

ПРЕЦИЗИОННЫЕ  
ТЕХНОЛОГИИ:  
ОПЫТ И ПЕРСПЕКТИВЫ

4

КИБЕРБЕЗОПАСНОСТЬ  
КАК ФАКТОР РОСТА  
БИЗНЕСА

38

ОБЕСПЕЧЕНИЕ  
НАСЕЛЕНИЯ  
ОВОЩНОЙ ПРОДУКЦИЕЙ

51

ИССЛЕДОВАНИЯ  
В ОБЛАСТИ ПРОБЛЕМ  
АЛКОГОЛИЗМА

61

# Наука и инновации

№3 (217)  
МАРТ 2021

научно-  
практический  
журнал



# ТОЧНОЕ ЗЕМЛЕДЕЛИЕ

ISSN 1818-9857



9 771818 985001 03

ISSN 2412-9372 (online)

# СИМУЛЯТОРЫ, АВТОТРЕНАЖЕРЫ И ТРЕНАЖЕРЫ СПЕЦТЕХНИКИ – ДЛЯ ЭФФЕКТИВНОГО ОБУЧЕНИЯ

## Виды тренажеров

- Сельскохозяйственной техники
- Строительной техники
- Лесозаготовительной техники
- Грузоподъемных механизмов
- Легковых и грузовых автомобилей
- Общественного транспорта
- Горнодобывающей техники
- Специальной техники

## Варианты исполнения

- Открытая компоновка и кабинные тренажеры
- Статические и на динамической платформе
- Различные варианты имитируемых моделей машин
- Различные системы визуализации: комбинации от 1 до 6 мониторов, проекторы и проекционные экраны



Theseus Lab S.r.o., 110 00, Václavské náměstí, 808/66,  
Nové Město, Prague, 1, Czech Republic



Тренажер комбайна с кабиной



Тренажер-симулятор трактора



Динамический тренажер экскаватора с кабиной



Тренажер-симулятор башенного крана



Динамический тренажер автобуса



## Преимущества обучения на тренажерах

- Повышение эффективности обучения
- Реалистичность восприятия
- Автоматизация контроля
- Безопасность и экологичность
- Экономия средств на ГСМ

**Обеспечим ваше учебное заведение обучающим оборудованием и ПО**

При необходимости, готовы разработать любые симуляторы под индивидуальные запросы вашей организации

**Звоните: +375 29 370-08-71 Пишите: [dmk@theseuslab.cz](mailto:dmk@theseuslab.cz)**

**Theseus** Lab<sup>®</sup>  
[theseuslab.by](http://theseuslab.by)



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

**Учредитель:**

Национальная академия наук Беларуси

**Редакционный совет:**

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

**Главный редактор:**

Жанна Комарова

**Ведущие рубрик:**

Ирина Емельянович Наталья Минакова	Татьяна Жданович Юлия Василюшина
---------------------------------------	-------------------------------------

**Дизайн и верстка:**

Алексей Петров

**Маркетинг и реклама:**

Елена Верниковская

**Адрес редакции:**

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

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

Формат 60x84 1/8. Бумага офсетная.  
Печать цифровая. Усл. печ. л. 9,8.  
Тираж 535 экз. Цена договорная.  
Подписано в печать 16.03.2021.

**Издатель и полиграфическое**

**исполнение:** РУП «Издательский дом «Беларуская навука».

Свид. о гос. рег. №1/18 от 02.08.2013.  
ЛП №02330/455 от 30.12.2013.  
г. Минск, ул. Ф. Скорины, 40. Заказ №46.

© «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

## ТОЧНОЕ ЗЕМЛЕДЕЛИЕ

*Тамара Мыслыва, Бронислава Шелюто, Олеся Куцаева*

### **Прецизионные технологии: мировой опыт и перспективы для Беларуси** ..... 4

Проанализирован мировой опыт внедрения прецизионных технологий и перспективы Беларуси в данном направлении.

*Анатолий Такун, Светлана Макрак, Светлана Такун*

### **Методологические аспекты оценки эффективности цифровых технологий в точном земледелии** ..... 11

Представлены результаты исследований по обоснованию методологических положений оценки эффективности цифровых технологий в точном земледелии.

