 гг. // Литасфера. 2010. №1 (32). С. 111–115.
2. О.В. Мясников. Геология и гидрография участка гора Вечерняя (холмы Тала) // Научные результаты геолого-геофизических исследований в Антарктиде. Вып. 3. СПб. ФГУП «ВНИИ Океанология». 2011. С. 37–59.
3. Гарецкий Р.Г. Глубинное строение и тектоника Земли Эндерби (Восточная Антарктида) / Р.Г. Гарецкий, Г.И. Каратаев // Мониторинг состояния природной среды Антарктики и обеспечение деятельности национальных экспедиций: матер. 1-й Междунар. науч.-практ. конф., г.п. Нарочь, 26–29 мая 2014 г. / Минск, 2014. С. 41–46.



**Любовь Шумская,**  
профессор кафедры  
инноватики  
и предпринимательской  
деятельности  
экономического  
факультета БГУ, доктор  
психологических наук,  
профессор

# НАУЧНАЯ ДЕЯТЕЛЬНОСТЬ И ПРЕДПРИНИМАТЕЛЬСТВО

Одно из ключевых условий эффективности научной и научно-технической деятельности, ее нацеленности на повышение конкурентоспособности отечественной экономики — коммерциализация инновационных идей, их воплощение в социально востребованный продукт. Следует особо подчеркнуть, что формирование благоприятных условий для этого — один из приоритетов государственной политики Республики Беларусь в области науки. Созданы нормативные и правовые основы для коммерциализации ее результатов, разработан государственный реестр прав на них, сформирована соответствующая инфраструктура: центры трансфера технологий, научно-технологические парки, Национальный центр интеллектуальной собственности, Центр содействия коммерциализации объектов интеллектуальной собственности.

Однако на данный момент остается открытым ряд вопросов, касающихся регламентации взаимодействия науки и бизнеса. Так, нет достаточной правовой базы для обеспечения легитимных механизмов инвестирования бизнесом научных разработок востребованных на рынке товаров и услуг. Отсутствуют меры по стимулированию коммерческих организаций, участвующих в финансировании научных программ и отдельных проектов. Сохраняется проблема недостаточной кооперации предприятий реального сектора и собственно разработчиков инноваций, ученых и исследователей, есть настороженность и недоверие к продуктивности такого сотрудничества. В то же время при отсутствии согласованности между данными субъектами внедрение в практику инновационного продукта, который полностью отвечал бы требованиям заказчика, по нашему мнению, труднодостижимо.

Ключевым препятствием для вовлечения научного работника в процесс коммерциализации выступает существующий дисбаланс между уровнем его компетентности в своей области и в сфере предпринимательства, нацеленной на практическое внедрение созданных им продуктов. Можно констатировать, что на данный момент фактически отсутствуют как теоретические подходы к анализу проблемы предпринимательской компетентности ученого, так и разработанные стратегии ее практической реализации.

В традиционном понимании наука — это область человеческой деятельности, направленная на получение и систематизацию новых, объективных знаний о действительности. Ее главными действующими акторами выступают ученые и исследователи.

Несмотря на относительную условность в дифференциации этих понятий, различают их самостоятельное функциональное назначение.

Ученый – это высококвалифицированный специалист, имеющий ученые степени и звания, подтверждающие его эрудированность и компетентность в определенной области науки. Его миссия состоит в том, чтобы систематизировать новые знания с целью их практического применения.

В свою очередь исследователь – также специалист высокой квалификации, занимающийся изучением и анализом определенных научных проблем, что позволяет добывать интеллектуальный багаж.

Объединяющим началом их деятельности выступает актуальность реализации себя в следующих ключевых ролях:

- *творца-эвриста, открывающего новую страницу в необъятной книге мироздания;*
- *интеллектуала, находящего оптимальные способы решения научно-исследовательских задач;*
- *эрудита, осуществляющего процесс исследования на основе глубокого анализа своей области и осведомленности в смежных сферах науки.*

Безусловно, комплекс функциональных ролей ученого не ограничивается только 3 указанными диспозициями. При более углубленном рассмотрении этот перечень может быть органично дополнен и обогащен [2]. Сложность и многообразие научной деятельности предполагает позиционирование ученого и как лидера в определенной области исследований, аналитика и интегратора процесса научного познания, и как воплощение ряда других ипостасей.

В обсуждаемом нами контексте на повестку выдвигается вопрос об актуальности включения в структуру комплекса ролей ученого его предпринимательского функционала как важного элемента человеческого капитала [4]. Речь прежде всего идет о бизнес-компетентности научного работника, которая, по мнению ряда исследователей (Р.М. Белбин, О.С. Дейнека, А.Л. Журавлев, Е.К. Завьялова, Е.К. Климова, А. Менегетти, В.П. Позняков, Л.Г. Почебут, В.Н. Чикер, А.Е. Чирикова), выступает залогом его готовности к участию в воплощении научной идеи в инновационный продукт [1].

Операционально она может быть охарактеризована посредством следующих компетенций:

- *осведомленность о перспективах развития предпринимательства в Республике Беларусь и его особенностях в научной сфере;*
- *владение основами коммерциализации как разновидностью экономической деятельности;*

- *искусство коммуникативного взаимодействия и эффективного командообразования;*
- *навыки продвижения полученного результата в сферу производства.*

Данный набор не является исчерпывающим. Отсюда важность понимания того, какой индикатор может рассматриваться в качестве инварианта предпринимательской компетентности. Им, по нашему мнению, выступает категория «предприимчивость» как интегральное личностное качество, олицетворяющее способность воплощать идею в реальный продукт [3].

Предприимчивость выражается в целеустремленности и ответственности личности, стремлении бороться и побеждать, потребности в самоактуализации и общественном признании, преобладании мотива достижения над мотивом избегания неудач. В интеллектуальной сфере это качество выражается в способности к принятию решений, креативности, обучаемости, адекватности самооценки. Его поведенческий аспект проявляется в инициативе и исполнительности личности, коммуникабельности и лидерстве, решительности и готовности к риску.

Предприимчивость способствует развитию позитивной мотивации по отношению к избранной профессиональной деятельности, удовлетворенности достигнутыми результатами, стимулирует оценку труда как ценности, и в конечном итоге формирует чувство собственного достоинства личности. Создание конкурентоспособной экономики объективно влечет за собой необходимость появления общества предприимчивых граждан, которые воспринимают выполняемую деятельность как собственное дело, созданное их созидательными усилиями. В этом подходе кроются истоки стимулирования новой мотивации труда – мотивации достижений и успеха.

Предпринимательская компетентность – относительно новая компонента личностной структуры ученого и исследователя. Ее актуализация обуславливается все более возрастающей значимостью предпринимательских инициатив во всех сферах общественного производства, включая научную. Однако сложившийся стереотип восприятия науки как престижной и уникальной разновидности человеческой деятельности, основанной на творческой самореализации личности, требующей полной самоотдачи, принадлежность ученого к элитарной академической или образовательной среде, существенные расхождения в социальном и функциональном назначении науки и бизнеса выступают серьезным барьером интеграции этих сфер.

Так, согласно полученным нами данным, ключевыми препятствиями участия молодых ученых



в коммерческой реализации инновационных проектов выступают:

- закрытость научной сферы;
- отсутствие необходимого опыта коммуникативного взаимодействия с представителями деловой, в том числе предпринимательской среды;
- неразвитость навыков командообразования, проектно-командной деятельности;
- несформированный репутационный ресурс молодого ученого;
- разбалансированность ценностных приоритетов научной работы, а именно, соотношения значимости прагматических, нравственных и патриотических ценностей [3].

Обращаясь к предмету нашего обсуждения и осознавая сложность указанных противоречий, важно подчеркнуть, что речь идет не о механическом наложении этих видов деятельности либо их подмене. Вопрос в сотрудничестве и взаимодействии сторон, понимании процесса производства и масштабирования инновационного продукта как совместно распределенной задачи. Для обеих сторон здесь первостепенно глубокое осознание логики данного процесса, понимание возникающих при этом рисков, устойчивости спроса, социальной и экономической целесообразности продукта.

Так, например, если речь идет о совместном запуске стартапа, то есть нового производства, основанного на научной разработке инновационной идеи, то предварительно должна быть четко разработана стратегия ее реализации, включающая в себя следующие элементы:

- сильную команду профессионалов;
- знание рынка и целевой группы потребителей продукта;
- наличие прототипа (опытного образца);
- финансовые ресурсы (стартовый капитал);
- наличие инвестора;
- патенты, обеспечивающие охрану объекта интеллектуальной собственности;
- наличие экспертов;
- государственную поддержку;
- потенциальных заказчиков;
- участие в распределении доходов.

Таким образом, деятельность современного научного работника может быть существенно обогащена посредством участия в процессе коммерциализации продуктов научных изысканий. Успешному решению этой задачи будет способствовать реализация таких условий, как:

- подготовка комплекса научно обоснованных рекомендаций по оптимизации процесса

управления знаниями исследователя (психограмма, профессиограмма);

- совершенствование содержания магистерской и аспирантской подготовки, а также форм дополнительного образования;
- разработка механизмов экономического стимулирования ученого и исследователя в сфере коммерциализации инновационного научного продукта;
- снятие существующих барьеров для внедрения научным работником своих результатов;
- дальнейшее развитие имеющейся в Республике Беларусь инфраструктуры сопровождения коммерциализации научного продукта;
- развертывание исследований по выявлению механизмов формирования новой мотивации труда и профессиональной деятельности, в том числе мотивации достижений, успеха, одобрения, социального и духовного развития личности;
- активизация в общественном сознании представлений о назначении и сущности инновационного движения и требованиях к его потенциальным участникам. На наш взгляд, важна допустимая, в пределах возможного, открытость и пропаганда инновационных разработок, успешных стратегий и практик;
- формулировка социального заказа средствами массовой информации на создание информационной продукции о национальных нововведениях с целью их пропаганды, формирования культурных образцов.

В конечном счете все предложения должны быть нацелены на разработку комплексной программы практической реализации инноваций посредством партнерского взаимодействия науки, образования, государственного и частного секторов экономики. ■

#### СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Завьялова Е.К., Посохова С.Т. Психология предпринимательства. Учебное пособие. – СПб, 2004.
2. Макаревич Р.А. Предпринимательство в структуре деятельности ученого, исследователя. Материалы XX межвузовской науч.-теор. конф. «Человек. Цивилизация. Культура». – Минск, 2016.
3. Шумская Л.И. Проблемы подготовки молодого ученого к коммерческой реализации инновационного научного продукта / Л.И. Шумская // Воспитание и обучение в современном обществе: актуальные аспекты теории и практики. Сборник научных трудов участников VI Международной науч.-практ. конф. / под общей редакцией С.В. Казначеева. – Новосибирск, 2018.
4. Bourdieu P. Oekonomisches Kapital, culturelles Kapital, soziales Kapital. – Euttingen, 1983.

# Возможности и риски цифровизации глобальных цепочек добавленной стоимости



**Татьяна Купревич,**  
доцент кафедры  
международного  
бизнеса Белорусского  
государственного  
экономического  
университета, кандидат  
экономических наук

Пандемия COVID-19 привела к коллапсу международной торговли, сломала старые модели и так или иначе затронула все звенья глобальных цепочек добавленной стоимости (ГЦДС) — от поиска сырья до конечного потребителя, обнажила уязвимые места в них, проверив на прочность тем самым коммерческую, операционную, финансовую и организационную устойчивость большинства компаний по всему миру.

Повсеместные ограничительные меры, нехватка рабочей силы, резкий рост масштабов B2B и B2C электронной торговли оказали дестабилизирующее воздействие на цепочки поставок, что привело к увеличению стоимости и сроков доставки. Фрахтовые ставки на контейнерные перевозки выросли более чем в 4 раза, причем самый существенный прирост пришелся на три первые квартала 2020 г. Но уже с 2022 г. это давление стало постепенно ослабевать. По данным межправительственного органа конференции ООН по торговле и развитию (ЮНКТАД) прогнозируется, что мировые цены на импорт и потребительские цены могут вырасти на 10,6% и 1,5% соответственно, если фрахтовые ставки останутся высокими в 2023 г., что в большей степени повлияет на конечную стоимость товаров, тесно интегрированных в ГЦДС [1].

Перебои с поставками и риск потрясений геополитического и экологического плана в будущем указывают на необходимость создания более устойчивых ГЦДС. Для решения непредвиденных, но в то же время повсеместных и всеобъемлющих по своему характеру последствий пандемии компании по всему миру начали интенсивно оцифровывать свои бизнес-процессы. Так, по информации международного консалтингового агентства McKinsey Global Institute, кризис COVID-19 ускорил процесс внедрения цифровых технологий на 2–3 года [2]. Резкий переход потребителей в начале 2020 г. в онлайн-формат вынудил субъекты хозяйствования во всех отраслях взаимодействовать с клиентами посредством цифровых каналов, но при этом темпы разработки и их использования в разных секторах отличаются. Вместе с произошедшими изменениями организационной операционной

модели, ориентированной на клиента, аналогичное ускорение затронуло основные внутренние операции, такие как бэк-офис, производство, НИОКР, взаимодействие в цепочках поставок.

Индустрия 4.0 устанавливает высокие стандарты надежности и гибкости поставок сырья, промежуточных продуктов, готовых деталей и других товаров, что стало особенно критичным в условиях кризиса, вызванного пандемией COVID-19. Согласно результатам исследования, проведенного компанией Huawei Technologies, страны с более высоким уровнем развития цифровых технологий способны быстрее реагировать на этот вызов, используя инструменты цифровой трансформации для ослабления на 50% негативного воздействия на рост ВВП на душу населения [3]. Это объясняется тем, что предприятия с более высокими показателями цифровизации могут активнее влиять на сдерживающие экономическое развитие эффекты пандемии COVID-19, смягчать ее последствия, блокировки и социальное дистанцирование, внедряя модели распределенной рабочей силы, переходя на платформы электронной коммерции и цифровой трансформации операций для обеспечения непрерывности бизнес-процессов.

Вместе с тем повышенные требования к эффективности управления цепочками поставок обуславливают необходимость наличия соответствующего уровня цифровизации операционной деятельности. В этой связи цифровые технологии неизбежно занимают одну из ключевых позиций, позволяя снизить затраты на организацию и осуществление перевозок, повысить конкурентоспособность компании, улучшить качественные показатели транспортно-экспедиторских и логистических услуг. Последние как неотъемлемая часть цепочки добавленной стоимости должны не только поддерживать запросы, предъявляемые Индустрией 4.0, но и быть драйвером для них. По нашему мнению, целесообразно выделить преимущества цифровизации в этом секторе для основных участников международных грузоперевозок (таблица).

Благодаря таким разработкам цифровой экономики, как беспилотные летательные аппараты (БПЛА), самоуправляемые грузовые автомобили, 3D-печать произошло расширение возможностей доставки. Традиционно она почти полностью зависит от участия человека, аккумулируя в себе большую часть издержек, и, в конечном счете, определяет удовлетворенность потребителя от покупки.

К примеру, беспилотники способны обеспечить более быструю, дешевую (около 25%) и низкую эмиссию (около 90%) поставок за счет исключения дорожной транспортировки из стоимости доставки. Тем не менее сегодня они осуществляют менее 0,5% всех поставок в мире, хотя, по оценкам ОЭСР, в течение 2016–2026 гг. могут принести не менее 20 млрд долл. операционной прибыли. Несмотря на определенные риски (зависимость от погодных условий, вероятность кражи) и барьеры (недоверие со стороны населения к БПЛА, сложность интеграции в существующие инфраструктуры доставки, несовершенство нормативно-правовой базы в части робототехники), уже сейчас очевидны положительные эффекты от их внедрения в цепочки поставок – снижение загруженности транспортной инфраструктуры, оптимизация транспортных потоков, сокращение времени доставки. БПЛА активно пользуются такие компании, как DHL, Amazon, Alibaba. Согласно прогнозам аналитического агентства BCG, рынок наземной беспилотной техники к 2025 г. может составить более 45 млрд долл. и будет динамично развиваться и далее. Эксперты McKinsey Global Institute считают, что к 2025–2027 гг. каждое третье грузовое транспортное средство, выходящее на европейские магистрали, будет беспилотным [5].

Таким образом, использование самоуправляемого транспорта в цепочках поставок сократит общие расходы по доставке продукции на 25–40%, затраты на топливо не менее чем на 10%, сроки доставки на 30–40%, количество аварий примерно на 3/4, а также стоимость рабочей силы (в настоящее время 42% от общего объема расходов транспортного бизнеса) на 90% [4].

Что касается внедрения 3D-печати в цепочки поставок, то это приведет к уменьшению транспортно-логистических расходов за счет сокращения количества перевозимых деталей и компонентов, при этом предпочтение отдается производствам, расположенным рядом с потребителем. Ослабление зависимости от конкретных подкомпонентов и снижение трудозатрат облегчают фирмам децентрализацию производства и содействуют их сближению с потребителями, что ведет к дальнейшей переориентации производственных стадий ГЦДС на близость к рынкам сбыта. Такие изменения минимизируют сроки и затраты на доставку и хранение, расходы на импорт/экспорт готовой продукции, ускоряют процессы решоринга. Потенциальная разница между стоимостью 3D-печати



и эквивалентной розничной ценой для настраиваемых печатных объектов, по оценкам компании DHL, составляет от 8 до 80 раз [6].

Использование передовой робототехники в сочетании с алгоритмами искусственного интеллекта также влияет на снижение затрат и ускоряет процесс распределения грузов (погрузочно-разгрузочные работы) среди конечных потребителей. Крупные фирмы в сфере электронной торговли достаточно интенсивно внедряют искусственный интеллект для оптимизации сетей хранения и распределения, а также планирования наиболее эффективных маршрутов доставки, сокращая запасы и время. В результате совершенствуется управление цепочками поставок.

Цифровые платформы повышают гибкость и устойчивость ГЦДС за счет объединения огромного числа участников, делая трансграничный поиск и координацию более эффективными и снижая барьеры для включения в цепочки поставок малых и средних предприятий. В настоящее время цифровые логистические платформы фокусируются в основном на автомобильных грузоперевозках, что обусловлено рядом причин: высокой фрагментацией (большое количество поставщиков услуг с сопоставимой силой), коммодитизацией транспортно-логистических услуг, степенью доступности и гибкости транспортных активов (например, с позиций их географического размещения), уровнем спроса на прямое взаимодействие с грузоотправителем.

Применение технологии блокчейн обеспечивает более оперативное, прозрачное и безопасное администрирование отдельных процессов ГЦДС – ускорение пограничных и таможенных процедур, повышение прозрачности и возможностей аудита, улуч-

шение координации между организациями, органами власти и заинтересованными сторонами, участвующими в трансграничной торговле. Кроме того, наличие умных контрактов позволяет автоматизировать определенные процессы при условии соблюдения соответствующих условий, внесенных в распределительный реестр (дата истечения срока действия, цены опционов на покупку и др.), что повышает надежность транзакций и общую результативность бизнеса. Согласно исследованиям консалтинговой компании Gartner, блокчейн обеспечит добавленную стоимость в размере 176 млрд долл. к 2025 г. и 3,1 трлн долл. к 2030 г. во всех отраслях экономики. В то же время транснациональная корпорация Morgan Stanley прогнозирует возможность получения дохода порядка 1 млрд долл. от технологии блокчейн за счет внедрения программного обеспечения для управления цепочками поставок [4].

Однако реализовать обозначенные потенциалы можно будет только при условии решения ряда ключевых вопросов, в числе которых масштабируемость технологии блокчейн, совместимость программных средств и нормативно-правовая база в сфере ГЦДС. Так, в настоящее время все еще существует техническая проблема ограниченной масштабируемости технологии блокчейн из-за предопределенности размера блоков данных информации и недостатков в сфере энергопотребления. Несмотря на разработку новых алгоритмов, многие из которых отходят от концепции блоков и становятся более быстрыми и менее энергоемкими, а потому легче поддаются масштабированию, высокий уровень энергопотребления данной технологии – одно из главных препятствий для ее внедрения.

Государство	Грузополучатели / грузоотправители	Перевозчики
<b>Прозрачность перевозок</b>		
Недопущение монополизации отдельных транспортных услуг	Сокращение затрат на поиск более выгодных условий перевозки	Сокращение количества простоев и задержек транспорта
Снижение уровня коррупции в транспортной отрасли	Уменьшение стоимости доставки за счет расширенной конкуренции среди перевозчиков	Автоматизация рабочих мест
<b>Повышение сохранности грузов</b>		
<b>Упрощение транзакций и документооборота</b>		
Более точное прогнозирование рыночной ситуации для оптимизации цепочки поставок		
Сокращение сроков поставки товаров и услуг, непосредственно отвечающих потребностям клиентов		
<b>Снижение риска структурных или организационных ошибок в выполняемых процессах</b>		
Возможность принятия автономных решений всеми пользователями системы		

Таблица. Преимущества цифровизации транспортно-логистических услуг. Источник: [4]

Еще одна проблема – угроза безопасности. Хотя по сравнению с традиционными базами данных блокчейн обладает большей устойчивостью в силу своего децентрализованного и распределенного характера, а также использования криптографических методов, он в полной мере не защищен от традиционных угроз, в частности от роста квантовых вычислений в долгосрочной перспективе. Отметим, что постквантовые алгоритмы, которые были бы устойчивы к квантовым вычислениям, активно исследуются.

Ключевой проблемой, стоящей перед технологией блокчейн, остается функциональная совместимость, то есть возможность взаимодействия программных и аппаратных средств как на техническом, так и терминологическом уровне. Разрабатываемые многочисленные платформы используют интерфейсы и алгоритмы, зачастую несовместимые («проблема цифровых островов»).

Еще одно узкое место – разработка нормативно-правовой базы, которая признает юридическую силу транзакций блокчейн, разъясняет существующие законодательства и обязательства, регулирует способы использования и доступа к данным. Решающее значение придается созданию правовых актов, которые признают электронные подписи, документы и транзакции, в частности транзакции блокчейн, действительными, что сегодня поддерживается правительствами большинства стран, но многое в этом направлении еще предстоит сделать.

Цифровые технологии расширяют весь спектр операций в рамках глобальных цепочек поставок. Аналитики Всемирного экономического форума полагают, что экономический эффект от цифровизации транспортных и логистических услуг может быть оценен в течение 2016–2025 гг. в 1,5 трлн долл., а социальный эффект – в 2,4 трлн долл. Эти результаты могут быть достигнуты в том числе за счет предотвращения пробок и аварий на дорогах, роста объемов трансграничной торговли из-за применения цифровых платформ, уменьшения стоимости услуг путем повышения коэффициента технического использования. Внедрение технологий цифровой экономики в глобальные цепочки поставок позволит получать и определенный экологический эффект – снижение уровня выбросов углекислого газа на 10–12% к 2025 г. [7].