*Василий Ядченко*

### **От механизации – к роботизации** ..... 17

Проанализированы аспекты обеспечения сельскохозяйственной техники высокоточными приборами, представлены разработки НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства в области создания отдельных элементов системы точного земледелия.

*Олеся Куцаева, Геннадий Барковский*

### **Цифровое землеустройство в сфере АПК** ..... 21

Проанализированы направления развития внутрихозяйственного землеустройства в контексте формирования инновационных подходов к управлению земельными ресурсами в АПК Беларуси.

*Елена Юзефович, Денис Романцевич*

### **Основные элементы прецизионного земледелия** ..... 26

Показаны технологии точного земледелия, элементы которых по отдельности и в комплексе обеспечивают повышение рентабельности производства и снижение негативного влияния на окружающую среду.

*Сергей Сорока, Александр Жуковский*

### **Интеллектуальные системы для защиты растений** ..... 31

Рассмотрены основные направления развития точного земледелия в сфере защиты растений от вредных организмов. Показана возможность использования передовых технологий для мониторинга фитосанитарной ситуации в посевах сельскохозяйственных культур и применения средств защиты.

*Татьяна Непарко, Дмитрий Жданко*

### **Аграрное инновационное образование** ..... 35

Рассмотрены вопросы освоения аграриями новых технологий точного земледелия и подготовки специалистов с высшим образованием для современного сельскохозяйственного производства.

## ЦИФРОВАЯ ПЕРСПЕКТИВА

*Наталья Лопатова*

### **Кибербезопасность как фактор роста бизнеса** ..... 38

Обоснована необходимость стратегического управления киберрисками, возникающими в информационном пространстве на фоне расширения ландшафта цифровых угроз. Определены ключевые аспекты формирования эффективных программ информационной безопасности.

## ЖЕНЩИНЫ В НАУКЕ

Алеся Соловей

### Программы поддержки для женщин-ученых.

Зарубежный опыт и мнение белорусских исследовательниц ..... 42

Проведен краткий обзор специальных программ (стипендий, грантов) зарубежных стран для женщин – научных работников. Рассматривается мнение женщин-ученых НАН Беларуси о необходимости подобных программ для повышения эффективности научной деятельности с учетом гендерной специфики и «двойной нагрузки».

## ЛАБОРАТОРИЯ НАДЕЖД

Татьяна Жданович

### Хрустальная гавань.

Как молодые ученые ищут новые способы очистки вод синеокой Беларуси и всего мира ..... 47

Очерк о молодом ученом-химике Татьяне Глевицкой и ее стремлении сделать мир чище, отыскав новые способы разделения жидкостных сред.

## БИОЛОГИЧЕСКОЕ РАЗНООБРАЗИЕ

Андрей Чайковский

Основные тренды обеспечения населения овощной продукцией ..... 51

Представлен обзор отечественных и мировых трендов в выращивании и селекции овощей, технологии их переработки, получения новых видов органической продукции, инновационного преобразования городской среды с целью оздоровления населения.

## К СВЕДЕНИЮ ПОДПИСЧИКОВ И АВТОРОВ

**Наука**  
и инновации



Журнал «Наука и инновации» входит в утвержденный ВАК Беларуси Перечень научных изданий для опубликования результатов диссертационных исследований по биологическим, медицинским наукам и инновационной экономике.

Журнал включен в базу электронной научной библиотеки eLibrary (РИНЦ), КиберЛенинки, EBSCO.

Научным публикациям в журнале присваивается цифровой идентификатор объекта (DOI).

Оформить подписку можно в отделениях РУП «Белпочта» или «Белсоюзпечать», а также через Интернет (подписные индексы 00753 и 007532).

Ольга Канделинская, Елена Грищенко,  
Анастасия Левкович, Марина Анисович

Парадокс *Oenothera Biennis L.* ..... 57

Продемонстрировано антиоксидантное и протекторное действие масла на кератиноциты человека линии HaCaT в условиях моделируемого окислительного стресса. Составлена карта распространения *O. biennis* и оценены запасы семян по регионам республики.

## НАУКОСФЕРА

Игорь Семененя

Итоги и перспективы исследований в области проблем алкоголизма ..... 61

Автор представляет важнейшие результаты научных исследований и разработок в области медико-биологических проблем алкоголизма по итогам 50-летней деятельности Института и перспективы развития этого направления.

## ДИССЕРТАЦИОННЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ

Вячеслав Гришечкин, Даниил Введенский

Различия параметров непарных ветвей брюшного отдела аорты у мужчин с различными типами телосложения ..... 67

Авторами в результате анализа компьютерных сканов брюшной части аорты и ее непарных ветвей у взрослых мужчин выявлены особенности параметров этих сосудов, зависящие от телосложения пациентов, что имеет значение при проведении ангиографии, оперативных вмешательств и интерпретации результатов рентгенологических исследований.

Дмитрий Ладутько, Владимир Подгайский,  
Юрий Ладутько, Олег Кезля, Андрей Пекарь, Антон Селицкий

Выбор методов фиксации костных фрагментов при аутопластике дефектов длинных трубчатых костей ..... 72

По результатам исследования показано, что скорость сращения трансплантируемой малоберцовой кости с костным ложем не зависит от способа фиксации конечности, но ранняя послеоперационная нагрузка ускоряет процесс и снижает вероятность развития полных стрессовых переломов в дальнейшем.

## ИНФОЛИНИЯ

Оксана Сикорская, Мария Бовкунович

Белорусские публикации в системе SCIFINDER-N ..... 80

Как оценить динамику продуктивности научных учреждений Беларуси по результатам библиометрического анализа публикаций в информационно-поисковой системе SCIFINDER-N.

# ПРЕЦИЗИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ:

## МИРОВОЙ ОПЫТ И ПЕРСПЕКТИВЫ ДЛЯ БЕЛАРУСИ

Сельское хозяйство – важная сфера мировой экономики, обеспечивающая глобальную продовольственную безопасность. Именно на аграрном секторе лежит ответственность за производство достаточного количества сырья и продуктов питания для постоянно увеличивающегося населения планеты. Согласно докладу ООН, ожидается, что в ближайшие 30 лет население мира увеличится на 2 млрд человек – с 7,7 млрд в настоящее время до 9,7 млрд в 2050 г. [1]. Ежегодно рождается около 83 млн человек, и в случае сохранения данной тенденции будут возрастать и потребности в продовольствии.

Вместе с тем катастрофически уменьшаются площади пахотных земель. Их сокращение в Европе, согласно прогнозам, к 2030 г. достигнет 1,12% [2]; для Беларуси этот показатель колеблется в пределах от 0,1 до 0,4% [3]. Если не пересмотреть подходы к ведению сельскохозяйственного производства, глобальное количество пахотных и продуктивных земель на человека в 2050 г. сократится до 25% от уровня 1960 г. [4], а деградация почв поставит под угрозу существование около 3,2 млрд человек [5].

Интенсивно развивающаяся глобализация диктует свои законы в аграрной сфере, а сельское хозяйство развитых стран мира переходит на качественно иной уровень конкуренции – конкуренцию эффективности, поскольку объемы предложения не дают возможности значительного повышения цен: по прогнозам ФАО, на зерновые они снизятся в ближайшее десятилетие на 4–11% [6] (рис. 1).



**Тамара Мыслыва,**  
завкафедрой геодезии  
и фотограмметрии  
Белорусской  
государственной  
сельскохозяйственной  
академии, доктор  
сельскохозяйственных  
наук, доцент



**Бронислава Шелюто,**  
профессор кафедры  
кормопроизводства  
и хранения продукции  
растениеводства  
Белорусской  
государственной  
сельскохозяйственной  
академии, доктор  
сельскохозяйственных  
наук, профессор



**Олеся Куцаева,**  
старший преподаватель  
кафедры геодезии  
и фотограмметрии  
Белорусской  
государственной  
сельскохозяйственной  
академии



Рис. 1. Прогноз мировых цен на сельскохозяйственную продукцию (реальные цены, долл./т) [6]

В условиях постоянного удорожания энергоресурсов и сырья для производства минеральных удобрений, наличия дефицита органических, а также сокращения площадей, пригодных для выращивания сельскохозяйственных культур, вследствие усиления эрозионных процессов и опустынивания, вызванных глобальным потеплением климата, актуальной становится проблема поиска наиболее эффективных способов управления рентабельностью и снижения себестоимости агропродукции. Один из путей ее успешного решения – внедрение инновационных технологий в сфере землепользования, в частности технологии точного земледелия [7].