Несмотря на потенциальные выгоды от цифровизации, они не достигаются автоматически ни на одном из уровней. В процессе ее развития возникает ряд рисков и проблем:

- *неполнота или непоследовательность нормативно-правовой базы, отсутствие институциональной инфраструктуры;*
  - *угроза безопасности данных. Так, для организаций и государственных органов существует опасность взлома компьютерных систем, кражи личных данных, другой важной информации и мошенничества в связи с этим; для пользователей подключенных приложений – риск нарушения неприкосновенности частной жизни, а также возможной «рыночной власти» потребителей;*
  - *потенциальное сокращение рабочих мест, структурное изменение рынка труда. По прогнозу аналитиков McKinsey Global Institute, к 2025 г. роботы и автоматизированное ПО будут в состоянии заменить около 140 млн «белых воротничков» по всему миру, что способно спровоцировать социальную и экономическую нестабильность;*
  - *технологические риски;*
  - *недостаточное количество квалифицированных кадров в связи с происходящими изменениями, а также невысокий уровень осведомленности о процессе внедрения и использования ИКТ;*
  - *увеличение разрыва между уровнем экономического и технологического развития стран, разных групп населения в зависимости как от экономического благосостояния, так и способности активно участвовать в процессе цифровизации, что может привести к цифровому неравенству;*
  - *сложность измерения и оценки выгод в связи с «невидимостью» цифровой экономики;*
  - *издержки, связанные с ненадежным и дорогостоящим энергообеспечением.*
- Основными факторами, сдерживающими международное регулирование цифровой экономики в целом и цифровой трансформации ГЦДС в частности, по нашему мнению, являются:
- *опережающие темпы развития современных технологий в преддверии создания правового поля;*
  - *отсутствие в правовой системе государств стандартизации в области цифровой торговли;*
  - *разноскоростное движение стран в реализации цифровой повестки;*
  - *асимметрия информации о перспективах и рисках цифровой экономики и ее технологиях;*
  - *установление странами-лидерами барьеров в области цифровой торговли с целью защиты своих позиций.*

Вместе с тем консалтинговая компания Gartner определила уязвимость цифровой цепочки поставок как новую угрозу и 1 из 7 основных трендов в области безопасности и управления рисками, прогнозируя, что к 2025 г. 45% компаний по всему миру столкнутся с атаками на программное обеспечение своих цепочек поставок, что в 3 раза больше, чем в 2021 г. [8].

Соединение многих прорывных технологий цифровой экономики с цепочкой поставок находится на начальном этапе формирования, однако уже в этом виде они способны помочь компаниям ослабить зависимость от посредников, минимизировать издержки при возмещении расходов и обеспечить более эффективную пакетную обработку и маршрутизацию грузов. Принятие новых технологий для поддержки основных бизнес-процессов предоставляет компаниям больше возможностей в области создания добавленной стоимости. Они постепенно становятся основным инструментом дифференциации услуг, увеличения доходов и оптимизации издержек.

Следует отметить, что цепочки создания стоимости услуг продолжают расти в торговле и развиваться в глобальном масштабе, даже когда цепочки создания стоимости товаров сокращаются. Кроме того, торговля услугами по сравнению с торговлей товарами охватывает весь земной шар и имеет меньшую региональную концентрацию. Тем не менее сегодня важнейшей проблемой международной торговли услугами остается повышение их стоимости. В то же время влияние технологий цифровой экономики на внешнеторговые потоки товаров и услуг не такое однозначное. Одни достижения, например цифровые платформы, блокчейн и Интернет вещей, будут и впредь способствовать снижению транзакционных и логистических издержек. Другие в некоторых случаях смогут сокращать торговые потоки либо путем экономических преобразований и переноса производства, либо изменением номенклатуры товаров и услуг. Имеющиеся вероятные сценарии не исключают, что следующая волна технологий способна ослабить глобальную торговлю товарами, продолжая при этом подпитывать потоки услуг. Благодаря цифровой трансформации расширяется спектр услуг, которые могут быть предоставлены в цифровой форме, эта тенденция сохранится и в будущем.

Таким образом, несмотря на наличие ряда сдерживающих факторов цифровой трансформации ГЦДС, таких как риски информационной безопасности, цифровой разрыв между странами, недостаточный уровень кооперации участников рынка

транспортно-логистических услуг, отсутствие массовых типовых IT-решений и их относительная дороговизна, сложность интеграции новых технологий в существующие инфраструктуры, необходимость унификации процессов в разных странах, неразвитость правового обеспечения на международном, региональном и национальном уровнях, цифровые технологии, применяемые в ГЦДС и цепочках поставок, продолжают совершенствоваться. Интернет вещей повышает эффективность процесса грузоперевозок, отслеживая поставки в режиме реального времени, искусственный интеллект направляет их исходя из текущих дорожных условий, автоматическая обработка документов ускоряет таможенные и пограничные процедуры, использование в портах автономных транспортных средств позволяет выгружать, штабелировать и перезагружать контейнеры в более сжатые сроки и с меньшим количеством ошибок.

К положительным, прикладным задачам цифровой трансформации глобальных цепочек добавленной стоимости можно отнести устранение либо значительное сокращение трудовых, временных, финансовых, транзакционных затрат, упрощение существующих либо внедрение новых бизнес-моделей для исключения информационной асимметрии и обеспечения прозрачности всех процессов в целях их эффективного функционирования. ■

#### СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. IMF: Global shipping costs are easing but pressures remain Accenture / World Economic Forum // <https://www.weforum.org/agenda/2022/01/global-shipping-costs-inflation-prices-trade>.
2. How COVID-19 Has Pushed Companies over the Technology Tipping Point – And Transformed Business Forever / McKinsey Global Institute // <https://www.mckinsey.com/business-functions/strategy-and-corporate-finance/our-insights/how-covid-19-has-pushed-companies-over-the-technology-tipping-point-and-transformed-business-forever>.
3. Shaping the New Normal with Intelligent Connectivity. Mapping your transformation into a digital economy with GCI 2020 / Huawei Technologies // [https://www.huawei.com/minisite/gci/assets/files/gci\\_2020\\_whitepaper\\_en.pdf?v=20201217v2](https://www.huawei.com/minisite/gci/assets/files/gci_2020_whitepaper_en.pdf?v=20201217v2).
4. Цифровая трансформация международного бизнеса / Т. С. Купревич, Г. В. Турбан. – Минск, 2022.
5. Прорывные технологии, которые изменят мир / Docplayer // <http://docplayer.ru/78221978-Globalnyy-institut-mckinsey-proryvnye-tehnologii-kotorye-izmenyat-mir.html>.
6. Купревич Т. С. Экономические эффекты и проблемы цифровой трансформации международных грузоперевозок // Наука и инновации. 2019. №10. С. 45–49.
7. Delivering change: digital transformation in logistics / World Economic Forum // <http://reports.weforum.org/digital-transformation/delivering-change-digital-transformation-in-logistics>.
8. Gartner Identifies Top Security and Risk Management Trends for 2022 / Gartner // <https://www.gartner.com/en/newsroom/press-releases/2022-03-07-gartner-identifies-top-security-and-risk-management-trends-for-2022>.



# ВЫХОД БЕЛОРУССКИХ ЭКСПОРТЕРОВ НА РЫНКИ ИНДОНЕЗИИ И МАЛАЙЗИИ

**Павел Шведко,**  
заведующий сектором  
экономики зарубежных  
стран Института  
экономики  
НАН Беларуси



**Екатерина Тавгень,**  
научный сотрудник  
Института экономики  
НАН Беларуси



По мнению международных экспертов, к 2025 г. 60% мирового экономического роста будет обеспечиваться за счет азиатских стран, а АСЕАН станет 4-м по величине рынком к 2030 г. Поэтому выстраивание внешнеторговых связей с азиатскими государствами, которые являются региональными лидерами, имеет для Беларуси особое значение. Эти страны стремятся позиционировать себя как «ворота» в АСЕАН, предлагая различные стимулы, и выступают идеальным тестовым рынком для зарубежных фирм, желающих вести деятельность и в других государствах – членах интеграционного объединения. Индонезия и Малайзия располагают большим количеством квалифицированных кадров, развитой инфраструктурой и эффективными логистическими сетями, благоприятной нормативно-административной средой и выгодным географическим местоположением.

## Республика Индонезия



Республика Индонезия – крупнейшая в Юго-Восточной Азии и 16-я по величине экономика мира, 4-я по численности населения полиэтническая страна с наибольшим количеством проживающих мусульман, насчитывающая более 300 групп народностей. После

Индии и Китая это самый быстрорастущий потребительский рынок в мире с ВВП на душу населения в размере 3894 долл. [1]. Входит в группу государств со средним уровнем доходов и значительным прогрессом в развитии.

К благоприятным факторам ведения экономической деятельности с Индонезией можно отнести: богатство природных ресурсов (уголь, нефть и медная руда, сельскохозяйственные культуры); благоприятную демографическую ситуацию благодаря молодому населению (в период с 2030 по 2040 г. люди трудоспособного возраста будут составлять 64% жителей); низкие затраты на рабочую силу; емкий внутренний рынок; активное развитие туристической сферы (5,8% ВВП).

Индонезия открыта для внешней торговли, на которую приходится 43% ВВП. Основные статьи экспорта – минеральное топливо, животные

и растительные жиры и масла, электрические машины, транспортные средства и каучук. Импортируются преимущественно минеральное топливо и нефтепродукты, компьютеры, электронное оборудование, железо и сталь [2]. Индонезия считается 2-м крупнейшим в мире поставщиком энергетического угля, используемого на электростанциях, и продает его главным потребителям: Китаю и Индии. Другие торговые партнеры включают Японию, США, Сингапур и Таиланд.

Спрос в Индонезии на товары – особенно на продукты питания, медицинские товары, электроэнергетическое оборудование, ИКТ – и амбициозная программа инвестиций в инфраструктуру открывают новые возможности для иностранных поставщиков, в том числе и белорусских.

Правительство Индонезии ставит своей целью повышение экономической активно-

сти и сокращение неравенства в доходах на всем архипелаге. Развитие инфраструктуры, особенно морской, авиационной и автотранспортной для соединения островов и сельских районов с крупными городами, находится в центре внимания: на протяжении многих лет порядка 19% государственных расходов выделялось на соответствующие проекты [3]. Для иностранного бизнеса имеются перспективы по участию в строительстве портовых сооружений и предоставлении технологических решений, способствующих повышению эффективности их работы. Возможности для зарубежных компаний также существуют в проектах по водоснабжению, очистке сточных вод, мониторингу наводнений и смягчению их последствий. Ввиду нехватки площадей и электричества проекты по выработке энергии с использованием отходов стали ключевыми.

Год	Экспорт товаров, млн долл.	Импорт товаров, млн долл.	Внешнеторговый оборот, млн долл.	Сальдо внешней торговли, млн долл.
2011	160,9	58,3	219,2	102,6
2012	90,8	42,1	132,9	48,7
2013	90,6	38,1	128,7	52,5
2014	190,2	2,8	193,0	187,4
2015	168,9	24,2	193,1	144,7
2016	169,2	19,8	189,0	149,4
2017	132,3	23,7	156,0	108,6
2018	227,3	30,4	257,7	196,9
2019	179,1	28,8	207,9	150,3
2020	142,6	38,0	180,6	104,6
2021	6,0	29,6	35,6	-23,6

Объемы внешней торговли товарами Республики Беларусь с Республикой Индонезия в 2011–2021 гг. Источник: [2]

Сельское хозяйство имеет большое значение для экономики Индонезии: на его долю приходится 50% общей занятости и 14% ВВП [4]. Достижение самообеспеченности остается главным приоритетом. Национальная стратегия развития страны предусматривает расширение фермерских хозяйств, повышение добавленной стоимости сельскохозяйственного производства при одновременном сокращении импорта продовольственных товаров. Индонезия сильно зависит от ввоза зерна, мяса, сахара-сырца и других категорий продуктов.

Перспективные направления для активизации сотрудничества охватывают: разведение племенного, молочного, убойного скота; селекционные программы и технологии искусственного осеменения; оснащение откормочных площадок и скотобоен, оборудование для погрузки и разгрузки мяса. Другие возможности включают в себя: экспорт овощей (брокколи, брюссельская капуста, морковь, свекла, белокочанная капуста); современные технологии культивирования и посадки, органического земледелия, выращивания в теплицах; холодильные установки и складские системы.

Практика ведения сельского хозяйства в Индонезии предоставляет иностранным фирмам возможности для внедрения новых технологий в широком спектре подсекторов: от водоснабжения и ирригационных систем, использования удобрений, обеспечения устойчивости семян, послеуборочных технологий для повышения урожайности и качества продукции до решений в обла-

сти переработки, упаковки, хранения и транспортировки. Правительство стремится улучшить производительность на фермах и в цепочке поставок. Кроме того, существует спрос на ингредиенты для местной пищевой промышленности.

Индонезия продолжает играть важную роль в рамках мировой добычи полезных ископаемых благодаря значительным запасам угля, меди, золота, олова и никеля. Горнодобывающая и нефтегазовая промышленность вместе составляют около 10% ВВП [5], поэтому перспективен экспорт горно-шахтного и транспортного оборудования, соответствующих технологий. Страна также считается удачной стартовой площадкой для взаимодействия с другими рынками АСЕАН, поскольку многие добывающие компании с главным офисом в Джакарте имеют прочные связи с ключевыми региональными игроками в данном секторе.

Строительство электростанций, линий передачи и распределения электроэнергии в Индонезии предоставляет благоприятные возможности для белорусских компаний. Индонезийские контрагенты заинтересованы в приобретении турбин и их деталей, оборудования для подстанций, трансформаторов, микросетей, систем измерения и учета, распределительного оборудования, технологий интеллектуальных энергосистем, энергосберегающих технологий. Однако иностранным фирмам следует учитывать отсутствие прозрачности при принятии решений государственными ведомствами и требование о содержании местных компонентов.

Хотя экономика архипелага растет устойчивыми темпами, имеет место неравномерное распределение между городскими и аграрными районами медицинских услуг. Чтобы удовлетворить спрос на них, а также улучшить доступ бедных слоев общества и сельского населения к стационарному лечению, около 85% рынка медицинского оборудования и услуг приходится на импорт [5]. Закупаются преимущественно хирургические инструменты; ультразвуковые аппараты; комплексы для радио-, химио- и иммунотерапии; лабораторное оснащение для диагностических тестов. Следует отметить, что правительство Индонезии запрещает ввоз бывшего в употреблении медицинского оборудования.

Годовой оборонный бюджет государства оценивается в 8,2 млрд долл. [4]. В настоящее время проводится капитальный ремонт военных мощностей. Есть потенциал для поставок военной техники, систем связи, запчастей.

Использование услуг местного агента или партнера – обязательное условие для эффективного проникновения на рынок. Компетентный импортер с хорошей репутацией не только снабдит знаниями о возможностях поставок продукта, но и поможет в создании плана его продвижения. Кроме того, многие правительственные тендеры присуждаются на основе опыта успешного взаимодействия с поставщиком или хороших отношений между государственным ведомством и местным агентом или дистрибьютором. Наценка импортера на ввозимые товары обычно составляет 10%, дистрибьютора – варьируется в зависимости



от рыночных условий, например доступности продукта.

Многие индонезийские клиенты предпочитают сотрудничать с иностранными компаниями, имеющими местные представительства в стране. Это повышает их уверенность при взаимодействии с зарубежными партнерами относительно послепродажного обслуживания. К тому же такие структуры часто требуются для участия в тендерах, поэтому фирмам, желающим обеспечить устойчивый бизнес в Индонезии, следует рассмотреть возможность создания подобных точек.

Индонезийский рынок характеризуется чувствительностью к ценовому фактору, особенно в условиях жесткой конкуренции со стороны Сингапура, Китая, Японии, Австралии, Республики Корея, России, Франции. Белорусские компании должны быть конкурентоспособными с точки зрения инновационности продуктов и механизма ценообразования.

## Малайзия



Полуостровное государство Малайзия протянулось вдоль Малаккского пролива – одного из самых экономически и политически важных морских путей

в мире. Пользуясь данным преимуществом, страна смогла превратить свою сельскохозяйственную и горнодобывающую базу в начале 1970-х гг. в конкурентоспособную экономику, 4-ю по величине в Юго-Восточной Азии с уровнем доходов выше среднего, где на сектор услуг и промышленность сейчас приходится более 75% ВВП.

К благоприятным факторам ведения экономической деятельности можно отнести: членство в АСЕАН, низкий уровень инфляции, эффективную деловую среду, диверсифицированную экспортную базу, растущий внутренний спрос, который смягчает негативные воздействия внешних шоков, значительные расходы на НИОКР [6].

Важную роль в росте доходов сыграла открытость для инвестиций: около 40% рабочих мест в Малайзии связаны с экспортной деятельностью. На долю внешней торговли приходится около 130% ВВП страны. Малайзия в основном

Год	Экспорт товаров, млн долл.	Импорт товаров, млн долл.	Внешнеторговый оборот, млн долл.	Сальдо внешней торговли, млн долл.
2011	60,7	85,7	146,4	-25,0
2012	117,9	105,3	223,2	12,6
2013	60,1	103,5	163,6	-43,4
2014	150,5	14,8	165,3	135,7
2015	110,6	45,4	156,0	65,2
2016	105,4	55,5	160,9	49,9
2017	119,4	53,4	172,8	66,0
2018	170,9	62,9	233,8	108,0
2019	83,1	53,9	137,0	29,2
2020	118,1	55,5	173,6	62,6
2021	6,4	56,9	63,3	-50,5

Объемы внешней торговли товарами Республики Беларусь с Малайзией в 2011–2021 гг. Источник: [2]

импортирует электронное и производственное оборудование, нефтепродукты и химикаты [2]. Экспорт электроники, нефти и газа, а также пальмового масла остается главным двигателем экономики, но при этом характеризуется вялыми темпами из-за снижения мирового спроса, особенно со стороны основных торговых партнеров – Китая и США.

Динамичное экономическое развитие и емкий потребительский рынок Малайзии открывают многочисленные коммерческие возможности для белорусских поставщиков, особенно в таких секторах, как сельское хозяйство, инфраструктура, здравоохранение, энергетика и оборона.

В краткосрочной перспективе более 80% населения Малайзии будет проживать в городах. Это один из самых высоких показателей урбанизации в АСЕАН, что потребует дополнительных усилий по расширению инфраструктуры. Речь идет о модернизации систем общественного транспорта и внедрении «зеленых» технологий. Иностранные компании, имеющие соответствующий опыт и конкурентоспособные на мировом уровне, смогут найти нишу на данном рынке. Местные авиалинии предоставляют экспортные возможности для зарубежных фирм, которые входят в цепочку поставок самолетов и запчастей, а также оборудования для их обслуживания и создания инфраструктуры аэропортов. Малазийские порты заинтересованы в приобретении систем управления и мониторинга грузов, регулирования движения судов и оборудования для дноуглубительных работ.

Производственная база оборонной отрасли обладает низким уровнем технологических возможностей, сосредоточенных на ремонте и техническом обслуживании, и опирается на развитие деловых отношений с международными подрядчиками. Постоянные территориальные претензии и конфликты с Филиппинами, Индонезией и Китаем, а также необходимость защиты Малаккского пролива подталкивают правительство к инвестированию в создание современной военной инфраструктуры и военно-морских баз, особенно в регионе Сабах.

Рынок оборонного, аэрокосмического и морского оборудования в Малайзии характеризуется высоким уровнем конкуренции. Такие страны, как Россия, Великобритания, Франция и Италия, активно продвигают свои товары и услуги в рамках государственно-частных партнерств. Закупки на военные цели во многом обусловлены политическими соображениями и не ограничиваются объективными факторами, например, наиболее выгодным соотношением цены и качества.

В течение ближайших лет частные инвестиции и расходы в секторе здравоохранения Малайзии достигнут 20 млрд долл. – 2-я позиция среди стран АСЕАН после Сингапура [7]. Это создаст потенциал для более широкого использования медицинских приборов и расходных материалов, которые по-прежнему импортируются, особенно это касается высокотехнологичных медицинских инструментов. Среди востребованных сфер – ортопедия, кардиология, космети-

ческая хирургия, дерматология, стоматология и лечение рака.

Сельское хозяйство является важным элементом экономической системы и обеспечивает 8,5% ВВП страны. Коммерческие культуры, такие как пальмовое масло, какао и каучук, выступают в качестве основного сельскохозяйственного экспорта. Малазийские фермеры также выращивают высококачественные фрукты и овощи для внутреннего сбыта. Самостоятельно удовлетворяются потребности в домашней птице, свинине и яйцах, но наблюдается значительная зависимость от импорта говядины. Государственные органы стимулируют выпуск кормов для собственного потребления, создание молочных кластеров и комплексных хозяйств по производству пальмового масла. Возможности для иностранного бизнеса, в том числе белорусского, заключаются в предоставлении молочного скота, генетического материала, систем управления кластерными фермами и технологий по повышению надоя молока, доильных аппаратов и лабораторного оборудования.

Многонациональное население Малайзии, состоящее из малайцев, китайцев и индийцев, а также экспатриантов из западных стран, обуславливает потребность в разнообразных категориях ингредиентов, напитков и товаров с сертификацией халяль. Государство, где 60% населения исповедует ислам, является емким рынком для халяльных продуктов питания, а также центром реэкспорта в другие мусульманские страны. Перед поставками мясной продукции в Малайзию зарубежный экспортер дол-

жен обеспечить проверку своих скотобоен и получить одобрение от Исламского фонда развития Малайзии (JAKIM).

В течение последних 20 лет экономическое развитие Малайзии было в значительной степени подкреплено нефтегазовым сектором, составляющим около 20% ВВП [8]. Государство – 2-й по величине производитель этих углеводородов в Юго-Восточной Азии и экспортер сжиженного природного газа в мире. Малазийские партнеры заинтересованы в приобретении технологий по повышению нефтеотдачи пластов, резервуаров для хранения и систем управления ими, технологий для продления срока службы платформ и обновления существующих мощностей. Правительством были определены следующие ключевые подсекторы: технологии бурения; робототехника и автономные подводные аппараты; вывод из эксплуатации. Эффективные иностранные фирмы могут поделиться своим опытом работы в сложных условиях, включая разработку глубоководных месторождений, а также обслуживание и эксплуатацию в удаленных районах. Внимание к экологическим проблемам также формирует нишу для сотрудничества.

Большая часть электроэнергии в Малайзии производится за счет тепловых источников, при этом 54% всей выработки осуществляется на газовых электростанциях. Существуют планы по увеличению доли энергии, получаемой из воды, биомассы, биогаза и солнца, до 13,1% от общей установленной мощности [4]. К числу инициатив, направленных на оптимизацию и эффек-

тивное использование энергии, относятся строительство энергоэффективных зданий, установка интеллектуальных измерительных устройств в жилых и коммерческих зданиях.

Иностранным компаниям, желающим вести деятельность в Малайзии, следует наладить контакты с местными поставщиками. Важно выбрать импортера, который имеет хорошую репутацию на внутреннем рынке. Ведение бизнеса в Малайзии предполагает выстраивание отношений с предприятиями, имеющими тесные связи с правительством. Зарубежные фирмы могут рассмотреть возможность тесного сотрудничества с отраслевыми ассоциациями для создания сетей и стратегий распространения продуктов.

Другие варианты выхода на малазийский рынок включают в себя: вступление в стратегический альянс с малазийской организацией через совместное предприятие или соглашение о передаче технологий; адаптацию программы обучения для местных компаний по модернизации методов производства, что может привести к закупкам товаров и обо-

рудования. Также потенциальной стратегией проникновения является установление местного присутствия, что позволит лучше понять локальную деловую среду и укрепить отношения. Однако такой подход требует больших капиталовложений и поэтому не рекомендуется в качестве первого шага.

Конкуренция на местном рынке может быть весьма жесткой, а цена выступает ключевым фактором принятия решения о покупке того или иного товара. Более дорогостоящий продукт, который отличается высоким качеством, длительным сроком службы и низкими эксплуатационными расходами, проигрывает предложению с меньшей стоимостью или с наиболее привлекательной скидкой. Ценовая доступность, выгодные варианты финансирования и наличие местного партнера имеют решающее значение при ведении бизнеса в Малайзии. Белорусским компаниям следует наделить свою продукцию отличительными особенностями, чтобы привлечь потенциальных клиентов и успешно конкурировать со множеством товаров локального и регионального производства. ■

#### СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

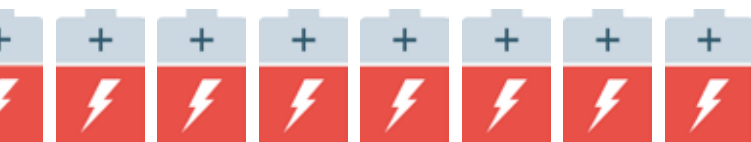
1. The World Bank in Indonesia / The World Bank // <https://www.worldbank.org/en/country/indonesia/overview>.
2. Trade Map: Trade statistics for international business development / International Trade Centre // <http://www.trademap.org/Index.aspx>.
3. Indonesia and ADB / Asian Development Bank // <https://www.adb.org/countries/indonesia/overview>.
4. Country Commercial Guides / The International Trade Administration, U.S. Department of Commerce // <https://www.trade.gov/ccg-landing-page>.
5. Indonesia: Market Profile / Australian Trade and Investment Commission // <https://www.austrade.gov.au/australian/export/export-markets/countries/indonesia/market-profile>.
6. Malaysia: Risk Assessment / Coface for Trade // <https://www.coface.com/Economic-Studies-and-Country-Risks/Malaysia>.
7. Exporting guide to Malaysia / Department for Business and Trade // <https://www.great.gov.uk/markets/malaysia/>.
8. Malaysia: Economic and Political Overview / Crédit Agricole CIB // <https://international.groupecreditagricole.com/en/international-support/malaysia/economic-overview>.

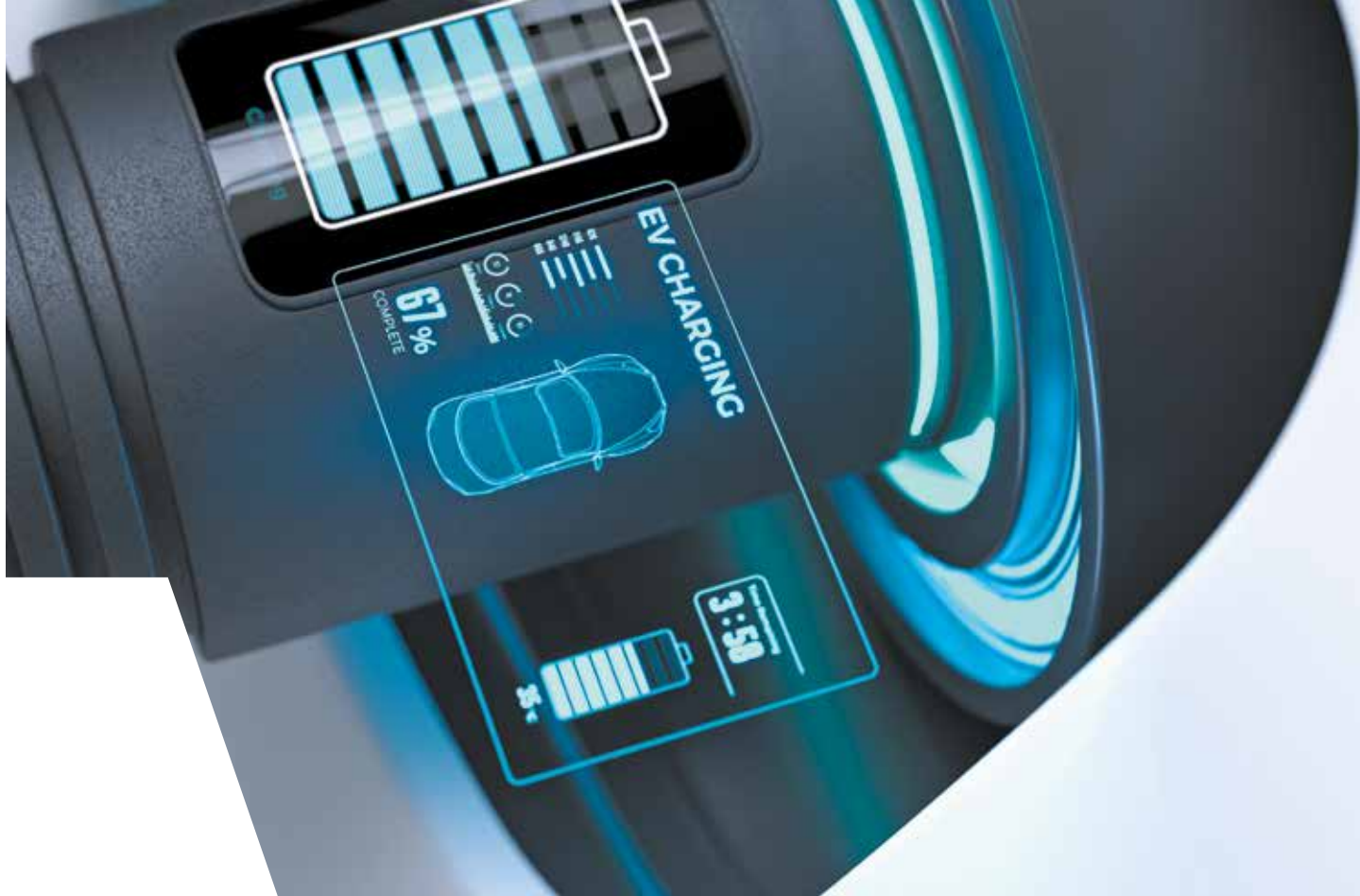


# НА ПУТИ К ПОСТ- ЛИТИЕВЫМ ТЕХНОЛОГИЯМ



Активное использование возобновляемых источников энергии, электротранспорта, телекоммуникационных и мобильных устройств обеспечили бурное развитие систем накопления электроэнергии (СНЭ), в первую очередь аккумуляторных батарей. Они выступают ключевым компонентом новой энергетики и умных энергетических технологий, мировой рынок которых неуклонно расширяется: за последние 10 лет его объем вырос почти втрое и, по прогнозам аналитиков, к 2025 г. превысит 18 млрд долл. При переходе от углеводородной энергетики в сторону зеленой генерации разработки в этой области по праву рассматриваются как продукты нового технологического уклада. О том, какие подвижки в секторе хранения энергии имеются на счету белорусских ученых, мы попросили рассказать директора НПЦ НАН Беларуси по материаловедению, члена-корреспондента Валерия ФЕДОСЮКА.





– Валерий Михайлович, какие технологии запасания электрической энергии сегодня в приоритете?

– Наиболее распространены 3 типа СНЭ: свинцово-кислотные, Li-ионные аккумуляторы и суперконденсаторы. У каждого из них есть преимущества и недостатки. Два первых функционируют на принципе окислительно-восстановительных химических реакций, в третьем реализуется физический принцип накопления заряда. Наиболее динамично развивается производство свинцово-кислотных аккумуляторов, что обусловлено относительно простой и хорошо отработанной технологией их изготовления, а также небольшой стоимостью. По остальным параметрам, таким как запасаемая энергия, глубина разряда и энергоэффективность, данные системы не рассматрива-

ются как перспективные. Суперконденсаторы по сравнению с литиевыми аккумуляторами отличаются значительной мощностью (10 и 1 кВт/кг соответственно) и большим количеством циклов «заряд-разряд», но проигрывают последним по части удельной энергии и стабильности хранения заряда. Таким образом, Li-ионные системы являются лидерами по основным эксплуатационным характеристикам, несмотря на высокую стоимость технологии и ограниченность сырьевых ресурсов.

– Какие наработки в этом направлении есть в НПП по материаловедению?

– Из-за стремительного увеличения стоимости лития и ограничения продажи сырья монополистами в области выпуска аккумуля-

торных систем усилия ученых всего мира направлены на поиск более дешевых аналогов на основе распространенных ресурсов. Сотрудниками нашего Центра был разработан новый метод синтеза графеноподобного углерода, не имеющий аналогов и обеспечивающий высокую производительность и экологичность при низкой себестоимости. Как известно, графит – основной материал анода в Li-ионных аккумуляторах, имеет слоистую структуру с малым межслоевым расстоянием. Это и позволяет иону лития как самому легкому и малому (по размеру) из металлов проникать в межслоевое пространство анода и выступать «рабочим» ионом. Наша технология позволяет расщеплять слои графита и формировать графеноподобный углерод

с уникальными свойствами: высокой удельной поверхностью, низкой плотностью, хорошей электро- и теплопроводностью. Данный материал может использоваться как эффективный сорбент гидрофобных жидкостей, полимер-углеродных систем терморегулирования, увеличивать электропроводность и равномерность распределения заряда при добавлении в электродные массы, а также – что самое главное – применяться в суперконденсаторных системах в качестве токоусъемников и электродных материалов.

Несколько лет назад в НПП по материаловедению предложена натрий-ионная технология для накопления энергии. Натрий более распространен по сравнению с литием и значительно дешевле его, к тому же принцип работы Na- и Li-ионных аккумуляторов идентичен. Но при этом необходимо разработать абсолютно новые электродные материалы и электролит, поскольку классический графитовый анод, используемый для лития, не подходит для натрия, емкость которого на порядок ниже. Но теоретически графеноподобный углерод может значительно превысить популярные аноды Li-ионной технологии.

– То есть компетенций сотрудников НПП в области новых углеродных материалов вполне достаточно для получения постлитиевого накопителя энергии?

– По этой тематике в рамках Государственной программы «Наукоемкие технологии и техника» мы выпол-

няем проект «Разработать компоненты натрий-графеновых аккумуляторов и создать на их основе прототип накопительного устройства». Его реализация проходит в период с 2022 по 2024 г. На первый год были запланированы патентный поиск, подготовка технического задания, организация участка для работы, изучение анодных материалов и подбор электролита. Для этого выделено 330 тыс. руб., значительная часть из которых потрачена на закупку реагентов и уникального лабораторного оборудования – перчаточного бокса, необходимого для формирования анодных/катодных материалов, сборки ячеек и проведения исследований. Все работы в нем проходят исключительно в высокочистой защитной атмосфере аргона с критически низкими концентрациями кислорода и воды, но, к сожалению, мизерная площадь – около 1 м<sup>2</sup> – не позволяет масштабировать процесс производства даже опытной партии ячеек для натурных испытаний хотя бы на малом электротранспорте – электросамокате.

На второй год реализации проекта предполагается исследовать катодные компоненты, отработать их синтез, подобрать электролит, определить оптимальные комбинации катод/анод/электролит, и только в 2024 г. будет разработан прототип накопителя и состоятся лабораторные испытания.

Уже на первом этапе получены хорошие результаты – созданы анодные материалы на основе графеноподобной матрицы и предложено инновационное решение

по исключению дендритообразования металлической фракции на аноде – использование жидкометаллических сплавов Na-K. Рост дендритов восстановленного металла на аноде – серьезная проблема, которая решена нашими учеными. Она является основной причиной преждевременного выхода из строя аккумуляторов с возможным воспламенением и часто встречается при применении технологий сверхмощных быстрых зарядок и при эксплуатации в условиях низких температур. Получены экспериментальные образцы анодных материалов с жидкометаллическим Na-K наполнением. Также отмечу, что исполнение анодов из потенциалобразующего металла – натрия позволяет приблизиться к теоретической, максимальной емкости по нему.

Несмотря на то, что состав работ на текущий год ГКНТ еще не утвержден, дополнительное соглашение с НАН Беларуси не подписано и финансирование работ не начато, мы осуществляем изыскания, запланированные на 2023 г., в полном соответствии с календарным планом. Более того, еще в 2022 г. на инициативных началах провели синтез и характеризацию катодных материалов, что позволило продемонстрировать собранный прототип аккумуляторной ячейки на выставке «Беларусь интеллектуальная».

– О чем свидетельствуют предварительные результаты, полученные при их исследовании?

– Наиболее перспективные соединения – аналоги берлин-



ской лазури и фосфат ванадия/натрия. Всего в работе сейчас более 20 составов. Раздельный анализ катодных и анодных процессов, который мы осуществили для экономии металлов и времени, указывает на перспективность предложенных подходов. Так, удельная емкость наших катодных материалов до 120 мАч/г соответствует известным аналогам для Li-ионных систем (80–220 мАч/г), а по анодной емкости отвечает лучшим Li-ионным характеристикам. Но не все так безоблачно в ходе реализации проекта. На данном этапе разработки наблюдается деградация емкости ячеек, что указывает на необходимость оптимизации процессов синтеза и подбора оптимального сочетания катод/анод/электролит. Задача нетривиальная и тяжело решаемая, но, надеюсь, она нам по плечу. Тем более что работы идут с определенным опережением. Уже создан ряд прототипов натрий-графенового аккумулятора в форм-факторе CR2032 – тип «таблетка» и в ламинированной фольге. Их напряжение 3,2–3,5 В, что полностью соответствует аналогам Li-ионных аккумуляторов. Конечно, представленные прототипы не оптимальны, и мы будем их совершенствовать, ведь на этих моделях шлифуются процессы сборки ячеек. Бесспорно, для успешного подбора оптимальных комбинаций требуется модернизация технологической и исследовательской базы, поскольку все наши начинания лимитированы размером перчаточного бокса.

– Для рассмотрения практической реализации разрабатываемой техноло-

гии требуется поэтапное масштабирование процесса. Есть ли возможность в нынешних условиях осуществить его в Центре?

– Еще раз подчеркну, что выполняемый проект является мероприятием по научному обеспечению программы, а представленная технология – лабораторной, которая не претендует даже на опытную партию. Чтобы понять всю сложность технологического процесса изготовления СНЭ, необходимо ознакомиться со схемой уровня готовности технологии, или TRL, в области изготовления металл-ионных аккумуляторов, разработанной ведущими международными экспертами и опубликованной в январе 2023 г. в журнале Nature. Она включает в себя этапы от формулировки идеи до масштабного производства формата «гигафабрика». Аналитики отмечают, что максимальные риски возникают на этапе формирования идеи и демонстрации ее работоспособности, а финансовые затраты растут при увеличении уровня TRL. Наш текущий уровень соответствует TRL-3/TRL-4 и предполагает объемы финансирования, согласно отсылкам к мировой практике, от 1 до 10 млн долл., что обусловлено в первую очередь необходимостью технологического переоснащения. В рамках проекта нам приходится довольствоваться куда более скромной суммой. Кроме того, перед нами поставлена новая задача – изготовить опытную партию аккумуляторов и передать ее для испытания на малом электротранспорте, а это уровень TRL-5 с еще более серьезными финансовыми вложениями, по оценкам меж-

дународных экспертов, не менее 50–100 млн долл. При переходе от формата ячейки типа «таблетка» до батареи электросамоката и электромобиля необходимо увеличить объемы только катодного материала в 100 тыс. раз и в последующем – еще в 170. Это справедливо и для других компонентов батареи – анодных материалов и электролита.

При масштабировании требуется учитывать и неминуемые риски, технологические и технические проблемы, которые не могут быть обнаружены в ходе выполнения НИОКР. Иными словами, не все то, что было работоспособным на лабораторном уровне, может эффективно использоваться при производстве опытной партии. К примеру, ряд исследований демонстрировал значительный рост емкости и мощности Li-ионного аккумулятора при добавлении в анодный материал оксида кремния. Но при переходе от экспериментальных (лабораторных) к опытным образцам было отмечено разрушение анодного материала за счет существенного расширения кремния при интеркаливании ионов лития. И наоборот – использование не самого перспективного с точки зрения лабораторной технологии, но эффективно масштабируемого материала (железо-литий фосфат) приводило к значительному снижению стоимости аккумулятора. Таким образом, масштабирование – не менее сложная задача по сравнению с НИР.

На сегодняшний день в лабораторных условиях можно формировать в ограниченных объемах катодные и анодные материалы и отдельные небольшие ячейки. По сути, это

ремесленничество или кустарное производство «на коленках», что не позволяет выпустить опытную партию и провести испытания даже на малом электротранспорте.

– Исходя из анализа мирового опыта, какие факторы необходимы для создания конкурентоспособного производства аккумуляторов?

– В настоящее время в мире вложены миллиарды долларов в развитие Li-ионной технологии на уровне научно-исследовательских работ, опытно-конструкторских разработок, не говоря уже о производственных мощностях. Сотни научных лабораторий, оснащенных по последнему слову техники, проводят разработки в области оптимизации литиевых систем. Конкурировать с ними нет никакого резона – ни с точки зрения финансовой составляющей, ни технологической оснащенности, ни кадрового потенциала. Однако если базироваться на своих компетенциях в области новых углеродных материалов, вполне возможно создать отечественный Na-графеновый аккумулятор. Но и тут требуется сопоставление уровня задачи, технологического обеспечения и объемов финансирования. Так, компании из КНР на этапе формирования прототипа и перехода к опытной партии Na-ионной батареи получали более 14 млн долл. в первом раунде финансирования. Как показывает практика, ключевым условием снижения стоимости итогового продукта является четкая дифференциация работы, узкая специализация на конкретном задании.

Принято выделять 6 основных задач при производстве и эксплуатации аккумуляторных батарей: добыча, транспортировка, переработка сырья; синтез катодных и анодных материалов, электролита; формирование анода/катода, сепаратора, электролита, корпусов, токосъемников и т.п.; корпусирование ячеек и набор аккумуляторных батарей из них; интеграционная задача, связанная с разработкой систем управления батареями, аналитикой применения, продажами и т.п.; переработка аккумуляторов – утилизация отработанных ячеек с минимальным вредом для экологии и извлечением полезных компонентов. В Беларуси имеются компетенции во всех 6 направлениях, но с экономической точки зрения наиболее перспективно развитие интеграционной задачи – формирование батарей из исходных ячеек и разработка систем управления батареями.

В среднем стоимость строительства производства – 100–150 млн долл. на 1 ГВт×ч/год (данные справедливы для условий строительства в КНР, и требуется учитывать, что санкционное давление и современная геополитическая обстановка могут приводить к удорожанию). Но даже огромные финансовые вливания не являются гарантией успеха. Тому пример – обанкротившиеся производства «Лиотех» (РФ) и «БритишВольт» (Великобритания). Хотя в нашей стране нет предприятий, изготавливающих металл-ионные ячейки, но есть компании, осуществляющие сборку аккумуляторов из готовых ячеек для заданных применений и разрабатывающие собственные системы управления батареями.

– Следовательно, в одиночку отечественным разработчикам справиться с такой затратной задачей практически невозможно. Какие шаги могут облегчить ее решение?

– Для создания накопителей энергии необходимо привлечь исследовательский и производственный потенциал Союзного государства. Механизмом сотрудничества на первом этапе предлагаемого комплекса мер могут являться научно-технические программы Союзного государства (сейчас активно разрабатывается концепция программы «Союзный накопитель»), целевые и специализированные проекты «Росатома» и ООО «Рэнера», кооперация с крупными научными центрами с уникальной инфраструктурой типа Объединенного института ядерных исследований и Курчатовского института.

На первом этапе предлагается установить партнерские связи с ведущими научными центрами, обладающими необходимыми компетенциями в данной области, определить специализацию каждого из них и сформировать дорожную карту на основе реализации совместных НИР – НИОКТР. На втором этапе необходимо наладить взаимодействие с крупным промышленным партнером, к примеру с ГК «Росатом», его подразделением «Рэнера» на базе производства в Московском регионе, а также с заводом в Калининградской области, где в 2025 г. планируется ввести в эксплуатацию гигафабрику по изготовлению ячеек на 4 ГВт×ч/год. Сумма инвестиций – более 640 млн долл. В рамках сотруд-

ничества предстоит решить конкретные задачи по оптимизации Li-ионной технологии и внедрению в практику постлитиевых технологий. На третьем этапе предполагается изготовление накопителей энергии из выпущенных на гигафабрике ячеек. Напомню, что аккумуляторные батареи – это не только производство ячеек, но и сборка на их основе батарей и систем управления ими, что составляет около 40% от стоимости готового продукта. Это как раз те компетенции, которыми обладают белорусские организации, – реализация сборочной и интеграционной задач.

На сегодняшний день уже установлены прочные контакты с такими научными лидерами из стран ЕАЭС в области накопителей энергии, как химический факультет МГУ – флагман в области разработки катодных материалов; «Сколтех», выпускающий их опытные партии объемом до 1,5 тыс. т в год; Тамбовский государственный университет, известный как лидер в синтезе углеродных материалов для анодных применений; Институт аккумуляторов Назарбаевского университета в Казахстане, разрабатывающий электролиты и сепараторные материалы. Требуется также активизация и отечественных организаций химической специализации.

– Валерий Михайлович, предположу, что для создания устройств накопления электроэнергии и реализации комплексных решений с их использованием необходим пул квалифицированных кадров. На развитие каких компетенций необходимо ориентироваться прежде всего?

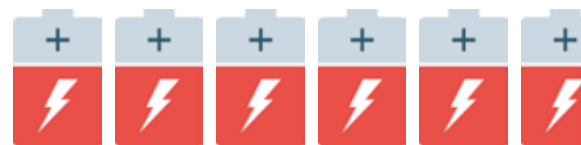
– Конечно, кадровый вопрос и отсутствие инженерных и инжиниринговых навыков в этой предметной области – отдельный вопрос и чрезвычайно острая проблема. По оценкам специалистов, для гигафабрики, которую строит ООО «Рэнера» в Калининградской области, требуется не менее 200 профильных специалистов в области физико-химических технологий накопителей энергии. К сожалению, как показывает практика, их катастрофически не хватает. К примеру, в международной конференции по проблемам накопителей энергии, которая проводилась в 2021 г. на химическом факультете МГУ, участвовало только 230 специалистов такого уровня компетенций. Поэтому при формировании производства аккумуляторных ячеек в первую очередь требуется решать вопрос подготовки соответствующих кадров, ориентированных на работу в сфере СНЭ. Данная отрасль является высокотехнологичной, и для ее обслуживания просто выпускников химических вузов недостаточно – требуется разработка специализированных курсов на базе химических факультетов и электрохимических кафедр БГУ, БГТУ, БГУИР. В свою очередь, НПЦ по материаловедению может стать хабом по подготовке таких работников.

– Если резюмировать нашу беседу, какой наиболее оптимальный сценарий с точки зрения опережающего принципа развития вам предстоит реализовать?

– На-графеновая технология, над которой работают сотрудники Центра по материаловедению,

является наиболее перспективным постлитиевым решением. Проект по созданию таких аккумуляторов идет в полном соответствии с календарным планом, а по некоторым направлениям – с опережением графика. Постановка новой задачи – выпуска опытной партии и ее эксплуатационных испытаний – требует кардинального пересмотра текущего проекта с выделением значительных объемов финансирования на техническое переоснащение и организацию опытного участка. Надеюсь, что эти средства будут выделены. При этом следует серьезно оценить экономическую целесообразность и риски при конкуренции с крупными производителями из КНР и впоследствии из РФ. На наш взгляд, наиболее правильным решением станет комплекс мер межотраслевого характера и встраивание в цепочку на базе мощного индустриального партнера в области производства ячеек, например российского, а также развитие сборки аккумуляторных батарей и систем их управления под задачи отечественной промышленности. То есть нам надо занять свою нишу в соответствии с нашими компетенциями. ■

Ирина ЕМЕЛЬЯНОВИЧ





# Применение редкоземельных элементов в технических изделиях

**Петр Витязь,**  
начальник Управления  
аэрокосмической деятельности  
аппарата НАН Беларуси,  
академик

**Валерий Федосюк,**  
генеральный директор НПЦ  
НАН Беларуси  
по материаловедению,  
член-корреспондент

**Игорь Макоед,**  
доцент кафедры общей  
и теоретической физики физико-  
математического факультета  
Брестского государственного  
университета им. А. С. Пушкина,  
кандидат физико-  
математических наук

**Казимир Янушкевич,**  
главный научный сотрудник  
лаборатории физики магнитных  
материалов НПЦ НАН Беларуси  
по материаловедению, доктор  
физико-математических наук



**М**атериаловедение базируется на синтезе новых соединений, сплавов, композитов и реализации их в технологических процессах и технических устройствах – в микроэлектронике, сложных оптоэлектронных системах и т.д. Так сложилось, что из-за большой востребованности и соответствующей финансовой поддержки основное использование редкоземельных элементов (РЗЭ) первоначально пришло в промышленность и технику военного назначения. Редкоземельные металлы (РЗМ) нашли широкое применение в важнейших отраслях по производству таких промежуточных товаров, как постоянные магниты, люминофоры, стекло, кислородные сенсоры, батареи и нефтяные катализаторы.