В докладе Европейского парламента оно определяется как «современная концепция управления сельским хозяйством, использующая цифровые методы для мониторинга и оптимизации процессов сельскохозяйственного

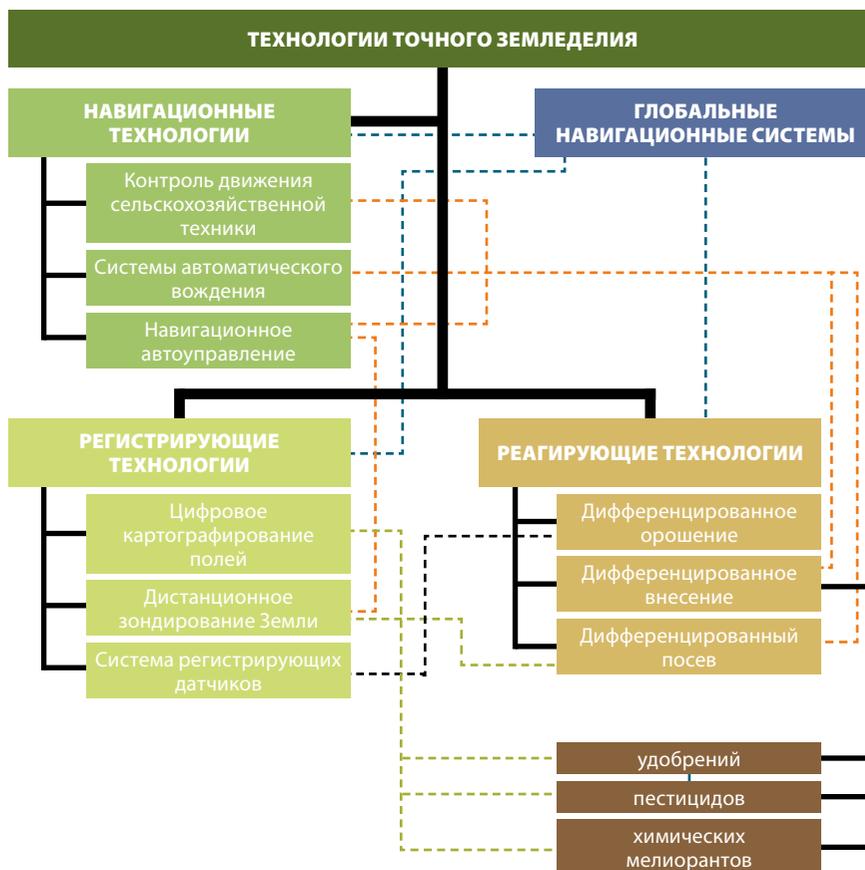


Рис. 2. Структура точного земледелия [11]

Страна / регион	Технология точного земледелия и уровень ее внедрения
Германия	30% ферм внедрили технологии точного земледелия
Венгрия	6,9% ферм используют элементы технологии точного земледелия
Дания	37% ферм применяют дифференцированное внесение удобрений; 29% – дифференцированное внесение извести; 92% – картирование урожайности; 75% – отбор почвенных образцов с использованием GPS
Великобритания / Англия	22% ферм используют параллельное вождение; 20% – ГИС-картографирование почв; 16% – дифференцированное внесение удобрений; 11% – картирование урожайности
Великобритания / Шотландия	83% ферм внедрили технологии точного земледелия
Великобритания / Ирландия	62% ферм внедрили технологии точного земледелия

Таблица 1. Внедрение технологий точного земледелия в отдельных странах Европы [9]

производства» [8–10]. Именно это является ключевым моментом и движущей силой прецизионного земледелия, конечный результат которого – оптимизация использования ресурсов, экономия затрат и снижение негативного воздействия на окружающую среду.

Технологии точного земледелия подразделяют на три основные подсистемы:

*навигационные* – глобальные системы спутникового геопозиционирования, аппаратное и программное обеспечение, координирующее движение сельскохозяйственной техники на поле;

*регистрирующие* – использующие сенсоры и датчики, а также данные дистанционного зондирования и функциональные возможности геоинформационных систем, выполняющие дистанци-

онный мониторинг и визуализацию его результатов;

*реагирующие* – механизмы, аппаратное и программное обеспечение, позволяющие варьировать размещение и переработку сельскохозяйственных ресурсов (рис. 2).