В авиации и космонавтике РЗМ необходимы при изготовлении корпусов планеров, авиационных двигателей, генераторов и электроприводов, сенсорных датчиков, электроприводов оперения стабилизаторов, систем контроля гравитации, радиолокационных ловушек, мультиспектральных систем наведения, радиочастотных, микроволновых и антенных систем [1–5]. В свою очередь продукция военной и аэрокосмической промышленности служит своеобразным переходным этапом к производству изделий гражданского назначения: потребительской электроники, автомобилей, оптического оборудования, оптоволокон, новых систем экономного эффективного освещения, включая светодиодные панели и лампы, компактные флуоресцентные лампы, а также для расширения номенклатуры топливной продукции нефтепереработки.

Цель данной работы – обобщение сведений о применении РЗЭ в технических устройствах, выявление фундаментальных задач, решение которых способно интенсифицировать использование РЗМ в сфере микроэлектроники нового поколения.

### Основные качества РЗМ, обеспечивающие практическое применение

Особенности при заполнении электронных оболочек атомов, различие величин атомных и ионных радиусов, плотности, эффективных магнитных моментов, электропроводящих свойств, а в итоге физических и химических фундаментальных характеристик привело к разделению РЗЭ на легкие

и тяжелые. К первой группе относят лантан, церий, празеодим, неодим, прометий, самарий, европий и гадолиний. Ко второй – тербий, диспрозий, гольмий, эрбий, тулий, иттербий, лютеций, скандий, иттрий [6–8]. Наименьшую температуру плавления имеет церий – 797 °С, а наивысшую – лютеций: 1652 °С. Самый активный металл – лантан. Его приходится хранить под слоем парафина, так как на открытом воздухе он мгновенно образует оксид. РЗЭ хорошо реагируют со всеми галогенами с формированием трехатомных соединений. Их гидроксиды очень плохо растворимы в воде, при этом соли РЗМ отлично растворяются в кислотах.

Все 17 элементов, относящиеся к редкоземельным, фундаментально различаются по своим механическим, магнитным и химическим свойствам. Это обеспечивает заметное изменение характеристик основной матрицы и появление новых ценных качеств при допировании ими различных веществ (табл. 1). Возможность улучшать известные материалы путем добавок в виде окислов и металлов РЗЭ усиливает конкуренцию по их добыче и применению [9].

В военном деле компоненты, содержащие РЗЭ, используются также при изготовлении взрывчатых веществ.

### Редкоземельные элементы в технических изделиях

Изменение свойств материалов при допировании металлами редких земель создало условия для разработки уникального оборудования и устройств военного назначения [3, 10–12].

Магниты «ниодим-железо-бор» (Nd-Fe-B) используются в электродвигателях и генераторах,

РЗЭ	Влияние на свойства материалов при допировании
<b>СКАНДИЙ</b>	Тугоплавкий, повышает прочность материалов, усиливает свечение
<b>ИТТРИЙ</b>	Усиливает жаропрочность и долговечность материалов, улучшает качество свечения
<b>ЛАНТАН</b>	Ускоряет крекинг нефти, повышает пластичность, жаропрочность и химическую устойчивость материалов
<b>ЦЕРИЙ</b>	Повышает электропроводность и пластичность металлов при небольших количествах добавок, придает розоватый оттенок стеклу, хороший катализатор
<b>ПРАЗЕОДИМ</b>	Совершенствует свойства сверхпроводников и сплавов, придает бледно-зеленый оттенок стеклу, используется в лазерах и для получения пигментов
<b>НЕОДИМ</b>	Способствует хорошему качеству стекла и сплавов, растворяет плутоний, повышает контрастность изображения, применяется в магнитах, лазерах и излучателях
<b>ПРОМЕТИЙ</b>	Способен к люминесценции, используется в атомных батарейках, стержнях реакторов, для ионизации воздуха
<b>САМАРИЙ</b>	Улучшает свойства стержней для ядерных реакторов, магнитов, поглощающего инфракрасные лучи стекла, огнеупорность материалов
<b>ЕВРОПИЙ</b>	Повышает качество микрочипов, карт памяти, сверхпроводников, сплавов и керамики
<b>ГАДОЛИНИЙ</b>	Придает сильные парамагнитные свойства для получения сверхнизких температур, используется в полупроводниках и рентгеновских аппаратах
<b>ТЕРБИЙ</b>	Необходим для сверхмощных магнитов и излучателей ультразвука, катализатор реакций окисления
<b>ДИСПРОЗИЙ</b>	Повышает пластичность и магнитные свойства материалов, катализатор в нефтехимии, используется для получения красных люминофоров
<b>ГОЛЬМИЙ</b>	Наделяет магниты сверхпроводящими свойствами, применяется в лазерах, активирует люминофоры
<b>ЭРБИЙ</b>	Укрепляет оптоволокно, магнитные сплавы, стекло, специальную керамику
<b>ТУЛИЙ</b>	Применяется в лазерах, магнитных носителях, для дефектоскопии, в диагностических приборах
<b>ИТТЕРБИЙ</b>	Улучшает термоэлектрические и магнитные свойства материалов, обеспечивает весовую легкость полупроводников
<b>ЛЮТЕЦИЙ</b>	Повышает мощность магнитов, сверхпроводимость, жаропрочность

Таблица 1. Влияние на качество и свойства вещества матрицы при допировании ее редкоземельными элементами

в мощных динамиках и других компонентах аудиосистем (кассеты, жесткие диски, CD/DVD диски), применяемых для ведения психологических войн. Например, в темное время суток была проведена имитация высадки десанта, сопровождающаяся звуками из мощных динамиков, установленных на плотях, которые имитировали шум кораблей, танков, вертолетов и голоса, а настоящий десант высадился в нескольких милях от данного места. Nd-Fe-B и самарий-кобальтовые магниты, а также тербий-железоникелевый сплав с диспрозием (Терфенол-Д) задействованы в технологии «стелс» в вертолетах с тем, чтобы создать белый шум, заглушающий звуки от движения лопастей несущего винта.

В американской многоцелевой высокоточной дозвуковой крылатой ракете большой дальности BGM-109 «Томагавк» система наведения соединена

со стабилизаторами полета, которые направляются приводами с редкоземельными магнитами.

Постоянные магниты «неодим-железо-бор» есть в компьютерах, применяемых во многих системах вооружений. Специально спроектированные для нейтрализации вибрации, толчков и силы притяжения, управляемые компьютером моторы и приводы с редкоземельными металлами устанавливаются в самолетах, танках, ракетных системах, командных и контрольных центрах.

Также редкоземельные магниты встречаются в волноводах ламп бегущей волны (ЛБВ) и клистронов, генерирующих и усиливающих микроволны. В оборонной сфере они необходимы в спутниковой и тропосферной связи, в усилителях постоянного тока и радарных импульсных, в каналах связи. Для фокусировки пучка электронов в широкополосных спиральных ЛБВ



используются периодические постоянные редкоземельные магниты, в то время как в узкополосных клистродах и при более высоких энергиях – непериодические. Редкоземельные высокочастотные лазеры присутствуют в радиорелейных каналах связи в спутниковых и наземных системах. Они позволяют быстрее и в более широком диапазоне передавать данные, чем традиционные микроволновые передатчики.

Эрбиевое волокно и волоконно-оптические усилители применяются в высокопроизводительных оптоволоконных системах, преимущество которых становится способность передачи больших объемов цифровой информации на значительные расстояния без ретрансляторов или усилителей сигнала, а также широкий диапазон рабочих температур, устойчивость к межканальным переключениям, защищенность от внешнего вмешательства и электронного перехвата.

Самарий-кобальтовые постоянные магниты есть в генераторах, которые подают электричество в электросистемы самолетов. Небольшие, но мощные приводы на редкоземельных металлах используются для механизации крыла, в закрылках, руле, элеронах.

Цирконий, стабилизированный оксидом иттрия, – высокотемпературное защитное керамическое покрытие, которое обеспечивает термический барьер для защиты металлических сплавов от нагреваемых частей авиадвигателей. Оксид иттрия предохраняет цирконий от смены тетрагональной структуры на моноклинную, что приводило бы к ухудшению устойчивости керамики к высоким температурам и напряжению.

Цветные телевизоры и компьютерные мониторы – ключевой элемент во многих системах управления оборонного назначения, призванных быстро отображать и передавать информацию, особенно в авионике и системах усиления видимости. Редкоземельные металлы использовались в цветных катодно-лучевых трубках (КЛТ) в качестве фосфора с начала 1960-х гг., европий-иттриевые компоненты – в виде красного (свободного) фосфора в КЛТ-экранах из-за того, что пик их спектра излучения приходится на видимую область (611 нм). Цветные SuperVGA-мониторы обычно применяются от среднего до короткого послесвечения. Это позволяет быстро сменять изображения и избегать появления бликов. Оксид церия нужен как добавка в стекле КЛТ, чтобы устранить эффект его потемнения под действием электронного пучка и как элемент поли-

ровочного вещества для КЛТ-экранов. В современных плоских панельных дисплеях компьютеров, авионики и систем управления вооружениями внедрены жидкокристаллические мониторы (LCD). Плоскопанельные дисплеи (FPD) обычно используют твист-нематическую тонкопленную транзисторную (TFT) LCD-технологию либо плазменные дисплейные панели (PDP). Все плоские панельные дисплеи имеют стеклянные поверхности или основы, которые полируются оксидом церия. Дисплеям в авионике для большего свечения необходим фосфор с добавлением оксисульфидов гадолиния или лантана с присадкой тербия. Эти редкоземельные авиационные фосфоры вызывают желто-зеленое свечение, спектр которого 542 и 545 нм соответственно.

РЗМ имеют ряд применений в радарных системах. Редкоземельные постоянные магниты, обычно самарий-кобальтовые, используются в радарных лампах бегущей волны (ЛБВ) для фокусировки энергии микроволн. Железо-иттриевый гранат (YIG) или гадолиний-иттриевый гранат (YGG) – в переключателях фаз, тьюнерах и фильтрах.

Лазеры Nd: YAG (алюмо-иттриевый гранат с добавками неодима) задействованы в качестве указателей целей, дальномеров и систем обнаружения. Например, компьютерный лазерный прицел на танках «Абрамс M1A1/2» включает дальномер компании «Raytheon», а также систему лазерного наведения для высокоточного первого выстрела. Редкоземельные лазерные системы служат как для обнаружения противника, так и для постановки помех, подводного сканирования и т.д.

Гадолиний-иттриевый гранат (YGG) используется в тороидах в антенне радиолокатора «Патриот» и в радиочастотных циркуляторах радара и ракеты, которые путем магнитной фокусировки управляют потоком электронных сигналов. Самарий-кобальтовые постоянные магниты применяются для фокусировки пучка электронов в магнетронных трубках радара (в наземных системах управления воздушным движением и наблюдения, поисковых радарах, для предотвращения столкновений и в качестве навигационной помощи в самолетах и т.д.).

Гадолиний, выступающий в качестве красителя и покрытий разной толщины, нужен для защиты от нейтронного излучения, поскольку имеет наибольшее эффективное сечение захвата среди известных

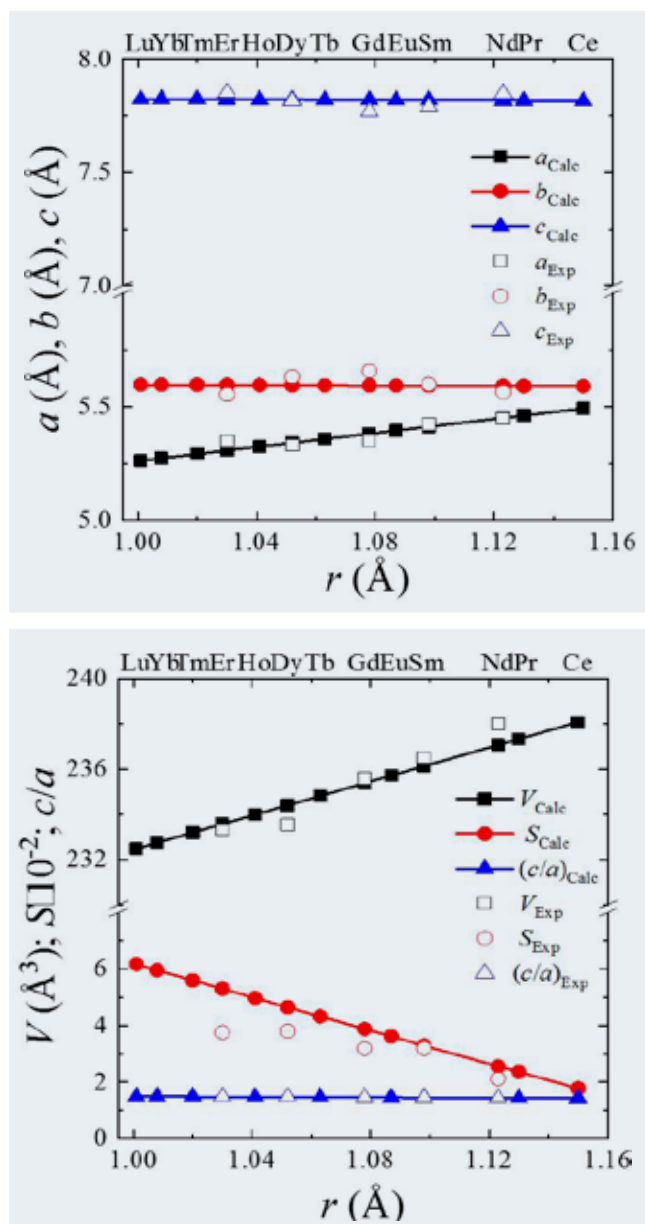


Рис. 1. Зависимости изменения параметров элементарных кристаллических ячеек, осевого соотношения и объема от ионного радиуса РЗЭ на примере составов  $La_{0.50}R_{0.50}FeO_3$  ( $R=Ce-Lu$ ) [16, 17]

элементов, необходимое для поглощения нейтронов конкретных энергий в блоках защиты.

Редкоземельные металлы, включая гадолиний, иттрий и самарий, используются в нескольких типах оборудования для радиоэлектронной борьбы (РЭБ), включая функцию обнаружения преследования TWF – защитную систему, применяющую импульсный радар Доплера для обнаружения ракет, приближающихся к самолетам

сзади, и предпринимающую ответные меры для нейтрализации атаки методами РЭБ. Интерактивное РЭБ-оборудование позволяет создавать помехи, поглощать, перенаправлять или искажать радиосигнал противника таким образом, что он становится зашифрованным или бесполезным.

Компоненты на основе церия выступают полирующим средством для различных типов оптических линз военного назначения. Многие из них также содержат оксид лантана для повышения лучепреломления и снижения дисперсии. Линзы используются для замера дальности, систем обнаружения, создания помех, фотографирования и защиты от вредных лазерных излучений, ослеплений, ультрафиолетовых или отраженных лучей. Оптика с содержанием редкоземельных металлов задействована в биноклях, лазерных прицелах, телескопах, микроскопах, защитных очках, дальномерах, приборах ночного видения, линзах камер, фильтрах и защитных линзах.

Сплав редкоземельных металлов Терфенол-Д заменяет пьезокерамические материалы в таких устройствах, как высокомошные гидролокаторы на кораблях и подводных лодках. Он реагирует на магнитное поле в 200 раз быстрее, чем механическое устройство. Недавно его также начали использовать как инжектор дизельного топлива, позволяющий мгновенно подстраивать размер для впрыска необходимого количества горючего.

В свою очередь акустическая энергия Терфенол-Д вырабатывается за счет распространения и сужения особо настроенных акустических элементов, выдающих волны высокого давления. В нефтяной промышленности данное свойство применяется в скважинных приборах для увеличения подачи нефти.

Ультразвуковые устройства с включением редкоземельных металлов способны вызывать колебания в частотном диапазоне 16 kHz-1 GHz, которые не могут быть услышаны человеком. Они нужны в звуковой химии, при ультразвуковой сварке, переработке отходов, в медицинском оборудовании, для дезинфекции и т.д.

## Предприятия и научные коллективы, работающие с РЗЭ в Республике Беларусь

Со времен СССР страна имеет достаточно развитую сеть предприятий, лабораторий и научных коллективов, решающих задачи микро-

электроники и оборонной промышленности. Среди них Национальная академия наук Беларуси (создание приборов микроэлектроники и лазеров), завод им. Вавилова (дальномеры и прицелы с РЗЭ), «Приборостроительный завод Оптрон» (оборудование для химической промышленности и приборостроения), «Планар» (интегральные платы на основе матриц, содержащих РЗЭ), предприятие «Феррит» (изготовление постоянных магнитов  $\text{Nd}_2\text{Fe}_{14}\text{B}$  и  $\text{SmCo}_5$  для сепараторов), лаборатории магнитных пленок, магнитных материалов, электронной и тугоплавкой керамики, наноматериалов НППЦ НАН Беларуси по материаловедению (синтез новых составов магнитных полупроводников, ферритов гранатов и мультиферроиков с РЗЭ для микроэлектроники). Для подготовки профильных специалистов составлены учебные программы ряда высших учебных заведений: БГУ, БГПУ им. М. Танка, БрГУ им. А.С. Пушкина, БГУИР, БНТУ, БрГТУ, ВГТУ. Разработкой магнитных и полупроводниковых датчиков нового поколения занят Институт технической акустики НАН Беларуси, контролем качества оптических изделий с РЗЭ для приборостроения и при разработке лазерных систем – Институт физики НАН Беларуси им. Б.И. Степанова. Для всех исследовательских центров Указом Президента Республики Беларусь от 07.05.2020 г. №156 утверждены единые приоритеты научной, научно-технической и инновационной деятельности на 2021–2025 гг., которые успешно реализуются при выполнении научных программ, в том числе Союзного государства [13].

## Перспективные направления синтеза новых составов, содержащих РЗЭ

Эксперимент, выполненный сотрудниками лаборатории магнитных материалов НППЦ НАН Беларуси по материаловедению совместно с учеными Брестского педагогического университета, показал, что допирование РЗЭ известных и уже применяемых в микроэлектронике соединений и сплавов позволяет плавно изменять величину их кристаллических характеристик [14–16]. Данный факт говорит о возможности целенаправленно влиять на величины магнитных и электрических параметров, изменяя состав и концентрацию содержания РЗЭ в веществе основной матрицы. В итоге это позволит вносить изменения в быстроедействие при управлении рабочими диапазонами приборов и командными устройствами. Эксперимент и расчеты показали, что допирование известных мультиферроиков на основе феррита висмута и ортоферритов  $\text{La}_{0,50}\text{R}_{0,50}\text{FeO}_3$  элементами редких земель от церия до лютеция ( $\text{R}=\text{Ce}-\text{Lu}$ ) в небольших количествах обеспечивает постепенное изменение их кристаллических и магнитных качеств. Поскольку эти материалы нашли практическое применение в составе твердотопливных элементов, газовых сенсоров, каталитических нейтронизаторов, быстродействующих переключателей, то изучение их свойств, несомненно, актуально. Установлено, что замещения РЗЭ в катионной подрешетке в составе ферритов позволяют плавно изменять величину основных параметров

СОСТАВ	$\rho(\text{г/см}^3)$	СТРУКТУРНЫЕ ПАРАМЕТРЫ			
		$a(\text{\AA})$	$b(\text{\AA})$	$c(\text{\AA})$	$V(\text{\AA}^3)$
$\text{La}_{0,5}\text{Er}_{0,5}\text{FeO}_3$	7,32379	5,3496	5,5543	7,8525	233,32
$\text{La}_{0,5}\text{Dy}_{0,5}\text{FeO}_3$	7,20649	5,3306	5,6338	7,8163	234,74
$\text{La}_{0,5}\text{Gd}_{0,5}\text{FeO}_3$	7,11687	5,3529	5,6575	7,7680	235,25
$\text{La}_{0,5}\text{Eu}_{0,5}\text{FeO}_3$	7,04898	5,3883	5,6283	7,7777	236,04
$\text{La}_{0,5}\text{Sm}_{0,5}\text{FeO}_3$	6,98110	5,4238	5,5992	7,7875	236,50
$\text{La}_{0,5}\text{Nd}_{0,5}\text{FeO}_3$	6,85167	5,4494	5,5655	7,8481	238,02

Таблица 2. Значения величин плотности, определенной по результатам рентгеновских исследований, параметры решетки, объем элементарной ячейки ферритов  $\text{La}_{0,5}\text{Re}_{0,5}\text{FeO}_3$  ( $\text{Re}=\text{Er}, \text{Dy}, \text{Gd}, \text{Eu}, \text{Sm}, \text{Nd}$ ) [17]



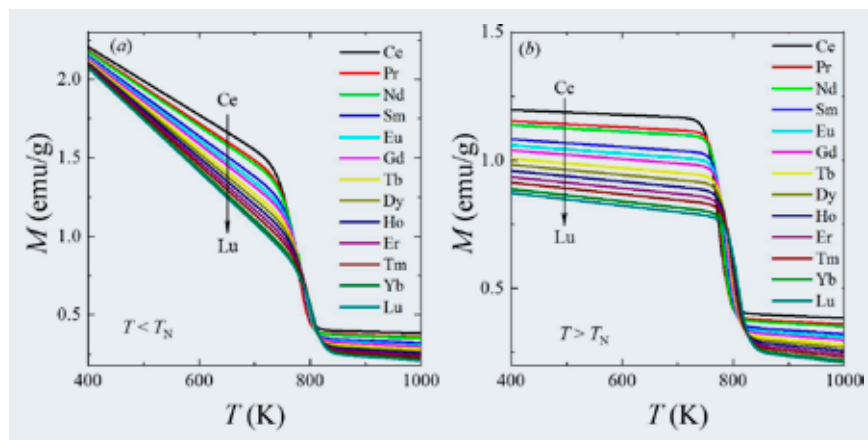


Рис. 2. Температурные зависимости удельной намагниченности  $\text{La}_{0.50}\text{R}_{0.50}\text{FeO}_3$  ( $\text{R}=\text{Ce-Lu}$ ) при  $T < T_N$  и  $T > T_N$

их элементарных кристаллических ячеек. Одинаковые степени окисления  $\text{La}^{3+}$  и  $\text{R}^{3+}$  при катионном замещении не вызывают изменения валентности, что обеспечивает выполнение условия электронейтральности в исследуемых составах.

На рис. 1 приведены зависимости изменения параметров элементарных кристаллических ячеек, осевого соотношения и объема на примере ферритов  $\text{La}_{0.50}\text{R}_{0.50}\text{FeO}_3$  ( $\text{R}=\text{Ce-Lu}$ ) [16]. В табл. 2 – численные значения величин параметров решетки, объем элементарной ячейки и плотность, определенные по результатам рентгеновских исследований ферритов  $\text{La}_{0.5}\text{Re}_{0.5}\text{FeO}_3$  ( $\text{Re}=\text{Er, Dy, Gd, Eu, Sm, Nd}$ ) [17].