В высокоразвитых европейских странах преобладает режим землепользования, связанный с экологической составляющей, предусматривающий снижение антропогенного воздействия на окружающую среду посредством уменьшения объемов использования энергии, получаемой человеком из исчерпаемых источников, увеличения площади средостабилизирующих компонентов ландшафтов и деинтенсификации сельскохозяйственного производства. В этой связи широкое распространение в аграрном секторе этих стран приобрело точное земледелие как наиболее экологически сбалансированная система ведения сельского хозяйства (табл. 1).



Рис. 3. Динамика и прогноз использования элементов технологии точного земледелия в сельском хозяйстве США (данные исследования дилерских центров точного земледелия, % от общего количества предоставляемых услуг) [12]

Среди элементов точного земледелия, применяемых в США, являющихся пионером и мировым лидером в данной сфере, практически все фермеры практикуют отбор проб почвы с точным геопозиционированием. В ближайшей перспективе значительно возрастет доля использования спутниковых изображений – информационно-пространственной основы для идентификации менеджмент-зон или принятия решений для конкретных участков – с 70% в 2020 г. до 80% в 2022 г. Еще более высокий рост наблюдается в применении данных, получаемых с беспилотных летательных аппаратов (БПЛА), – с 41% в 2020 г. до 70% в 2022 г. (рис. 3).

Предполагается, что мировой рынок технологий точного земледелия возрастет с 7 млрд долл. в 2020 г. до 12,8 млрд к 2025 г. при среднегодовом темпе роста 12,7%. Максимальным ожидается показатель в 16,4% в период с 2020 по 2025 г. в Азиатско-Тихоокеанском регионе, прежде всего в таких странах, как Австралия, Индия, Китай и Индонезия [13].

Рынок точного земледелия состоит из трех сегментов: оборудование, программное обеспечение и услуги. Доминирующим остается первый, представленный системами автоматизации и управления, сенсорными устройствами, антеннами и датчиками, а также беспилотными летательными аппаратами, торговый оборот которых составляет свыше 30 млрд долл. Наиболее востребованными остаются картирование урожайности и создание электронных карт полей.

В перспективе в глобальном масштабе среди элементов технологии точного земледелия наиболее заметно увеличится доля использования данных дистанционного зондирования высо-

кого и сверхвысокого разрешения, в частности применение мультиспектральных и гиперспектральных изображений – надежного источника получения геопространственной информации, касающейся оценки уровня стресса, связанного с недостатком питательных веществ в почве и от засухи, мониторинга развития болезней и вредителей сельскохозяйственных культур, а также экологической составляющей. В ближайшие 3 года на 10–15% возрастет доля применения технологий, связанных с дифференцированным внесением минеральных удобрений, химических мелиорантов, пестицидов, а также высева семян [14].

Беларусь имеет достаточно высокий потенциал для внедрения системы точного земледелия либо отдельных ее элементов в аграрное производство. Среди основных преимуществ – наличие 1382 сельскохозяйственных предприятий со средним размером землепользований свыше 5 тыс. га по площади угодий и 3,6 тыс. га – пахотных земель [3]. По данным реестра земельных ресурсов, по состоянию на 01.01.2020 г. общая площадь земель Беларуси составляла 20 760 тыс. га, в том числе 8390,6 тыс. га сельскохозяйственных земель (40,4% территории), из которых 5713,1 тыс. га (27,5%) – пахотные.

Для сравнения: на территории ЕС функционирует около 10 млн фермерских хозяйств, занимающих примерно 170 млн га. Из них 86% ферм располагаются на площади менее 20 га, 97% – менее 100 га, а средний размер составляет около 17 га и является в 10 раз меньшим, чем таковой в США (175 га), в 15 раз – в Новой Зеландии (252 га) и в 47 раз – в Австралии (800 га). Более 70% всех ферм в ЕС сосредоточено в пяти стра-

нах: Румынии (3,6 млн), Польше (1,4 млн), Италии (1 млн), Испании (0,9 млн) и Греции (0,7 млн). Самую большую среднюю площадь имеют фермы в Чешской Республике (133 га), Великобритании (94 га), Словакии (81 га), Дании (67 га) и Люксембурге (63 га) [10, 15].