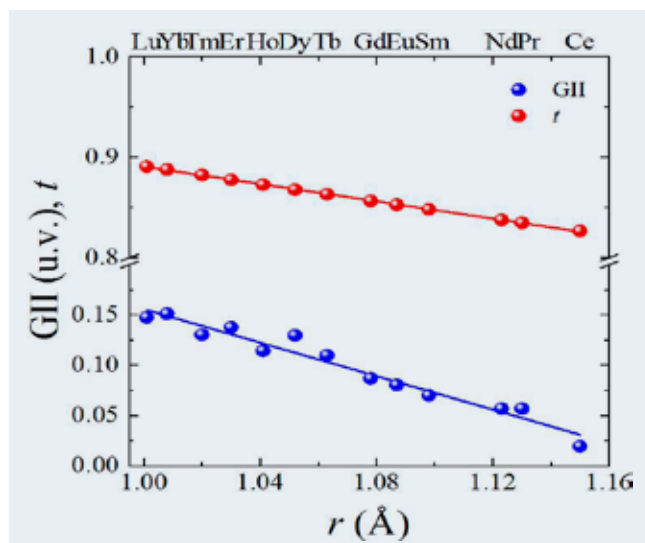


Рис. 3. Зависимости глобального индекса нестабильности (GII) и фактора толерантности Гольдшмидта ( $t$ ) от радиуса R-катиона, рассчитанные при использовании программы SPuDS [19]

Из данных рис. 1 следует, что малые изменения расстояний между катионами и анионами в элементарной ячейке исключают резкие изменения величины энергии обменных магнитных взаимодействий. Поэтому величины удельной намагниченности и температур магнитных фазовых превращений «магнитный беспорядок – магнитный порядок»  $\text{La}_{0.50}\text{R}_{0.50}\text{FeO}_3$  ( $\text{R}=\text{Ce-Lu}$ ) изменяются также предсказуемо (рис. 2).

Зависимости изменения параметров решетки

от типа РЗЭ катиона согласуются с результатами, полученными для ортоферритов  $\text{Eu}_{0.2}\text{R}_{0.8}\text{FeO}_3$  [18]. Уменьшение степени октаэдрического искажения  $S=2(b-a)/(b+a)$ , наблюдаемое при увеличении значений радиусов замещающих РЗЭ катионов, связано с систематическим увеличением значений параметров решетки  $a$  и  $b$  относительно небольшого уменьшения значений  $b-a$ . Полученные данные показывают, что искажение увеличивается с уменьшением радиуса катиона замещающего РЗЭ.

Кроме того, независимые исследования параметров кристаллической решетки ( $a, b, c$ ), объема элементарной ячейки ( $V$ ), степени орторомбического искажения ( $S$ ) и соотношения параметров кристаллической решетки ( $c/a$ ) для  $\text{La}_{0.5}\text{Re}_{0.5}\text{FeO}_3$  ( $\text{Re}=\text{Ce-Lu}$ ) проведены с использованием программы SPuDS [19]. Значения объема, рассчитанные с помощью SPuDS, примерно на 2–4% выше тех, что определены экспериментально. Однако динамика их поведения в зависимости от типа РЗЭ катиона аналогична экспериментальным данным. Объем элементарной ячейки  $V_{\text{Calc}}$  и  $V_{\text{Exp}}$  образцов уменьшается в ряду замещающих катионов от  $\text{Ce}^{3+}$  до  $\text{Lu}^{3+}$ . Это связано с эффектом 4f-сжатия, вызванным размерным фактором [19]. Согласно результатам расчетов, увеличение объема кристаллической решетки с увеличением радиусов замещенных  $\text{R}^{3+}$ -катионов сопровождается разнонаправленным изменением величин структурных искажений  $S$  и отношения  $c/a$ . Величина орторомбической деформации  $S$  уменьшается, и отмечается небольшое увеличение  $c/a$ , что согласуется с результатами экспериментального

исследования. Рассчитанные значения индекса глобальной нестабильности (GII) и фактора толерантности ( $t$ ) (рис. 3) свидетельствуют о высокой стабильности кристаллических решеток составов  $\text{La}_{0,5}\text{Re}_{0,5}\text{FeO}_3$ . Даже в наименее устойчивой решетке состава  $\text{La}_{0,5}\text{Lu}_{0,5}\text{FeO}_3$  индекс GII не превышает 0,15 мкВ, а значение  $t$ -фактора изменяется от 0,89 до 0,83, что несколько меньше нижнего граничного значения интервала  $0,87 < t < 0,99$  для решетки пространственной группы Pbnm.

Анализ зависимостей, представленных на рис. 1–3, убедительно демонстрирует, что использование практически всего ряда РЗЭ (от церия до лютеция) позволяет плавно изменять основные физико-химические параметры ферритов  $\text{La}_{0,50}\text{R}_{0,50}\text{FeO}_3$  ( $\text{R}=\text{Ce}-\text{Lu}$ ). Соответственно, создаются условия для изменения диапазонов работы в широких интервалах температур и концентраций приборных матриц на их основе.

## Заключение

Учитывая практическую важность и востребованность приборов и устройств, содержащих РЗЭ, а также имеющиеся в Республике Беларусь предприятия и научные коллективы, обладающие определенным опытом работы с редкоземельными элементами, видится необходимым активизировать исследовательскую работу и приложить усилия для синтеза и внедрения РЗЭ в приборостроение и технологические процессы. Особый интерес представляют тонкие пленки веществ, содержащих РЗЭ, в том числе наноразмерных толщин, для поддержания тренда миниатюризации изделий микроэлектроники. Это будет способствовать переходу ряда отраслей народного хозяйства на новый уровень развития.

Известно, что в России, в Сибири, имеются колоссальные залежи редкоземельных металлов, но они пока не разрабатываются. Их добыча, комплексная переработка и широкое использование может стать стратегическим проектом Союзного государства России и Беларуси, включающим создание соответствующих технологий, ведущих к повышению качества и конкурентоспособности выпускаемой продукции. Объединение усилий в этом направлении на государственном уровне позволит России совместно с Китаем, где также имеются значительные запасы данного сырья, практически управлять мировым рынком РЗЭ.

Союзный проект может быть значительно усилен, если будет учитывать освоение также находящегося в Сибири Попигайского месторождения природных абразивных материалов (поликристаллических алмазов), которые обладают уникальными свойствами для изготовления инструментальных материалов и изделий из них. ■

Работа выполнена при финансовой поддержке  
Белорусского республиканского фонда  
фундаментальных исследований (проект №Т22УЗБ-045).

## СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Шибанов Г.П. Промышленность редкоземельных металлов как фундамент прогресса авиационно-космических технологий // Проблемы безопасности полетов. 2014. №10. С. 12–16.
2. Михайлов Ю.М. Редкоземельные металлы как основа получения перспективных материалов, необходимых для развития вооружения и военной техники / Федеральный справочник: оборонно-промышленный комплекс. – М., 2014.
3. Дегтерева Е.А. Механизмы превентивного реагирования США на угрозы национальной безопасности (на примере поставок редкоземельных металлов) // Армия и общество. 2012. №1. С. 122–127.
4. Калашникова Ю.В. Инновационно-стратегические проблемы российской промышленности и редкоземельные металлы // Омский научный вестник. 2013. №4(121). С. 61–64.
5. Будущее – за композитами и редкоземельными металлами // <http://www.soyuzmash.ru/news/budushchee-za-kompozitami-i-redkozemelnyimi-metallami>.
6. Кудреватых Н.В., Волегов А.С. Физика металлов. Редкоземельные металлы и их соединения: учебное пособие. – М., 2020.
7. Вальков А.В. Технично-экономические особенности редкоземельного производства // Цветные металлы. 2012. №3. С. 13–15.
8. Тейлор К. Интерметаллические соединения редкоземельных металлов // Перевод с англ. Под ред С.В. Вонсовского. – М., 1974.
9. Оганесян Т. Конкуренция на редких землях STIMUL.ONLINE // <https://zen.yandex.ru/id/5bb5ecb3374f9d00abf46c9a>.
10. Н.М. Осыковский, Г.П. Шибанов. Возможности развития авиационной техники военного назначения в условиях жесткого финансового кризиса // Проблемы безопасности полетов. 2010. №7. С. 26–29.
11. Каблов Е.Н., Оспенникова О.Г., Вершков А.В. Редкие металлы и редкоземельные элементы – материалы современных и будущих высоких технологий // Авиационные материалы и технологии. 2013. №2. С. 3–10.
12. Дегтерев Д.А., Дегтерева Е.А. Редкоземельные металлы в вооружениях и военной технике США / Центр военно-политических исследований // <http://eurasian-defence.ru/?q=node/247>.
13. Приоритеты и основные достижения белорусской науки / Научно-технологическая безопасность. – Минск, 2023.
14. Makoe I.I. Predicted model of magnetocaloric effect in BiFeO<sub>3</sub>-based multiferroics / I.I. Makoe [et al.] // Solid State Sciences. 2019. Vol. 95. P. 105–920.
15. Makoe I.I. Evolution of structure and magnetic properties in EuxBi<sub>1-x</sub>FeO<sub>3</sub> / I.I. Makoe [et al.] // J. Magn. Mater. 2019. Vol. 489. P. 165–379.
16. Makoe I.I. Influence of rare-earth doping on the structural and dielectric properties of orthoferrite La<sub>0.50</sub>RO<sub>0.50</sub>FeO<sub>3</sub> ceramics synthesized under high pressure / I.I. Makoe [et al.] // Journal of Alloys and Compounds. 2020. Vol. 842. P. 155–859. doi: <https://doi.org/10.1016/j.jallcom.2020.155859>.
17. Янушкевич К.И. Влияние внешних энергетических воздействий на структурные характеристики и магнитные свойства ортоферритов Re<sub>0.5</sub>La<sub>0.5</sub>FeO<sub>3</sub> (Re = Dy, Gd, Nd, Sm, Er, Eu) / Янушкевич К.И., Живулько А.М., Мазаник Т.Ч. и др. / Отчет НИР договора с ОИЯИ (Дубна), номер гос. пер. №20213149 от 25.08.2021. – Минск, 2021.
18. Liu X., Jin M., Zhang C., Mössbauer spectroscopy study on double rare-earth orthoferrites Eu<sub>0.2</sub>RO<sub>0.8</sub>FeO<sub>3</sub> (R = rare earth) // J. Appl. Phys. 1992. Vol. 71. P. 5111–5114.
19. Lufaso M.W., Woodward P.M. The prediction of the crystal structures of perovskites using the software program SPuDS // Acta Cryst. 2001. Vol. 57. P. 725–738.

# Родава- арыентаваныя ўяўленні ў традыцыйнай культуры беларусаў і асаблівасці іх даследавання

ч.2

**Анатацыя.** У артыкуле з улікам даных комплексных палявых даследаванняў, праведзеных аўтарам, прадстаўлены вынікі вывучэння родаваарыентаваных уяўленняў, якія з’яўляюцца важнай часткай традыцыйнай культуры беларусаў, а іх даследаванне – самастойным навуковым напрамкам.

**Ключавыя словы:** родаваарыентаваныя ўяўленні, культ продкаў, патрылінейнасць, сямейная рэлігійнасць, Дзяды, ваджэнне Кўста, гістарычныя формы сям’і і сістэмы роднасці.

**Для цытавання:** Шарая В. Родаваарыентаваныя ўяўленні ў традыцыйнай культуры беларусаў і асаблівасці іх даследавання. Ч. 2. // *Навука і інновацыі.* 2023. №6. С. 66–71.



**Вольга Шарая,**  
вядучы навуковы супрацоўнік  
аддзела нарадазнаўства Цэнтра  
даследаванняў беларускай  
культуры, мовы і літаратуры  
НАН Беларусі, доктар  
філалагічных навук

Родаваарыентаваныя ўяўленні ў традыцыйнай культуры маюць свае рэгіянальныя і лакальныя асаблівасці. Толькі праз вывучэнне канкрэтнай традыцыі можна выявіць наяўнасць або адсутнасць, ступень выражасці гэтага кампанента народнай культуры.

Каляндарны абрад ушанавання продкаў Дзяды займаў асаблівае месца ў традыцыйнай культуры беларусаў, з ім суадносіліся некаторыя іншыя рытуальныя практыкі. Так, у некаторых рэгіёнах з часам правядзення Дзядоў звязана ўпарадкаванне магіл. На Падзвінні гэта Прыкладзіны – абкладанне магілы дзёрнам, дрэвам, пастаноўка помніка і інш. Звычайна магілу прыводзілі ў парадак перад Дзядамі, якія называліся Асяніны. У лакальных традыцыях Падзвіння інфарманты адзначалі, што толькі да Асянін абкладваюць дзёрнам свежую магілу, калі хто памрэ, каб, калі прыдзе зіма, яму было цёпла (в. Слабада Докшыцкага раёна Віцебскай вобласці)<sup>1</sup>. Згодна з эмпірычнымі данымі, у в. Калягі Докшыцкага раёна Віцебскай вобласці было двое Дзядоў, якія прыходзіліся на восень, – Стаўры і Асяніны. Галоўнымі Дзядамі ў гэтай вёсцы лічыліся Асяніны.

У асобных заходнепалескіх вёсках у мінулым ставілі надмагільныя канструкцыі, якія называліся «нарўбамі». Па сведчаннях інфармантаў, у в. Парэ Пінскага раёна Брэсцкай вобласці «Нарўбы стаўылы, дэрэвяныя... ніколы усі становылы». І толькі пазней сталі ўсталёўваць помнікі. Г. Цыхун адзначае, што «найбольшую праблему складае мноства назваў, якія выкарыстоўваюцца ў розных кутках Палесся для

<sup>1</sup> У артыкуле выкарыстаны матэрыялы, атрыманыя аўтарам у выніку палявых даследаванняў



абазначэння адных і тых жа або падобных рэалій...» [2]. Гэта тычыцца і розных гісторыка-этнаграфічных рэгіёнаў Беларусі.

У в. Багданаўка Лунінецкага раёна Брэсцкай вобласці дубовыя калоды на вясковых могілках, якія захаваліся да нашага часу,носяць назву «прыклад». Згодна з паведамленнямі інфармантаў, у мінулым казалі: «прыклад трэба робыты»; «прыклад зробылы», гэта азначала, што «колода з дуба» і «крэста з хвойі робляць, хто з дуба, хто з хвойі»; «токо колода з дуба». «Прыклад» ставілі па усім: мужчынам, жанчынам, дзецям. Але калі дзіця памрэ неахрышчаным, то не ставілі. «Прыклад» у дадзенай лакальнай традыцыі – дубовая калода з сучком, напраўленым уверх, на якім робяць крыжык.

У в. Багданаўка адзначалася трое Дзядоў: перад Пасхай, перад Тройцай, перад Вялікім Пастом. Згодна з традыцыяй у гэтай вёсцы «прыклад» у мінулым рыхтавалі да Дзядоў: «Вжэ Дэдзі прыходзяць, вжэ нашыхуюць колоду, прыгатовляць крэста». Але прыложваюць менавіта на асенні Дзяды перад Вялікім Пастом. Як адзначаюць інфарманты, у суботу «На Дэдзі врано вжэ на коню везуць абязательно. На Дэдзі везуць вжэ прыклад... там прыложать». Пасля ўстаноўкі калоды, крыжа маліліся. Некаторыя прыносілі маленькую буханачку хлеба, іншыя пасыпалі магілу памерлага зернем. Пасля гэтага вярталіся дамоў, запальвалі свечку, садзіліся за стол.

Пры даследаванні ўшанавання продкаў ва ўсходніх славян перспектыўным з'яўляецца разгляд каляндарных абрадаў Дзяды і Куст. Калі першы з гэтых абрадаў быў



Калоды на магілах у Багданаўцы. Лунінецкі павет. Фота Я. Булгака. Да 1939 г.

дастаткова шырока вядомы, то другі да 90-х гадоў XX ст. заставаўся малавывучаным.

Куст («водзіты Кўста», «ходзіты у Кўста») – архаічны каляндарны абходны абрад, сучасны арэал якога з невялікімі адхіленнямі супадае з Піншчынай гістарычнай; абрад зафіксаваны на тэрыторыі сучасных Пінскага, Іванаўскага раёнаў, часткова – Лунінецкага, Столінскага, Івацэвіцкага; у вёсцы Спорава Бярозаўскага раёна Брэсцкай вобласці Беларусі; паўднё-

вая частка арэала абраду ахоплівае поўнач Роўненскай і Валынскай абласцей Украіны (Зарэчненскі раён Роўненскай вобласці, уключае вёскі Дубровіцкага раёна Роўненскай вобласці, Любешоўскага раёна Валынскай вобласці) [4]. Арэал кўставага абраду суадносіцца з тэрыторыяй распаўсюлення дрыгавічоў [3].

Абрад «ваджэння Кўста» выконваўся на першы або другі дзень Тройцы. Яго правядзенню часта папярэднічалі Траецкія Дзяды.



Дубовыя калоды на могілках, якія захаваліся да нашага часу. Багданаўка, Лунінецкі раён Брэсцкай вобласці. 2014 г. Фота В. Шарай



Абрад «ваджэнне Кўста». Абрадавая група жанчын. У час абходу. Вёска Буса, Іванаўскі раён Брэсцкай вобласці. 1996 г. Фота В. Шарай

Абрад таксама суадносіцца з днямі памінання памерлых у чацвер пасля Тройцы.

Куст – назва абраду, яго галоўнай фігуры, песенны вобраз. У найбольш архаічных формах галоўная фігура абраду – жанчына (дзяўчына), з ног да галавы прыбраная ў зеляніну: «Куст закрыты, нэчόго нэ

выднó», «увэсь у зэлéному, коб нэ выднó булó». Ва ўбранні з зеляніны дамінаваў клён. Маўчанне, закрытасць, непазнавальнасць – рысы галоўнай фігуры абраду, якія, згодна з традыцыйнымі ўяўленнямі, атаясамліваюцца з «тым светам».

Палявое даследаванне дазволіла выявіць, што ў межах усяго арэала абраду «ваджэння Кўста» для яго галоўнай фігуры – жанчыны, прыбранай у зеляніну, устойліва захоўваецца назва мужчынскага роду – Куст (Кўста) з націскам на першы склад [4]. Выяўлена, што для ўдзельнікаў абраду лексема «куст» – гэта не расліна. Для абазначэння расліны (куста) выкарыстоўвалася другая лексема – «корч». Такім чынам, у арэале абраду ўжыванне слова «куст» («кўста», заўсёды з націскам на першы склад) характарызуецца строгай часовай прымеркаванасцю – толькі на Тройцу, у сувязі з абрадам «ваджэння Кўста». Тое, што ў арэале бытавання абраду лексема «куст» выкарыстоўвалася толькі адзін раз на год, а таксама тое, што ў аўтахтоннага насельніцтва ў паўсядзён-

ным ужыванні ў мінулым гэтая лексема адсутнічала, пацвярджае значнасць і сакральнасць галоўнай фігуры абраду, абрадавага сімвала – Кўста.

Абрад пачынаўся з убірання ў зеляніну жанчыны, якая выконвала ролю Кўста. Абрадавая група на чале з Кўстам абыходзіла двары, выконвала кўставыя песні, звярталася да гаспадара дома з просьбай «надарыць Кўста». Пры абходзе падвор'я жанчыны з абрадавай групы ўступалі ў дыялог з гаспадарамі. Гэта таксама адлюстравана на вербальным узроўні – у рытуальных кўставых песнях дамінуе зварот да гаспадара. Паміж гаспадарамі дамоў і Кўстам устанаўліваліся асаблівыя адносіны праз акт прынясення сімвалічнай ахвяры гаспадарамі, пры гэтым жанчыны выступалі ў ролі пасрэднікаў. Дары для Кўста прымала адна з жанчын абрадавай групы. На працягу гэтай цырымоніі прыбраная ў зеляніну жанчына – Куст – заставалася цалкам пасіўнай і маўклівай. Для семантыкі абраду характэрны песенны матыў «гасцяванне Кўста ў бацькі», які, згодна з данымі праведзеных намі ў 1990-я гады палявых даследаванняў, сустракаецца на поўдні, на паўднёвым усходзе і на поўначы арэала.

Куст з'яўляўся сімвалічным прадстаўніком «таго свету», да якога належалі продкі роду, якія адыйшлі з жыцця. Такім чынам абрадавыя дзеянні з Кўстам на гаспадарскім двары аб'ядноўвалі дзве часткі патрылінейнага роду – адышоўшых з жыцця продкаў і іх жывых нашчадкаў. Дары, якія перадаваліся гаспадарамі для Кўста, былі прызначаны для продкаў роду. Цыры-



Убранне дзяўчыны-Кўста ў зеляніну з выкарыстаннем аеру. Вёска Асаўніца, Іванаўскі раён Брэсцкай вобласці. 1996 г. Фота В. Шарай



монія паўтаралася на дварах іншых гаспадароў. Па заканчэнні абраду зеляніну з жанчыны здымалі. Ён заканчваўся калектыўным застоллем.

Важна адзначыць, што ў публікацыях з сярэдзіны XIX да пачатку XXI ст., якія ўключалі эмпірычныя даныя аб абрадзе «ваджэння Кўста», былі зафіксаваны пэўныя архаічныя кампаненты яго першапачатковай формы. Паколькі змяняліся сацыяльныя ўмовы існавання, абрад перацярпеў значную трансфармацыю. Ён склаўся ў іншых гістарычных умовах і адпавядаў гістарычным формам сям'і і сістэмам роднасці, адрозным ад тых, што мелі месца ў беларусаў пасля XVI ст. У абрадзе «ваджэння Кўста» знайшлі адлюстраванне важнейшыя рысы патрыліейна-родавых адносін, вытокі якіх звязаны з такой гістарычнай формай сямейна-родавай арганізацыі, як дворышча [4], якой гэты абрад арганічна адпавядаў. Абавязковым для такога сацыяльнага ўладкавання было адзінства тэрыторыі, кроўнароднасных сувязей па мужчынскай лініі і патрыярхальнай сямейнай рэлігіі. Абрад і адпаведныя яму рэлігійныя ўяўленні былі рэгулятарам адносін паміж жывымі і памерлымі членамі роду [4].

Атрыманыя даныя дазвалялі зрабіць выснову аб вызначальным значэнні ў абрадзе «ваджэння Кўста» ідэі культу патрыліейнага роду [4]. Ахвяраванні для продкаў павінны былі забяспечыць увесь комплекс умоў, неабходных для жыццядзейнасці роду, у тым ліку і ўмовы для росту раслін [4].

Вытокі культу продкаў звязаны з гістарычнымі формамі патрыярхальнай сацыяльнай



Дыялог абрадавай групы жанчын на чале з Кўстам з гаспадыняй хаты. Вёска Буса, Іванаўскі раён Брэсцкай вобласці. 1996 г. Фота В. Шарай

структуры. Распаўсюджванне ў мінулым патрыліейна-комплексных сям'яў было вызначальным фактарам, які садзейнічаў узнікненню і захаванню абрадаў ушанавання продкаў у беларусаў. Смерць галавы такой сям'і, заснаванай на кроўнай роднасці па мужчынскай лініі, не прыводзіла да яе распаду і падзелу зямлі. Агульны культ продкаў быў ідэалагічнай асновай для захавання патрыліейна-комплексных

сямейных форм на працяглым гістарычным этапе.

На змяненне абрадаў ушанавання продкаў вялікі ўплыў аказала прыняцце хрысціянства і змяненне гістарычных форм сям'і і сістэм роднасці. Абрадавыя практыкі і адпаведныя ім родаваарыентаваныя ўяўленні ў традыцыйнай культуры беларусаў былі звязаны з такімі гістарычнымі сямейна-родавымі структурамі, як дворышча. Дворышчы былі шырока распаўсюджаны да XVI ст. У XVI і XVII ст. сямейныя абшчыны



Развітанне дзяўчыны з бацькоўскім домам. Гарыздрычы, Кобрынскі павет. Фота Ю. Абрэмскага, 1934–1937 гг.



ва ўсходнееўрапейскім рэгіёне ўжо знаходзіліся ў пераходным стане. У новых сацыяльна-гістарычных умовах дамінуючай формай паселішча стала сяло.

Нягледзячы на тое, што першапачатковая сацыяльная аснова, якая спараджала культ продкаў, распалася, родавая свядомасць, заснаваная на такой ідэалогіі, яшчэ доўга праяўляла сваю жыццяздольнасць.

У традыцыйнай духоўнай культуры беларусаў родаваарыентаваныя ўяўленні былі ўяўна выражаныя ў вясельнай абраднасці. У патрылінейна-комплексных сем'ях вяселле для нявесты азначала адыход з сям'і, роду. Адпаведна, колькасны склад жанчын такіх сем'яў папаўняўся ў выніку жаніцбы мужчын. Такім чынам, шлюб для жанчыны быў не толькі пераходам нявесты ў іншую полаўзроставую групу, але і ў іншую сям'ю.

Праведзеныя даследаванні паказалі, што ў рэгіёнах Усходняй і Паўднёва-Усходняй Еўропы, Карэліі, Усходняй Фінляндыі наяўнасць такога элемента вясельнай абраднасці, як абрадавае развітанне нявесты з бацькоўскім домам, родам, карэлье з абласцямі распаўсюджвання ў мінулым патрылінейна-комплексных сем'яў [6].

Ва ўсходняй і паўднёваўсходняй еўрапейскай прасторы вяселле для нявесты значыла растанне з мінулым жыццём, пераход у іншую сям'ю, далучэнне да чужога роду. У такой традыцыі плач нявесты быў абавязковым. Як адзначаюць інфарманты, «як забываюць, то плачэ кажна молодая, бо ж выходць з дому, да й ідэ в чужую

хату» (в. Багданаўка Лунінецкага раёна Брэсцкай вобласці). Кожная маладая абавязкова павінна ў пэўныя моманты вяселля плакаць, гэта, як лічылася, неабходна для вымольвання сабе ў Бога шчаслівай у будучыні замужняй долі. Сіроты ўяўляюць сабой асобную катэгорыю, на якую ў два разы больш уплываў гэты закон [12].

У сіроцкай вясельнай абраднасці традыцыйныя родаваарыентаваныя ўяўленні праяўляліся найбольш яскрава. Акрамя абавязковых рытуальных дзеянняў вяселле сіраты адрознівалася сваімі характэрнымі элементамі на рытуальным і вербальным узроўні. Хаця сірот благаслаўляюць хросныя бацькі, родны дзядзька, брат, якія замяняюць бацькоў, гэта не лічыцца дастатковым, пра што сведчаць некаторыя асаблівасці вясельнага рытуалу і тэксты сіроцкіх песень. Нявеста-сірата абавязкова павінна атрымаць благаслаўненне бацькоў. Сіле бацькоўскага благаслаўнення надавалася вялікае значэнне, з ім было звязана забеспячэнне дабрабыту маладой.

У пачатку першага дзесяцігоддзя ХХІ ст. традыцыйныя ўяўленні пра сірату сталі разглядацца з новых пазіцый – у кантэксце даследаванняў народнай рэлігійнасці, асаблівасцей родаваарыентаваных уяўленняў у міжкультурным параўнанні [4, 10].

Традыцыя, калі сірата-маладая (малады) перад вяселлем або менавіта перад вячаннем ішлі на могількі і запрашалі памерлага бацьку (маці) на вяселле, была шырока распаўсюджанай у беларусаў. Звароты нявесты-сіраты да бацькоў на магіле часта ўключалі эле-

менты, якія былі характэрныя для пахавальных галашэнняў.

Галоўным матывам сіроцкіх песень беларусаў з'яўляецца пошук сіратой магілы бацькоў і зварот з просьбай благаславіць. Варыянты песні з дадзеным матывам шырока распаўсюджаныя ў розных лакальных традыцыях беларусаў. У лакальнай традыцыі Падзвіння намі зафіксавана песня з матывам «кладкі, па якой пераходзяць з “таго свету”», яе выконвалі, як адзначаюць інфарманты, калі «бацька памершы».

У сіроцкіх вясельных песнях беларусаў прадстаўлены матыў з просьбай-зваротам нявесты-сіраты да свайго бацькі (маці) прыйсці на вяселле – устаць хоць на адзін дзень, вечар, гадзіну: «Устань, устань, родная матуля, не ляжы, // Ты для мяне гэты дзеньчак памажы» (в. Міхалішкі Астравецкага раёна Гродзенскай вобласці); «Устань, устань, мая мамачка, ні ляжы, // Хоць жа ты мне адзін вічарок памажы. // Хоць на мяне ты ў вяночку паглядзі» (в. Калягі Докшыцкага раёна Віцебскай вобласці); «Устань, татачка, устань, родненькі, хоць на 'дну гадзіначку. // Да я хадзіла, да я прасіла ўсю сваю радзіначку. // Адзін, татачка, не йдзеш, не едзеш мяне благаслаўляці» [1].

У вясельным абрадзе сіраты глыбока адбіліся асаблівасці народнай рэлігійнасці беларусаў, звязанай з культукам продкаў, адлюстраваны традыцыйныя ўяўленні, у адпаведнасці з якімі памерлыя продкі маглі ўплываць на жыццё сваіх родзічаў. Даследаванні традыцыйных уяўленняў пра сірату ў кантэксце народнай рэлігійнасці [10] садзейнічалі істотнаму пашырэнню кола эмпірыч-

ных даных, разгляду тэмы сіраты ў шырокім кантэксце. Гэтая тэндэнцыя перспектыўная і ў далейшым. Новыя даныя, разгледжаныя ў сувязі з ужо наяўнымі, могуць садзейнічаць развіццю даследаванняў традыцыйнай духоўнай культуры беларусаў. Цікавасць уяўляе таксама далейшае вывучэнне тэмы сіраты ў кантэксце звычайнага права, у сувязі з дынамікай гістарычных сямейных структур у беларусаў.

Родаваарыентаваныя ўяўленні былі яўна выражаныя ў пахавальна-памінальнай традыцыі. Патрылінейныя родавыя групы мелі свае ўласныя месцы на могілках, такім чынам магілы размяшчаліся ў адпаведнасці з прыналежнасцю памерлага да канкрэтнай сямейна-родавай групы. Такі парадак лакалізацыі месцаў на могілках, як адзначаў М. Філіповіч, – знак таго, што ўсведамленне агульнага паходжання выходзіла за межы смерці і сапернічала з разуменнем абшчынных сувязяў [11].

Родаваарыентаваныя ўяўленні мелі свае асаблівасці ў абрадавых галашэннях, якія характэрны для пахавальнай і звязанай з ёю памінальнай абраднасці да года пасля смерці, а таксама некаторым іншым абрадам, у якіх цэнтральнай з’яўляецца тэма развітання з тымі, хто пакідаў сям’ю (род). Важны элемент традыцыйных уяўленняў – вера ў сустрэчу памерлага з продкамі, якія знаходзяцца на «тым свеце», што знайшло адлюстраванне ў адпаведных галашэннях.

Даследаванне родаваарыентаваных уяўленняў паказала, што яны з’яўляюцца арганічнай часткай традыцыйнай культуры беларусаў. Гэта абумоўлена іх

связзю з гістарычнымі структурамі сям’і і роднасці, асабліва сям’яна-эканамічнага і культурнага характару. У мінулым, згодна з традыцыйнымі ўяўленнямі, родавыя адносіны не абмяжоўваліся зямным жыццём, а распаўсюджваліся за яго межы, што было характэрна для архаічнай рэлігійнасці. Пры гэтым забяспечваліся не толькі выключна рэлігійныя запатрабаванні і імк-

ненні, а рэгулявалася ўся сфера складаных полаўзроставых, родавых і міжродавых, эканамічных адносін, забяспечвалася жыццёвасць, устойлівае ўзнаўленне ўсталяваных сацыяльных структур і адпаведнага тыпу сацыяльных адносін.

Даследаванне родаваарыентаваных уяўленняў у традыцыйнай культуры з’яўляецца самастойным навуковым напрамкам [4, 5–9]. ■

■ **Summary.** The article, taking into account the data of complex field researches conducted by the author, presents the results of the study of kin-oriented representations, which are an important part of the traditional culture of Belarusians, and their research is an independent scientific direction.

■ **Keywords:** kin-oriented representations, ancestor worship, the patrilineage, the family religiosity, Dzyady, vadzhenne Kústa, the historical family forms and the kinship systems.

■ <https://doi.org/10.29235/1818-9857-2023-05-66-71>

#### СПІС ВЫКАРЫСТАНЫХ КРЫНІЦ

1. Вяселле. Песні ў 6-ці кн. / Склад. Л.А. Малаш; Муз. дадат. З.Я. Мажэйка. Кн. 3. – Мінск, 1983.
2. Цыхун Г.А. Полесские нарубы (лингвотитический аспект) / Г.А. Цыхун // Язык культуры: семантика и грамматика. К 80-летию со дня рождения академика Никиты Ильича Толстого (1923–1996) / Отв. редактор С.М. Толстая. – М., 2004. С. 466–475.
3. Шарая В.М. Арэальнае вывучэнне з’яў духоўнай культуры беларусаў / В.М. Шарая // Весці АН Беларусі. Сер. гуманіт. навук. 1995. №2. С. 78–85.
4. Шарая О.Н. Ценностно-нормативная природа почитания предков / О.Н. Шарая. – Минск, 2002.
5. Шарая В.М. Родавая свядомасць у традыцыйнай духоўнай культуры народаў Усходняй і Паўднёва-Усходняй Еўропы / В.М. Шарая // Мовазнаўства. Літаратуразнаўства. Фалькларыстыка: XIV Міжнародны з’езд славістаў (Охрыд, 2008): Дакл. бел. дэлегацыі / НАН Беларусі; Беларускі камітэт славістаў. – Мінск, 2008. С. 321–334.
6. Шарая В.М. Сацыякультурныя асаблівасці родавых уяўленняў славян у кантэксце традыцыйнай духоўнай культуры еўрапейскіх народаў / В.М. Шарая // Літаратуразнаўства. Фалькларыстыка: XV Міжнар. з’езд славістаў (Мінск, 20–27 жн. 2013): дакл. беларус. дэлегацыі / Нац. акад. навук Беларусі [і інш.]; рэдкал.: А.А. Лукашанец (адк. рэд.) [і інш.]. – Мінск, 2013. С. 333–344.
7. Charaia Olga. Représentations archaïques concernant la lignée dans les lamentations rituelles / Olga Charaia // Cahiers slaves. №13. – Paris, 2013. P. 43–63.
8. Шарая В.М. Родаваарыентаваныя ўяўленні ў традыцыйнай духоўнай культуры беларусаў / В.М. Шарая // Нарысы гісторыі культуры Беларусі // У 4 т. Т. 3. Культура сяла XIV – пачатку XX ст. Духоўная культура / А.І. Лакотка [і інш.]; навук. рэд. А.І. Лакотка. – Мінск, 2016. Кн. 2. С. 458–481.
9. Шарая Вольга. Каляндарныя абрады ўшанавання продкаў у традыцыйнай культуры беларусаў: праблемы і перспектывы даследавання / Вольга Шарая // Acta Albaruthenica. – Warszawa, 2018. Tom 18. С. 317–332.
10. Шарая Ольга. Традиционные представления о сироте в обрядах жизненного цикла славянских и неславянских народов: доклад на XVI Международном съезде славистов (Белград, 20–27 августа 2018 г.) / Ольга Шарая; Национальная академия наук Беларуси; Белорусский комитет славистов. – Минск, 2018.
11. Filipović M. Methoden der Urbarmachung in Jugoslawien / M. Filipović // Getreidebau in Ost- und Mitteleuropa. Edited by Ivan Balassa. – Budapest, 1972. S. 179–204.
12. Rypirski Alexander. Białoruś: kilka słów o poezji prostego ludu tej naszej pol. prowincji, o jego muzyce, śpiewie, tancach et cetera / Alexander Rypirski. – Paryż, 1840.



# «ОЙ, ТРОЙЦА, СВЯТАЯ БАГАРОДЗІЦА, ХТО ПАСЕЕЎ – УСЁ ХАЙ ЗАРОДЗІЦА»

## Традыцыі святкавання Сёмухі ў беларусаў



**Таццяна Кухаронак,**  
старшы навуковы супрацоўнік  
аддзела нарадазнаўства Цэнтра  
даследаванняў беларускай  
культуры, мовы і літаратуры  
НАН Беларусі, кандыдат  
гістарычных навук, дацэнт

Традыцыйныя каляндарныя святы беларусаў – найважнейшая сфера жыццядзейнасці нашага народа. Каляндарна-абрадавы комплекс выступае адным з найважнейшых чыннікаў, што ўплывае на вызначэнне ідэнтычнасці народа і ўключэнне ў прастору народнай культуры. Святы разгортваюцца на аснове духоўных сувязяў паміж людзьмі і спрыяюць фарміраванню адчування гармоніі быцця, дэманструюць жыццесцвярджальны характар народнага светаразумення. Кожнае з каляндарна-абрадавых святаў мае разгалінаванае мастацкае афармленне і абуджае эмацыйныя перажыванні ўдзельнікаў, што пацвярджае яго каштоўнасць ідэалагічнае значэнне ў грамадстве. Першапачатковыя сакральныя сэнсы абрадаў трансфармуецца ў вобразна-паэтычную форму калектыўных дзеянняў, якія прайграюцца кожным наступным пакаленнем [1].

Артыкул падрыхтаваны з увядзеннем у навуковы ўжытак новых палявых матэрыялаў, запісаных у экспедыцыях у апошнія дзесяцігоддзі. У адных выпадках апаведы носбітаў традыцый даюць уяўленне аб стане абрадавай практыкі пасляваеннага і зрэдку даваеннага часу, у іншых – абрады зафіксаваныя ў рэканструяваным выглядзе ці ў жывым бытаванні.

У народным календары беларусаў вядома завяршальнае веснавое свята ў гонар заканчэння ўсіх веснавых палявых работ – Сёмуха (Тройца, Сё(-я)мік, Зялёныя Святкі/Свёнткі, Зелянец, Духа, Духаў дзень, Сёмка), аснову якога ў старажытнасці складалі культ расліннасці і культ продкаў. Пасля прыняцця ўсходнімі славянамі хрысціянства



прымеркавана ў праваслаўных да свята ў гонар Святой Тройцы (у католікаў – Спасання Святога Духа на Апосталаў), якое адзначаецца на пяцідзесяты дзень пасля Пасхі (г.зн. на сёмым тыдні – адсюль і назва Сёмуха). У Новым запавеце расказваецца, што на 50-ты дзень пасля ўваскрэсення Хрыста апосталы сабраліся разам, як ім было загадана Сынам Божым. Пачуўся шум, якім суправаджалася сашэсце на апосталаў Святога духа ў выглядзе вогненных языкоў. У свяшчэнным дзействе прымалі ўдзел усе тры іпастасі Боскай Тройцы: Бог-бацька, Бог-сын, Бог-Святы дух. Адсюль і бярэ сваю назву вялікае хрысціянскае свята Тройца.

Сёмушны/траецкі тыдзень – невялікая перадышка ад клапатлівых веснавых сельскагаспадарчых работ. Да Тройцы сталіся папалоць усе грады, бо, паводле ўяўленняў носьбітаў традыцый, тады трава там расці не будзе. Наогул, да Сёмухі вяскоўцы імкнуліся выканаць асноўныя веснавыя сельскагаспадарчыя работы, бо на працягу ўсіх святачных дзён існавала строгая забарона на працу. У мінулым свята доўжылася тры-чатыры дні, у сучасны перыяд гэты тэрмін скарачаецца да аднаго-двух дзён. Па значнасці і ўрачыстасці Сёмуха ў сямейнай носьбітаў традыцый прыраўноўваецца да Вялікадня. У сельскай мясцовасці Беларусі свята было шырока распаўсюджана і мела лакальныя асаблівасці правядзення. Напярэдадні кожная сям'я старанна рыхтавалася да яго, прыбіраўся двор, гаспадарчыя пабудовы, хата.

Асноўны сэнс урачыстасцяў – ушанаванне расліннасці, зеляніны, кветак, дрэў. Упа-

дабанымі дрэвамі беларусаў з'яўляліся бяроза і клён, якія займалі цэнтральнае месца ў сёмушняй абраднасці і звычаяўнасці. Час святкавання Сёмухі (канец вясны – пачатак лета) супадаў з перыядам актыўнага росту раслін, таму і ўпрыгожвалі хаты, гаспадарчыя пабудовы, жывёльныя палі галінкамі дрэў, якія, паводле народных уяўленняў, спрыялі ўрадлівасці зямлі і выпяванню збажыны, давалі такую неабходную ў гэты час вільгаць. «Украшалі хаты зелянню, клёнам. Мае дзеўкі дак у кожную дзірку напіхалі. Абязцельна нада над кароўнікам, над сьвінушнікам, дзе пціца, уваходныя <дзверы>. На вароты, каторыя ў двор заходзяць і каторыя ў хату. У нас гавораць: “Хату ўкрашаю і празьнік сабе ў хату прыглагошаю”. Вешаем і гаворым так» (Валянціна Гаўрыленка, 1945 г.н., в. Васілевічы, Жлобінскі раён, Гомельская вобласць).

Прыбіраўшы хаты і двары, ішлі ў лес, высякалі маладыя дрэўцы ці голле бярозы, дуба, клёна, ліпы, рабіны, іншай зеляніны і прынесенымі галінкамі аздаблялі сцены і вокны хаты, ікону, а падлогу ўсцілалі аерам, сыпалі яго ў хлявы і іншыя гаспадарчыя пабудовы. Траецкую зеляніну на Беларусі называлі «маем». «На Сёмуху трэба было ісці, бярозкі невялікія высякаць і ставілі ў варотах дзве, ля парога – дзве бярозкі. Эта май называлі. Яер <аер> быў, яер рвалі і ўвесь двор свой усцілалі, і на вуліцы проціў свайго дома, і пол у хаце. Палоў дзеравяных жа не было, мо ў пары чалавек, а так з гліны пол. Паталкі ж былі, бэлькі такія, за іх затыкалі май – ліпу ў нас» (Вера Донь, 1938 г.н., в. Крышылоўшчына, Карэліцкі раён, Гродзенская

вобласць). На Віцебшчыне казалі: «Не прыйшло свята ў лес, а лес прыйшоў на свята». Упрыгожвалі зелянінай і калодзеж: «Перад Тройцай ламалі клён і нясылі ў хату, а ў першую вочарадзь на калодзеж. Апусціш журавель ваду браць і наверх уторкнеш вянок з клёну, тады паднімуць – ён <вянок> наварху» (Антаніна Бардзюгова, 1934 г.н., в. Чырвоны Кут, Веткаўскі раён, Гомельская вобласць). Маладыя бярозкі ставілі ў брамцы, перад ганкам, каля плоту: «Перод Тройцай сьсякалі бярозкі, прыносілі домой і закопвалі бярозкі под окном. Бероза, кажуть, спасітэльніца, зашчышае от усёго – трэба, штоб была ў дворы» (Вольга Фіцнер, 1929 г.н., в. Грабяні, Лельчыцкі раён, Гомельская вобласць). Траецкая зеляніна ўспрымалася беларусамі як універсальны абярэг: «Вешалі клён на дзверы, на вокны, на сарай – ад нячыстай сілы абярог такі быў» (Эма Паўлава, 1938 г.н., в. Старая Рудня, Жлобінскі раён, Гомельская вобласць).

Некаторыя дрэвы лічыліся небяспечнымі: «Асіну не нясуць на Тройцу, толькі бярозу. Бярозка харошая дрэва. З асінавых досак няльзя нічога рабіць» (Вера Буцэр, 1933 г.н., в. Галінова, Вілейскі раён, Мінская вобласць).

Паводле вераванняў, траецкай зеляніне надаваліся прадукцыйныя магільныя ўласцівасці: рабілі вянкi, насілі на агарод, клалі іх на капусту, на кожную галоўку асобна, каб капуста вялікая расла. Па стане гэтых галінак нашы продкі вызначалі, якім будзе лета і будучы ўраджай: калі яны засыхалі хутка – трэба было чакаць спякотнага лета, а калі доўга не вялі, лета чакалася мокрае.

Траецкую зеляніну не выкідвалі, а праз тры дні збіралі і выкарыстоўвалі на працягу года як дзейсны сродак аховы ад грому, маланкі, хвароб жывёлы, шкодных насякомых, грызуноў і г.д.: «На Духаў дзень нада выкінуць чараз акно клёны, штоб не ўдарыла граза. Мы ж усякай усячыны наламаем, абторкаем хаты, чэраз нядзелю нада выкідаць ілі занасіць нада ў сарай, штоб сена мышы не паелі» (Галіна Брыкава, 1941 г.н., в. Стары Дзедзін, Клімавіцкі раён, Магілёўская вобласць).

Выкарыстоўвалі траецкую зеляніну і ў народнай медыцыне: «А гэту галінку хаваем. Калісьці нарывы былі на пальцах, цяпер жа мазі да ўсё, а тады прылажваюць к пальцу ці к назе, лісцік размочваюць і прылажваюць. Памагае» (Вольга Міхнавец, 1937 г.н., в.Ананьчыцы, Салігорскі раён, Мінская вобласць). Траецкую зеляніну, якая заставалася, часцей за ўсё спальвалі на купальскім вогнішчы.

У шматлікіх месцах Беларусі ў суботу перад Сёмухай спраўлялі памінальныя Дзяды, у першую чаргу паміналі тапельцаў ці самагубцаў увагуле, ахвяравалі хлеб старцам у надзеі

на ўспамін душы сваякоў-самагубцаў. Магілкі ўпрыгожвалі «маем» і аерам, абмяталі іх бярозавымі венікамі. Вечарам ладзілі памінальную вячэру ў сям'і: «Перад Сёмухай абязцельна Дзяды рабілі, гатавалі капусту, квас, кашу, рыбу. Капусту квашаную варылі, квас –эта поліўка, укінуў грыбок сушаны, ён паварыўся-паварыўся, тады мукі разбалтаў вадою і заліў. Первы блін лажылі на вокна, першы блін парвалі – і на адно акно, на другое палажылі. Эта дзядом, ляжала цэлую ноч, а ўтрам курам атдавалі. Цяперача раблю Дзяды як дзеці прыедуць, пазвоняць, я гатую этыя стравы» (Любоў Ашмянкевіч, 1940 г.н., в. Руткавічы, Карэліцкі раён, Гродзенская вобласць).

У нядзелю раніцай па-святоточнаму апранутыя вяскоўцы ішлі ў царкву (касцёл), дзе асвятчалі розныя палявыя і лугавыя зёлкі. У многіх месцах Беларусі гэтыя зёлкі захоўваліся, звязаныя ў пучкі, на гарышчы, іх клалі ў труну, абкурвалі нябожчыка. «На Тройцу, бывала, пойдзем з мамай у лес, яна гаворыць, што нада ж нарваць бабушке травы: Іван-Мар'я, ландышы, каб пасвятаць. Тады як чалавек умрэць, кладуць

іх у падушку» (Раіса Азарава, 1939 г.н., в.Галоўчын, Бялыніцкі раён, Магілёўская вобласць).

Арганічна ўваходзіў у траецкі абрадавы комплекс абрад «завіваць бярозу», які меў шырокае бытаванне на Магілёўшчыне. Тут завівалі бярозкі (плялі ці завівалі галінкі бяроз, радзей іншых дрэў, якія раслі ці былі ссечаны) часцей за ўсё на Духа, а развівалі праз тыдзень. (Ва ўсходніх славян Духавым днём магло называцца як само свята Сашэсця Духа Святога, якое адзначалася ў панядзелак, так і дзень Святой Тройцы, Пяцідзсятніцы). «Тройца сразу, а патом Духа ў панядзелак, но мы считалі Духа адным днём у васкрасенне. Сабіралісь усім сялом, места ў нас за рэчкаю, мы ўсе ішлі туды атдыхаць, пелі песні, завівалі вянкi ў канцэ ўжо, як пагуляем» (Галіна Брыкава, 1941 г.н., в. Стары Дзедзін, Клімавіцкі раён, Магілёўская вобласць). Канцы галінак адной або некалькіх бяроз згіналі ў кола і замацоўвалі з дапамогай траў, стужак, пры гэтым галінкі часта перапляталі паміж сабой. Асноўнымі выканаўцамі абрадаў на Сёмуху ў беларускай вёсцы мінулага стагоддзя былі дзяўчаты і маладыя жанчыны.



Упрыгажэнне хаты да Сёмухі.  
Ушацкі раён Віцебскай вобласці. Фота Т. Кухаронак



Аер, раскіданы ў двары. Фота Т. Кухаронак



Месцам для завівання бяроз выбіралі тыя гаі, ляскі, паляны, што знаходзіліся паблізу жытнёвага поля, бо тады, паводле вераванняў, «жыта лепей расце». «Як дзяўчонкі былі, вянкі завівалі на Духа, то на бярэзкі дзе заўем, то бывала хадзілі ў жыта, там заўём» (Зінаіда Зяльковіч, 1937 г.н., в. Родня, Клімавіцкі раён, Магілёўская вобласць). Таксама вілі вянкі непасрэдна з жыта на полі. Абрад «завіваць бярозу» суправаджаўся варажбой на вянках з кветак або бярозавых галінак. Дзяўчаты варажылі ў асноўным пра будучае замужжа, жанчыны – пра свой і сваіх родных лёс: у такім выпадку колькасць вянкоў адпавядала колькасці блізкіх людзей: «Ідзе дзяўчына к бярэзке, завіваець яе, звязывала бярэзку лентачкай і гаворіць: “Сужены, ржаны, еслі мая судзьба с табой сыйцісь – то пусць звязаны вяночак астанецца, а еслі мы разыйдземся – пусць эці ветачкі разыйдуцца”. Усе дзяўчаты так загадавалі: я – на адной бярэзке, другая – на другой» (Зоя Буракова, 1938 г.н., в. Недзьвядзь, Клімавіцкі раён, Магілёўская вобласць). Вілі вянкі з кветак, з гаючых і чарадзеіных траў: букавіцы, любісціка, палыну, аэру. Калі вянкі завівалі, дзяўчаты абменьваліся сваім адзеннем, калі ж развівалі – вярталі адзенне адна адной. Вянкі, завітыя на дрэве, абавязкова трэба было праз тыдзень расплесці, каб, згодна з павер'ем, вызваліць дрэва ад пакут і не пашкодзіць свайму здароўю: «Прыкмета такая: калі вянок астанецца не развіты – то будзіць галава балець, будзіць кружэнне ў галаве; а як разавіеш вянок – то будзіць добра табе, цэлы год будзіш здаровай»



Аздабленне абразоў да Сёмухі. Клімавіцкі раён Магілёўскай вобласці. Фота Т. Кухаронак



«Хату ўкрашаю, свята запрашаю». Траецкая зеляніна ў куце. Фота Т. Кухаронак

(Лідзія Саўчанка, 1928 г.н., в. Ліпаўка, Хоцімскі раён, Магілёўская вобласць). Развівалі вянкі і для засцярогі ад русалак: «Вянкі развівалі ў васкрасенне, чараз нядзелю. Гавораць, у такія празьнікі ведзьмы ходзяць, і нада вянкі развіць абязцельна, а то будзець на іх русалка катацца» (Валянціна Кісялёва, 1939 г.н., в. Родня, Клімавіцкі раён, Магілёўская вобласць).

Агульнавядома, што ў фальклорных творах беларусаў бяроза сімвалізавала дзявочую прыгажосць, прывабнасць, стрыманасць, годнасць.

Верагодна, завітая цэлы тыдзень бяроза азначала немагчымасць для дзяўчыны выйсці замуж, таму яны ўвесь гэты тыдзень пазбягалі хлопцаў, мужчын і дзяцей да сваіх таямніц звычайна не дапускалі, бавілі вольны час толькі ў сваёй узроставай групе. Развіванне ж бярозы як бы сімвалізавала вяртанне дазволу дзяўчатам на зносіны з хлопцамі, на падрыхтоўку да шлюбу.

У іншых лакальных традыцыях у гэты дзень вясковыя дзяўчаты «куміліся». Прышоўшы ў лес, пачыналі махаць



Траецкія бярозкі лічылі абярэгам ад злых сіл. Фота Т. Валодзінай



фартухамі і гойдаць бярозу, каб яе галінкі можна было ўхапіць і звязаць з другой суседняй бярозай. Утварыўшы такім чынам своеасаблівую арку, дзяўчаты-сяброўкі, узяўшыся за рукі, парамі праходзілі пад ёй, спяваючы абрадавыя песні: «Ну-тка, кума, пакумімся!/ Ну-тка, дзеўка, пагалубімся!/ Ты мне кума, а я табе,/ С кумой скупіліся,/ Душа з душою злюбіліся». Пасля «кумлення» ўдзельніцы абрада станавіліся неразлучнымі сяброўкамі на ўвесь год. Уся прынесена дзяўчатамі ежа раскладвалася вакол адной са сплеченых і ўпрыгожаных стужкамі бярозак, пад якой і распачыналася святочная трапеза.



Абрад "Ваджэнне куста".  
(www.sb.by)

Часта разам з маладымі жанчынамі і дзяўчатамі ў лес ішла бабуля, якая павінна была ачысціць іх крапівой ад злых духаў. Яна садзілася ў крузе, а дзяўчаты вакол яе вадзілі карагоды; бабуля час ад часу падскоквала і біла дзяўчат крапівою.

У пастухоў былі свае клопаты: каб уратаваць статак кароў ад ваўкоў і паспрыць яго малочнасці, яны завівалі вянкi з галінак бярозы, клёна, ліпы, іншай зеляніны і надзявалі іх на рогі жывёле («за(-у)квечвалі») кароў. Лічылася, што карова будзе здаровая і даваць шмат малака, калі ў Духаўскую суботу прыйдзе з вянком з поля. Адзін вянок пастух аддаваў вечарам гаспадыні, якая яго высушвала і карысталася як магiчным амулетам. За вянок гаспадары адорвалі пастухоў яйкамі, сырам ці іншым падарункам, плацілі грошы. На Віцебшчыне ўважліва назіралі за тым, «якая карова ідзець з поля напярэ́д з вянком: е́слі чорная – ня будзець пагоды, е́слі красная – будзець харошая пагода».

На Сёмуху ў многіх вёсках і мястэчках Беларусі праводзіліся кірмашы, фэсты. Як правіла, ў гэты дзень не толькі вырашалі гаспадарчыя пытанні –

прадавалі, куплялі, але і ладзілі гулянне: «На Духа сабіраемся на базар, туды прывозіць усё, што на свеце ёсць, і ігрушкі дзержавыя і гліняныя, і свiсткі, і міскі, і гаршкі гліняныя, і гребні, і верецёна, і прялкі, што прядуць. Прадаюць і коней, і кароў, і свiнней, і масла, і сала – ой, сколько ўсяго! Можаш і поедаць, і напіцца, і ў двор прынесць. Гармоня на кожным шагу, граюць, танцуюць – вон там кумпанія, тут кумпанія і настолько народу много, што мы не можам прыйці друг кала друга. Арелей многа, содзімся на гэты арелі, у гору як ляціш харашо, а з гары – душа ў пяткі. На базар з усіх дзярэвень сабіраецца маладзёж, парамі пойдучы, знакоміліся дзеўкі з хлопцамі, гулялі» (Кацярына Калініна, 1924 г.н., в. Ляды, Дубровенскі раён, Віцебская вобласць). У некаторых раёнах Міншчыны кірмашы называліся «пiва(-о)», на Гомельшчыне – «залажэньне», «прастольшчына», яны служылі яднанню жыхароў некалькіх пасяленняў: «У нас у дзярэўні кірмаш на Тройцу – з другіх дзярэвень усе з'яжджаліся ў госьці. У кожнай хаці госьці, прыгатаўляліся ўсе. Даўней ведалі радню» (Таццяна Лобач,



Абрад "Ваджэнне куста". (www.brama.brestregion.com)



Абрад "Ваджэнне куста". (www.bel.sputnik.by)

1929 г.н., в. Дзмітравічы, Бярэ-  
зінскі раён, Мінская вобласць).  
На траецкіх кірмашах вірылі  
народныя гуляння, не скан-  
чаліся святочныя застоллі, песні,  
танцы: «На Тройцу на кірмаш  
у Месыціна ўсе ішлі, там танцы,  
клуб – аж гримела ўсё, так тан-  
цавалі. Дамоў ідом, развідня,  
сонца сьвеціць, а мы чараз раку  
с танцаў ідом» (Ганна Казачо-  
нак, 1931 г.н., в. Чыжаха, Бярэ-  
зінскі раён, Мінская вобласць).

Святочны стол быў аба-  
вязковым элементам гулянь-  
няў, на Тройцу імкнуліся пры-  
гатаваць яечню і юшку са све-  
жай рыбы – калі гуляння ішло  
на свежым паветры на беразе  
ракі, возера, на лузе. Апроч  
вітальнай функцыі застолле  
несла і важную сацыяльную  
нагрузку: садзейнічала падтры-  
манню кроўна-сваяцкіх і сусед-  
скіх сувязей у вясковай суполь-  
насці: «Хадзілі ў лес на прыроду,  
на маёўку. Песьні пелі, танца-  
валі, весяліліся, калі бутылачку  
адну возьмуць. Калі які кіліша-  
чак выпіў – і п'еш, павесяліліся  
і ўсё. Ні драк ніякіх, нічога»  
(Вячаслаў Дарваед, 1925 г.н., в.  
Ганцаўская Слабада, Лагой-  
скі раён, Мінская вобласць).

У Заходнім Палессі  
на Тройцу вадзілі «Куста»  
па ўсіх дварах вёскі, заводзілі  
яго на агароды, бо «дзе Куста  
ходзіць, там жытачка родзіць».  
Дзяўчаты хадзілі з «Кустам», які  
рабілі наступным чынам: кляно-  
выя, бярозавыя, ліпавыя галінкі  
звязвалі разам тоўстым канцом,  
на іх надзявалі іншыя, таксама  
разам звязаныя галінкі меншых  
памераў. Выбраная на гэту ролю  
дзяўчына, рассунуўшы рукамі  
галінкі, залазіла ў гэты куст,  
як у мяшок. Галінкі закрывалі яе  
з галавы да ног. На галаву над-  
зявалі вялікі вянок з розных  
траў. Абыходзячы з «Кустам»

усе сядзібы ў вёсцы, выканаўцы  
абраду імкнуліся забяспечыць  
сваім аднавяскоўцам добры  
ўраджай на ніве, плоднасць  
статку, здароўе і дабрабыт. Абы-  
шоўшы ўсе сядзібы, дзяўчаты  
ішлі да студні, клалі на яе вялікі  
кляновы вянок і праз яго даста-  
валі ваду. Гэтай вадой частавалі  
і аблівалі адзін аднаго. У нека-  
тых вёсках на Міншчыне  
і Віцебшчыне абыходы аднавя-  
скоўцаў здзяйснялі пераапра-  
нутыя маскіраваныя ўдзельнікі.  
На Сёмуху вадзілі карагоды  
па вуліцы і па жытнёвым полі:  
«Ой, Тройца, сьвятая Багарод-  
зіца, хто пасееў – усё хай зарод-  
зіцца». Вялікае значэнне і шыро-  
кае распаўсюджанне на Бела-  
русі атрымалі хрэсныя хады  
на Сёмуху па вёсцы, на палі,  
якія мелі асноўную мэту – заха-  
ванне ад неўраджаю, засухі  
і іншых стыхійных бедстваў.

Сёмуха давала асабліва  
вялікія магчымасці для знаём-  
ства і збліжэння моладзі. Адною  
з форм правядзення вольнага  
часу падчас свята на Панямонні  
былі ігрышчы на свежым паве-  
тры – «маёўкі». У другой палове  
дня моладзь збіралася разам  
у вызначаным месцы (у вёсцы  
ці за яе межамі). Запальвалі  
вогнішча, частаваліся прыне-  
сенымі стравамі, спявалі, тан-  
цавалі, гушталіся на арэлях.  
На маёўкі прыходзіла моладзь  
з іншых вёсак, што пашы-  
рала кола знаёмства хлопцаў  
і дзяўчат, давала больш маг-  
чымасцяў для выбару пары.

Сёмуха лічылася сярод  
вясковых жыхароў спрыяльным  
часам для заключэння шлюбаў,  
для вяселляў і стварэння новых  
малых сем'яў: «На Тройцу  
свадзьбы очынь гулялі, бывала,  
што і пар шэсць-сем у адзін  
дзень вянчаліся. Тады ўсім  
танцы, песні, музыка: хто



На Сёмуху. Чэрвеньскі раён  
Мінскай вобласці. Фота Т. Кухаронак

і ў свадзьбе гуляе, і так малад-  
зёжы, па ўсёй вёсцы гулялі.  
Цэлую ноч уся вёска аж гудзела,  
як стануць граць, да спяваць,  
да танцаваць» (Наталля Кніга,  
1938 г.н., в. Мыслава, Слонім-  
скі раён, Гродзенская вобласць).

З панядзелка (Сашэсце Свя-  
тога Духа) пачынаўся Духаў, або  
Русальны, Граны, Клячальны,  
Крывы, Сёмушны тыдзень.  
Гэты тыдзень беларусы вельмі  
шанавалі, не пачыналі ніякай  
новай работы, не пралі, не ткалі,  
не вілі вярвак, не гарадзілі пла-  
тоў, каб у гаспадарцы не здары-  
лася якога-небудзь няшчасця.  
Праўда, на Панямонні адсутні-  
чалі русальныя абрады, як і сам  
тэрмін «русальны тыдзень». Тут  
апошняя нядзеля сёмушнага  
тыдня называлася «Зелянцовай  
нядзеляй» – у гэты час збіралі  
зёлкі, якія пасля асвятчэння  
ў храме выкарыстоўвалі  
ў народнай медыцыне. ■

#### СПІС ВЫКАРЫСТАНЫХ КРЫНІЦ

1. Гужова И.В. Праздник как феномен культуры в контексте целостного подхода: автореф. дис. ... канд. философ. наук: 09.00.13 / И.В. Гужова. – Томск, 2006. С. 3, 14.

# Восстановление сухожилий и связок крупных суставов с применением белорусского анкерного фиксатора

**Александр Мурзич,**

ведущий научный сотрудник РНПЦ травматологии и ортопедии, доктор медицинских наук; [kanc@ortoped.by](mailto:kanc@ortoped.by)

**Роман Сироткин,**

научный сотрудник лаборатории патологии суставов и спортивной травмы РНПЦ травматологии и ортопедии

**Павел Амельченя,**

главный инженер научно-производственного общества с ограниченной ответственностью «Медбиотех»

**Аннотация.** Приведен аналитический обзор литературы и представлен собственный метод хирургического лечения пациентов с повреждением сухожилий и связок крупных суставов с применением белорусской разработки – оригинального анкерного фиксатора. Имплантат изготовлен из титанового сплава марки VT-6, имеет длину рабочей части от 5 до 16 мм, диаметр резьбы от 3 до 6,5 мм. Оригинальная конструкция предусматривает введение нескольких нитей в отверстие анкера, обеспечивает его прочную фиксацию в кости, в том числе и при артроскопических операциях. Предложенный авторами метод малотравматичен, безопасен и эффективен как для восстановления поврежденных структур, так и экономически, благодаря сокращению длительности госпитализации и последующего восстановления и уменьшению затрат на лечение из-за более низкой стоимости отечественной конструкции по сравнению с импортными аналогами.

**Ключевые слова:** анкер, восстановление сухожилия и связки.

**Для цитирования:** Мурзич А., Сироткин Р., Амельченя П. Восстановление сухожилий и связок крупных суставов с применением белорусского анкерного фиксатора // Наука и инновации. 2023. №6. С. 78–83. <https://doi.org/10.29235/1818-9857-2023-06-78-83>

Операции по восстановлению связок и сухожилий, поврежденных в результате спортивных, профессиональных или бытовых травм, – наиболее распространенные хирургические вмешательства в современной травматологии и ортопедии [1]. Отрывные повреждения сухожилий и связок составляют до 25% от всех нару-

шений мягких тканей опорно-двигательного аппарата и чаще встречаются у лиц трудоспособного возраста [2]. Наиболее приемлемый метод лечения для данной группы пациентов – хирургическая рефиксация, при этом минимизация оперативного вмешательства считается одним из главных условий для достижения наилучшего функционального результата.



Методики рефиксации мягкотканых структур к кости с применением трансоссального шва, анкерных фиксаторов, фиксации при помощи кортикальной пуговицы либо их комбинация широко распространены. С целью анализа их эффективности L. Sherman с соавт. использовали 24 свежемороженых кадаверных препарата верхней конечности, которые были разделены на три группы в зависимости от типа используемой фиксации, и одну контрольную группу, в которой нагружали нативное сухожилие. В результате проведенных исследований авторы доказали, что все эти методики демонстрируют одинаковую биомеханическую прочность во время циклических нагрузок и выбор того или иного метода зависит от предпочтений хирурга [3]. В ходе других исследований также выяснилось, что прочность прикрепления нативного сухожилия к кости значительно превышает прочность любого из используемых методов фиксации и составляет 74,8–61,6 Н/мм, максимальная нагрузка до разрыва равнялась 1454,8±795,7 Н [4] или 17–22 кг [5].

В группе, где выполнялась рефиксация, были получены следующие результаты (таблица) [4].

Siebenlist S., Lenich A. и соавт. провели исследование, в котором сравнили прочность фиксации сухожилия двуглавой мышцы плеча анкерными швами, трансоссальным швом и кортикальной пуговицей на предплечье трупа [6]. Не было отмечено значимой разницы при циклическом (до 3600 циклов) тестировании с нагрузкой от 50 Н. Однако

было показано, что осевая нагрузка может привести к вторичному повреждению чаще при фиксации сухожилия трансоссальным швом (307±142 Н), чем при различных анкерных и кортикальных вариантах (пуговица или интерферентный винт) (220±54 и 187±64 Н). Recordon J.A. и соавт. сравнили метод фиксации кортикальной пуговицей с вариантом фиксации сухожилия анкерным швом и констатировали большую прочность первого подхода [7].

Hasan S.A., Cordell C.L. с соавт. провели биомеханическое сравнение интактного сухожилия двуглавой мышцы плеча с оперированным сухожилием, восстановленным с применением двух методов фиксации: интерферентным винтом и трансоссальным швом на трупном материале. Не было установлено значимых отличий по критериям силы и прочности фиксации интактного сухожилия с первым вариантом, в то время как второй способ оказался менее прочным в месте реинсерции [8, 9].

На практике особой группой пациентов с повреждением мягкотканых структур являются пациенты с дегенеративными изменениями в связках и сухожилиях, а также с первичным и вторичным остеопорозом, что затрудняет реинсерцию в результате снижения прочности костной ткани, и, соответственно, повышает вероятность прорезывания

шва через кость или миграции импланта. В эту группу входят мужчины старше 50 лет и женщины в постменопаузе [10].

L. Horoz с соавт. в проведенном исследовании на 72 кадаверных материалах в 6 группах применял комбинации размеров, типов и количества анкеров для фиксации сухожилия к кости. Исследование показало, что два спонгиозных 5 мм шовных анкера обеспечивают максимально прочную фиксацию сухожилия к остеопоротической кости, по сравнению с другими конструкциями [11].

Joо Han Oh в своей работе оценил прочность на отрыв анкерного шва, основываясь на углах установки и тяги анкера. Для этого использовались модели синтетической кортикальной кости толщиной 3 мм разной плотности (0,16 и 0,32 г/см<sup>3</sup>). Анкеры были установлены под углом 45°, 60°, 75° или 90° к поверхности и вытянуты под углами от поверхности 45° и 90°. Результаты показали, что прочность на вырывание была значительно выше при постановке анкера в материалах с высокой плотностью, чем с низкой (все  $P < 0,05$ ). Прочность на отрыв была выше при 45°, чем при угле тяги 90°, и значительно выше при угле введения 90° и 75°, чем при угле введения 45° [12]. Угол постановки шовного анкера должен повторять угол приложенной нагрузки, чтобы обеспечить оптимальную прочность на отрыв [13].

Метод рефиксации	Пуговичный фиксатор	Якорная (анкерная) фиксация	Трансоссальный шов
Приложенная сила	46,2 Н/мм	45,9 Н/мм	44,2 Н/мм
Максимальная нагрузка до разрыва	353,5±88,3 Н	292,0±73,3 Н	359,2±110,4 Н

Таблица. Результаты рефиксации в зависимости от применяемого метода



Рис. 1.  
Анкерный  
фиксатор  
НП ООО  
«Медбиотех»

На практике выбор метода лечения и хирургического подхода зависит в большей степени от наличия фиксирующей конструкции. Это подтверждает актуальность создания и внедрения оригинальных анкерных отечественных фиксаторов и инструментария для достижения восстановления анатомической целостности сухожилий и связок, а также функции конечности. Наличие необходимых имплантатов позволит расширить показания к малоинвазивному хирургическому лечению повреждений сухожилий и связок различной локализации, повысить его доступность и эффективность, снизить уровень возможных осложнений.

## Материалы и методы

В Республиканском научно-практическом центре травматологии и ортопедии совместно с НП ООО «Медбиотех» разработаны анкерный фиксатор и комплект установочного инструментария, предназначенные для фиксации сухожилий и связок к кости при проведении хирургического лече-

ния по поводу травматических или дегенеративных повреждений. Фиксатор изготовлен из титанового сплава марки ВТ-6 и соответствует требованиям гигиенической безопасности. Проведены его клинические испытания на основании положительного решения Ученого совета и с разрешения комитета по этике РНПЦ травматологии и ортопедии (протокол №2 от 23.03.2022 г.).

Фиксатор анкерный имеет длину рабочей части от 5 до 16 мм, диаметр резьбы от 3 до 6,5 мм. Конструкция предусматривает введение 1–2 нитей USP 1,0–2,0 в отверстие фиксатора и закрепление способом, исключающим их повреждение (перетирание) наконечником отвертки при ввинчивании анкера (рис. 1). Устройство винта обеспечивает его прочную фиксацию на наконечнике отвертки без дополнительных приспособлений в процессе ввинчивания для возможности артроскопического использования.

Для проведения испытаний отобраны 6 пациентов мужского пола в возрасте от 18 до 65 лет. У 4 из них операция выполнена по поводу застарелого повреждения сухожилия надостной мышцы плеча, у 1 – последствий травматического вывиха плеча, и у 1 – застарелого повреждения пяточно-малоберцовой связки голеностопного сустава. Для оценки функции плечевого сустава использован вопросник ASES (American Shoulder and Elbow Surgeons) [14], состояния стопы и голеностопного сустава – визуальная аналоговая шкала VAS FA (Visual Analogue Scale Foot and Ankle) [15]. Оценка проводилась перед операцией, через 1,5 и 3 мес. после вмешательства.

В ходе исследования измерялись следующие показатели:

- динамика клинической симптоматики;
- данные рентгенологического и/или МРТ обследования;
- продолжительность курса лечения пациентов в стационаре;
- оценка частоты развития осложнений;
- анкетирование персонала для определения удобства использования изделий, информативности инструкции по применению;
- оценка тестов на коррозионную стойкость, устойчивость к дезинфекции.

## Результаты и обсуждение

Объем оперативного вмешательства при разработанном методе лечения с помощью оригинального анкерного фиксатора уменьшен в 2 раза (менее 4 см) за счет сокращения размеров хирургического доступа, по сравнению с применявшимся ранее стандартным подходом при выполнении чрезкожного шва. Послеоперационные раны у всех пациентов зажили первичным натяжением, воспалительных, аллергических реакций не выявлено. Положительные результаты получены во всех 6 случаях.

После операций на плечевом суставе количество баллов по шкале ASES в первой контрольной точке обследования (1,5 мес.) составило от 85 до 100 баллов, во второй (3 мес.) – от 96,6 до 100 баллов (в начальной точке – от 18,3 до 66,6). После фиксации пяточно-малоберцовой связки в 1,5 мес. результат составил

145 баллов по шкале VAS FA, в 3 мес. – 183 балла (в начальной точке – 129). Проведенное лечение позволило улучшить клиническое состояние поврежденной конечности на 78,3 балла. Средняя длительность стационарного лечения равнялась 6,1 дня, что в 2 раза меньше, чем при консервативном лечении.

По данным МРТ, во всех 6 (100%) случаях выявлены признаки приращения мягкотканых структур в зоне их анатомического крепления. Повторного разрыва/отрыва сухожилия/связки, миграции анкерного фиксатора, разрыва шва за время наблюдения (3 мес.) не установлено. Осложнений и отрицательных реакций не наблюдалось.

Оценивая результаты лечения пациентов с повреждениями связок и сухожилий, нами выявлен ряд недостатков используемых на практике подходов:

- поздняя диагностика повреждений на амбулаторном этапе в связи с несвоевременным обращением пациентов;
- длительное консервативное лечение в случаях, где имеются показания к операции;
- затруднение в применении транссоссального шва при проведении операций у пациентов с остеопорозом ввиду отсутствия прочной фиксации сухожилия к кости;
- произвольная область реинсерции при транссоссальном шве, что не соответствует анатомической зоне фиксации сухожилия и удлиняет период реабилитационного лечения;
- длительная иммобилизация, позднее восстановление функции сустава, что увеличивает затраты на лечение

*пациента и длительность его нетрудоспособности;*

- *тактика хирургического лечения в большинстве случаев определяется не топографо-анатомическими особенностями повреждений сухожилий и связок, а наличием фиксатора и постановочного инструментария.*

Перспективы улучшения результатов лечения подобных повреждений связаны со снижением травматичности хирургических вмешательств, что достигается применением анкерных систем фиксации [16]. Использование разработанного отечественного анкера и инструментария для его имплантации не требует значительного обнажения костной поверхности и позволяет выполнить фиксацию оторванного сухожилия (связки, капсулы) из небольшого хирургического доступа либо артроскопически, через прокол кожи. Проведенные нами ранее исследования показали, что анкерные винты любого типоразмера имеют прочность выше, чем прочность их фиксации в костной ткани [17]. При критическом осевом воздействии на винт он гарантированно полностью извлекается из кости, не обламываясь. Чем больше угол между

продольной осью анкерного винта и направлением связки, тем более надежна фиксация винта в костной ткани. Для связок крупных размеров целесообразно применять не менее двух подобных фиксаторов.

Несмотря на высокую эффективность метода, его широкое использование ограничено отсутствием имплантатов отечественного производства. Наша разработка позволит повысить доступность и эффективность лечения пациентов с данными повреждениями, включая также экономический аспект, связанный с применением дешевого импланта, обладающего качеством, равноценным импортным аналогам.

**Клинический пример.** Пациент Д., 59 лет, поступил с диагнозом застарелое травматическое повреждение вращательной манжеты плеча. При осмотре предъявлял жалобы на боль, ограничение движений в плечевом суставе. Обстоятельства травмы: около 4 мес. назад при подъеме тяжести почувствовал боль в плечевом суставе. В течение последних 2 мес. отмечает усиление болевого синдрома, прогрессирует ограничение движений. Консервативное лечение без эффекта (рис. 2).

При первичном осмотре в области правого надплечья

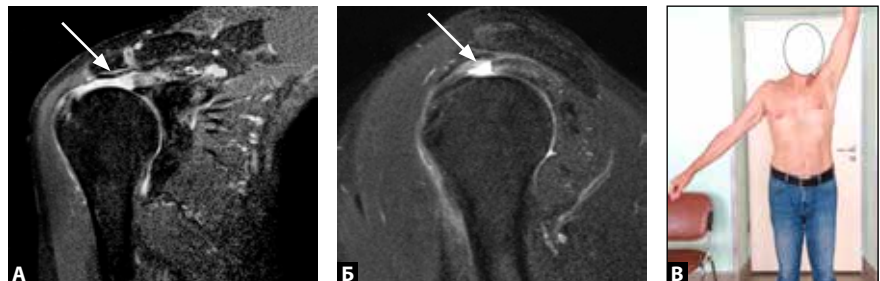


Рис. 2. Клинико-инструментальные данные до операции:  
А, Б – разрыв сухожилия надостной мышцы (стрелка) по данным МРТ;  
В – максимальное отведение правого плеча 30°



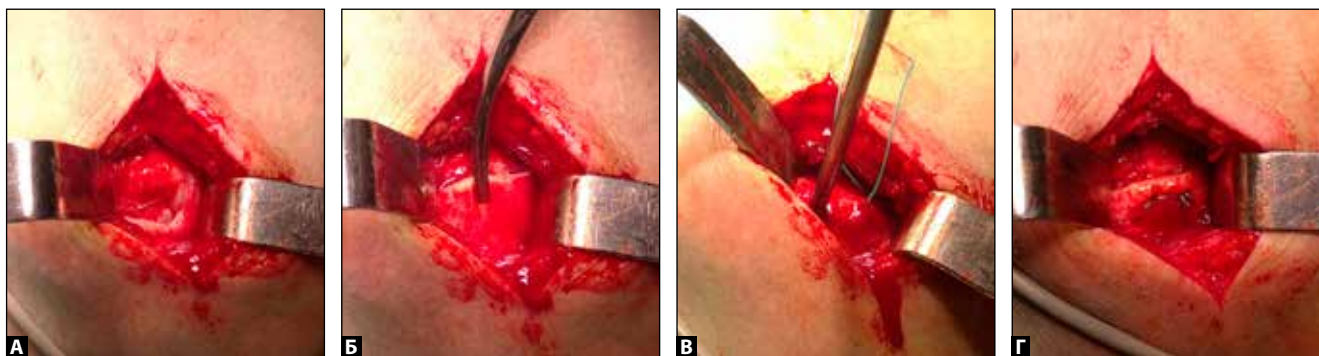


Рис. 3. Анкерный шов вращательной манжеты правого плеча, этапы операции. **А** – разрыв манжеты, **Б** – манжета мобилизована на место будущей фиксации, **В** – ввинчивание анкера с помощью отвертки, **Г** – анкерный шов



Рис. 4. Рентгенограмма плечевого сустава на 3-и сутки после операции

и плеча отмечается умеренная гипотрофия мышц. При пальпации – боль в области плечевого, акромиально-ключичного суставов и области большого бугорка плечевой кости. Активные

и пассивные движения в правом плечевом суставе ограничены, болезненны: активное отведение 30°, сгибание – 45°; пассивное отведение 110°, сгибание 120°; ротационные движения резко болезненны, ограничены. Общий балл по ASES составил 38,3 (неудовлетворительно).

По стандартной методике, через трансдельтовидный доступ произведен анкерный шов вращательной манжеты правого плеча (2 анкера производства «Медбиотех» 5,0 мм). После операции конечность фиксирована на отводящей шине. Ход операции и рентгенологический контроль представлены на рис. 3 и 4. Срок стационарного лечения составил 5 дней, временной нетрудоспособности – 45 дней.

При осмотре через 3 мес. после операции в области правого надплечья и плеча отмечается незначительная гипотрофия мышц. Пальпация области плечевого сустава безболезненна. Объем движений: активное отведение 90°, пассивное отведение 140°, активное сгибание в плечевом суставе 110°, пассивное сгибание 150°, активное разгибание 35°, ротационные движения ограничены, безболезненны, дефицит наружной ротации плеча 10°, внутренней ротации 20° от здоровой конечности (рис. 5). Общий балл по ASES при осмотре через 1,5 мес. после операции составил 86,6, через 3 мес. – 98,3 (отличный).

Использование в данном случае предложенного метода лечения повреждений сухожилий и связок крупных суставов с применением разработанного анкерного фиксатора с установочным инструментарием после 4-месячного безуспешного консервативного лечения позволило сократить объем оперативного вмешательства за счет уменьшения размеров хирургического доступа в 2 раза, сократить количество койко-дней в 2 раза, улучшить клиническое состояние поврежденной конечности



Рис. 5. Функция оперированной конечности через 3 мес. после операции

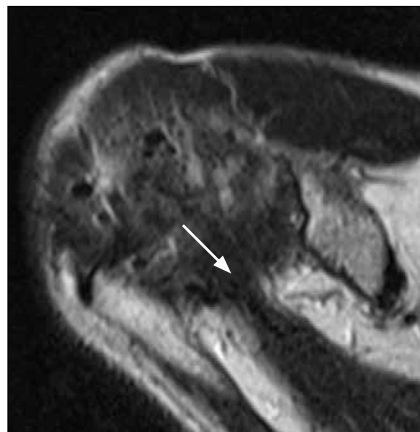


Рис. 6. МРТ плечевого сустава через 3 мес. после операции. Стрелками обозначено восстановленное сухожилие надостной мышцы

по шкале оценки функции плечевого сустава ASES с 38,3 балла до 98,3 балла, восстановить трудоспособность пациента через 45 дней после операции. Корректное положение сухожилия надостной мышцы подтверждается данными МРТ (рис. 6).

Предложенный метод малотравматичен, безопасен и эффективен, он может применяться в лечении повреждений сухожилий и связок крупных суставов любой локализации.

## Заключение

Реконструктивные операции при повреждениях сухожильно-связочных структур, выполненные в первые недели после получения травмы, в комплексе с реабилитационным лечением дают наилучший функциональный результат. Разработанный анкерный фиксатор белорусского производства позволяет выполнить хирургическое вмешательство малоинвазивно и артроскопически, может быть использован на фоне остеопороза, создает условия для анатомического восстановления поврежденных структур. Экономическая

эффективность разработки заключается в уменьшении расходов бюджетных средств за счет сокращения длительностей госпитализации и нетрудоспособности, снижения затрат на амбулаторный и стационарный этап лечения, более низкой стоимости по сравнению с импортными аналогами. ■

■ **Summary.** This publication presents an analytical review of the literature and analyzes the own results of surgical treatment of patients with large joints tendons and ligaments damages using a Belarusian-made anchor fixator. The implant is made of titanium alloy, has a working part length from 5 to 16 mm, a thread diameter from 3 to 6,5 mm. The original design provides for the introduction of several threads into the anchor hole, ensures its strong fixation in the bone, including during arthroscopic operations. The method proposed by the authors is low-traumatic, safe and effective both for restoring damaged structures and economically, due to a reduction in the duration of hospitalization and subsequent recovery and a reduction in treatment costs due to the lower cost of the Belarusian construction compared to imported analogues.

■ **Keywords:** anchor, tendon and ligament repair.

■ <https://doi.org/10.29235/1818-9857-2023-06-78-83>

Статья поступила  
в редакцию 12.09.2022 г.

## СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Spontaneous tendon ruptures. Etiology, pathogenesis and therapy / H. Resch, H. Breitfuss // *Orthopade*. 1995. Vol. 24, №3. P. 209–219.
2. Etiology and pathophysiology of tendon ruptures in sports / P. Kannus, A. Natri // *Scand. J. Med. Sci. Sports*. 1997. Vol. 7, №2. P. 107–112.
3. Biomechanical analysis of the pectoralis major tendon and comparison of techniques for tendo-osseous repair / S.L. Sherman [et al.] // *The American Journal of Sports Medicine*. 2012. Vol. 40, №8. P. 1887–1894.
4. Разрывы большой грудной мышцы и ее сухожилия: обзор литературы и наш опыт лечения / Г.М. Кавалерский, А.П. Середа, Д.А. Никифоров // *Травматология и ортопедия России*. 2015. №2. P. 117–131.
5. Исследование прочностных характеристик нового биоматериала для пластики поврежденных связок и сухожилий / С.В. Сиваконь, А.Н. Митрошин, А.К. Абдуллаев: материалы IX Междунар. конгресса «Здоровье и образование в XXI веке». — М., 2008.
6. Biomechanical *in vitro* validation of intramedullary cortical button fixation for distal biceps tendon repair: a new technique / S. Siebenlist [et al.] // *The American Journal of Sports Medicine*. 2011. Vol. 39, №8. P. 1762–1768.
7. Endobutton versus transosseous suture repair of distal biceps rupture using the two-incision technique: a comparison series / J.A. Recordon [et al.] // *Journal Shoulder Elbow Surgery*. 2015. Vol. 24, №6. P. 928–933.
8. Two-incision versus one-incision repair for distal biceps tendon rupture: a cadaveric study / S.A. Hasan [et al.] // *Journal Shoulder Elbow Surgery*. 2012. Vol. 21, №7. P. 935–941.
9. Distal Biceps Tendon Injuries / R.G. Miyamoto, F. Elser, P.J. Millett // *The Journal of Bone and Joint Surgery*. 2010. Vol. 92, №11. P. 2128–2138.
10. Клинические рекомендации. Остеопороз. Министерство здравоохранения Российской Федерации, 2016.
11. Suture Anchor Fixation in Osteoporotic Bone: A Biomechanical Study in an Ovine Model / Levent Horoz [et al.] // *Arthroscopy The Journal of Arthroscopic and Related Surgery*. — 2017. Vol. 33, №1. P. 68–74.
12. Pullout Strength of All-Suture Anchors: Effect of the Insertion and Traction Angle — A Biomechanical Study / Joo Han Oh [et al.] // *Arthroscopy: The Journal of Arthroscopic and Related Surgery*. 2018. Vol. 34, №10. P. 2784–2795.
13. Biomechanical Study: Determining the Optimum Insertion Angle for Screw-In Suture Anchors — Is Deadman's Angle Correct? / R.N. Green [et al.] // *Arthroscopy: The Journal of Arthroscopic and Related Surgery*. 2014. Vol. 30, №12. P. 1535–1539.
14. American Shoulder and Elbow Surgeons Standardized Assessment Form: Russian Cross-Cultural Adaptation and Validation / D.O. Ilin [et al.] // *Traumatology and orthopedics of Russia*. 2020. Vol. 26, №1. P. 116–126.
15. A new foot and ankle outcome score: Questionnaire based, subjective, Visual-Analogue-Scale, validated and computerized / M. Richter [et al.] // *Foot and Ankle Surgery*. 2006. Vol. 12, №4. P. 191–199.
16. Patrick J. Denard, Stephen S. Burkhart. The Evolution of Suture Anchors in Arthroscopic Rotator Cuff Repair, *Arthroscopy* // *The Journal of Arthroscopic & Related Surgery*. 2013. V. 29, №9. P. 1589–1595.
17. А.Э. Мурзич. Исследование прочностных характеристик моделей анкерных фиксаторов / А.Э. Мурзич, М.А. Герасименко, Р.С. Сироткин, А.С. Амелеченя // *Военная медицина*. 2021. №4. С. 83–90.

*Yulia Vasilishina*

**We are 20 years old!..... 4**

The article deals with the marathon of open scientific and popular lectures organized by the editorial staff of the journal «Science and Innovations» in connection with the 20th anniversary of the edition.

*Mikhail Myasnikov*

**Priorities of the Eurasian Economic Union 2030+. Scientific and practical approach ..... 7**

There are outlined the present key problems of the EAEU, ways to solve them, and the prospects for the alliance.

*Vladimir Ryzhikov*

**The main results of Belarus' expedition activities in Antarctica..... 11**

The author gives an overview of the results of the Belarus' activities in Antarctica.

*Arkady Ivanov, Alexey Malinka, Anatoly Chaikovsky, Igor Alekseev, Vladislav Bazylevich and others*

**Studies of atmospheric suspended particles and snow cover..... 15**

The authors present the results of the atmospheric particles and the earth surface optical properties research, equipment for monitoring the snow cover and atmospheric aerosols, satellite data processing.

*Yuri Giginyak, Vladislav Myamin, Egor Korzun*

**Investigations of the Belarusian biologists..... 19**

The authors analyze the results of Antarctic marine, freshwater and terrestrial ecosystems flora and fauna investigations of the Belarusian biologists.

*Olga Kandelinskaya, Elena Grishchenko, Alexey Yantsevich, Yaroslav Dichenko, Alexander Andrianov and others*

**Cryptogamic flora of East Antarctica: phytochemical and pharmaceutical potential..... 23**

The article considers the comprehensive study of the phytochemical and pharmacological potential of the East Antarctic cryptogamic flora. The necessity of finding the promising bipolar species is shown.

*Sergey Kakareka, Tamara Kukharchik*

**Snow cover research..... 28**

The scientific directions, research areas, methodological approaches and some research results of the Antarctic snow cover, carried out within the framework of the Belarusian Antarctic Program, are described.

*Radim Haretsky, Yaroslav Gribik, Pavel Shablyko*

**Geological and geophysical research on Enderby Land..... 33**

The author analyzes the results of geological and geophysical studies for the 15-year period of the Belarusian Antarctic expeditions in the Mount Vechernyaya region.

*Lyubov Shumskaya*

**Scientific activity and entrepreneurship..... 38**

There were presented the problem issues related to the regulation of science and business interaction, the main obstacles for the scientists participating in the commercial implementation of innovative projects, and the proposals were made to improve the situation.

*Tatiana Kuprevich*

**Opportunities and risks of global value chains digitalization..... 41**

The article considers the benefits of introducing digital technologies into the links of global value chains, identifies potential risks and constraints to this process.

*Katsiaryna Tauhen, Pavel Shvedko*

**The entry of Belarusian exporters into the markets of Indonesia and Malaysia..... 46**

The article analyzes the prospects of foreign trade between the Republic of Belarus and the Republic of Indonesia as well as Malaysia, and considers the features of doing business on these markets.

*Iryna Yemelyanovich*

**On the way to post-lithium technologies..... 52**

It's an interview with the Director General of the Scientific and Practical Center of the National Academy of Sciences of Belarus for Materials Science, corresponding member Valery Fedosyuk about the Center's developments of the energy storage devices.

*Peter Vityaz, Valery Fedosyuk, Igor Makoed, Kazimir Yanushkevich*

**The use of rare earth elements in techware..... 58**

The article summarizes information on the use of rare earth elements in technical devices, identifies fundamental problems, the solution of which intensifies these metals used in new generation microelectronics.

*Volha Sharaya*

**Kin-oriented representations in the traditional culture of Belarusians and peculiarities of their research. P. 2..... 66**

Based on the author's field research, unique information about ancient festive family customs and rites is provided, some of which still continue to exist in local traditions of various regions of Belarus, as well as bordering territories.

*Tatsiana Kukharonak*

**«Oh, Trinity, Holy Mother of God, whoever sows – let everything be born». Traditions of Semukha celebration among Belarusians..... 72**

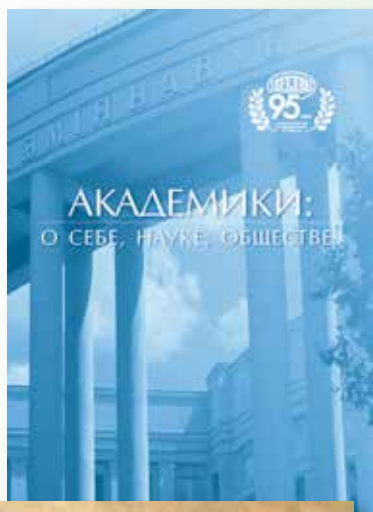
Study on how the ancient human connection with nature reflected in the folk beliefs and rituals of one of the main «green» holidays of the first half of summer.

*Alexander Murzich, Roman Sirotkin, Pavel Amelchenya*

**Restoration of tendons and ligaments of large joints using a Belarusian-made anchor fixator..... 78**

The authors presented their own method of surgical treatment of patients with damage to the tendons and ligaments of large joints using the Belarusian development, the original anchor fixator.





**Академики: о себе, науке, обществе** / Национальная академия наук Беларуси; сост.: В. И. Левкович, М. В. Глеб, Г. П. Шукелович. – Минск : Беларуская навука, 2023. – 382, [2] с.

ISBN 978-985-08-3008-1.

В книге представлены размышления академиков Национальной академии наук Беларуси о себе, науке и обществе. Ученые откровенно, насколько позволяет им собственное желание, поделились воспоминаниями о своем пути в науку.

*Адресована широкому кругу читателей, в особенности тем, кто интересуется познавательной деятельностью и ролью личностей в науке.*

**Образование на перекрестке культур и цивилизаций: опыт философского осмысления: к 75-летию** / А. И. Левко; Нац. акад. наук Беларуси, Ин-т философии. – Минск : Беларуская навука, 2023. – 469 с.

ISBN 978-985-08-3000-5.

Образование в монографии рассматривается как основной показатель социального пространства и времени, характеризующий состояние духовной культуры, образ жизни конкретных стран и народов и определяющий перспективы их цивилизационного совершенства, выступает важнейшим фактором исторического наследия и преемственности различных поколений. Особое внимание уделено истории становления и развития системы образования в Республике Беларусь, анализу исследовательской деятельности и определению роли и значимости различных национальных культур в философском осмыслении знания как просветительской деятельности. Социально-культурное взаимодействие представляется как основа диалога цивилизаций, цивилизационных трансформаций и развития духовного мира образования.

*Предназначена для философов, социологов и педагогов, научных сотрудников, государственных служащих, занимающихся решением проблем современного образования, аспирантов и докторантов, магистрантов и студентов гуманитарного профиля.*

**Фанетыка роднага слова: выбраныя працы** / Л. Ц. Выгонная; уклад.: В. П. Русак [і інш.]; Нац. акад. навук Беларусі, Цэнтр даслед. беларус. культуры, мовы і літ., Ін-т мовазнаўства імя Якуба Коласа. – Мінск : Беларуская навука, 2023. – 393 с.

ISBN 978-985-08-2995-5.

У зборніку змешчаны выбраныя працы доктара філалагічных навук Л. Ц. Выгоннай па актуальных праблемах фанетыкі, фаналогіі, інтанацыі і націску ў сучаснай беларускай літаратурнай мове, разглядаюцца пытанні перадачы гукавога строю мовы сродкамі арфаграфіі і пунктуацыі. Матэрыялы зборніка знойдуць прымяненне пры асвятленні пытанняў станаўлення і развіцця беларускай мовы, пры стварэнні абагульняльных прац па фанетыцы і фаналогіі беларускай літаратурнай мовы, у выкладчыцкай практыцы.

*Адрасуецца мовазнаўцам, выкладчыкам, аспірантам, магістрантам, студэнтам, школьным настаўнікамі.*



## РУП «ИЗДАТЕЛЬСКИЙ ДОМ «БЕЛОРУССКАЯ НАУКА»

*предлагает литературу*

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

*принимает заказы на печать*

- бланки формата А<sub>5</sub>, А<sub>4</sub>, А<sub>3</sub>
  - 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, 220084, г. Минск, Республика Беларусь  
belnauka@mail.ru  
www.belnauka.by*



ПОДПИСНЫЕ  
ИНДЕКСЫ:

00753  
007532

220072, г. Минск,  
ул. Академическая, 1-129

 (+375 17) 351-14-46  
факс: (+375 17) 379-16-12

 [nii2003@mail.ru](mailto:nii2003@mail.ru)

 [innosfera.belnauka.by](http://innosfera.belnauka.by)  
[www.innosfera.by](http://www.innosfera.by)

 @science\_innovations