Важно отметить, что именно размер землепользования либо землевладения является одним из определяющих факторов, влияющих как на скорость внедрения прецизионных технологий, так и на экономическую эффективность их применения [7, 16]. Именно из-за небольшого размера землевладений, с которым напрямую связана прибыльность фермерского хозяйства, до сих пор менее 25% фермеров в ЕС имеют полноценный доступ к технологиям точного земледелия [15]. По оценкам экономистов, внедрение такого элемента, как система автопилотирования сельскохозяйственной техники, может быть рентабельным на предприятиях с площадью земель 100–300 га и больше [17]. На уменьшение рисков при использовании точного земледелия с увеличением размера землепользования указывается и в работах [9, 18].

Положительным фактором, способствующим имплементации прецизионных технологий, следует считать и сосредоточение сельскохозяйственных земель преимущественно в руках государства, а также то, что 22% от общего количества субъектов находится в его собственности, а 42,2% частных предприятий имеют долю государства в уставном капитале. Это открывает для сельхозпроизводителей широкие возможности в получении государственной финансовой поддержки при внедрении систем точного земледелия.

Значительным преимуществом является и то, что Беларусь имеет высокоразвитое сельскохозяйственное машиностроение и производит собственные комбайны и тракторы, оснащенные системами точного GPS-позиционирования американской компании Trimble. К примеру, зерноуборочный комбайн «Палессе» GS2124 оборудован системой картирования урожайности, а тракторы МТЗ – системой автовождения Trimble Autopilot.

Внедрение системы точного земледелия либо ее отдельных элементов в нашей стране наиболее целесообразно осуществлять прежде всего на крупных сельскохозяйственных предприятиях, а не в частных фермерских хозяйствах, как это принято в Европе и США. Более того, поскольку аграрный сектор экономики у нас имеет много черт, присущих плановому ведению хозяйства, процесс должен идти по вертикали – от общего к частному: от Министерства сельского хозяйства и продовольствия – к областным комитетам по сельскому хозяйству и продовольствию, далее

к районным управлениям и, наконец, к предприятиям различных форм собственности.

Наиболее перспективны для Беларуси – картографирование внутривидовой пестроты почвенного плодородия и выделение на его основе менеджмент-зон; дифференцированное применение удобрений и других агрохимикатов с учетом неоднородности полей; использование сельскохозяйственной техники, оснащенной системами точного геопозиционирования, а также данных дистанционного зондирования высокого и сверхвысокого разрешения и ГИС-технологий.

Что сдерживает широкое внедрение технологий точного земледелия в аграрное производство в нашей стране? Таких причин несколько, и они носят как объективный, так и субъективный характер (рис. 4).

Первая причина – непонимание и неправильная трактовка самого понятия «точное земледелие», которое большинством аграриев-практиков отождествляется только с управлением сельскохозяйственной техникой с помощью

GPS-навигации. Это ошибочное представление, поскольку интенсивно внедряемые в производство системы автопилотирования сельскохозяйственной техники – это лишь один из элементов навигационной подсистемы точного земледелия, но никак не ее аналог.

Не менее важна и необходимость существенных первоначальных затрат на создание полноценной системы точного земледелия в пределах отдельного агропредприятия. Ведь для ее организации понадобится покупать специальное программное обеспечение, создавать корпоративную стационарную и локальную сеть управления, приобретать беспилотные летательные аппараты и лицензионное ПО для интерпретации результатов съемки. Например, средняя цена линейки разбрасывателей минеральных удобрений Amazone ZA-M 1500 и MXL 8200 ISOBUS, используемых для дифференцированного внесения минеральных удобрений, – свыше 20 тыс. руб., стоимость отечественного зерноуборочного комбайна, оснащенного системой картирования урожайности, превышает 320 тыс. руб., сенсорных датчиков азота типа Trimble GreenSeeker или Yara N-Sensor – от 1,2 тыс. до 3,55 тыс. руб. [7]. Применение данных дистанционного зондирования также сопряжено с определенными затратами: средняя стоимость беспилотного летательного аппарата – агродрона – колеблется от 6 до 18 тыс. долл., а программного обеспечения Pix4Dfields для обработки данных превышает 5 тыс. долл. Такие затраты вполне приемлемы для крупных агрохолдингов, но непосильны для небольших предприятий и фермерских хозяйств.

Еще одна веская причина, значительно сдерживающая широ-

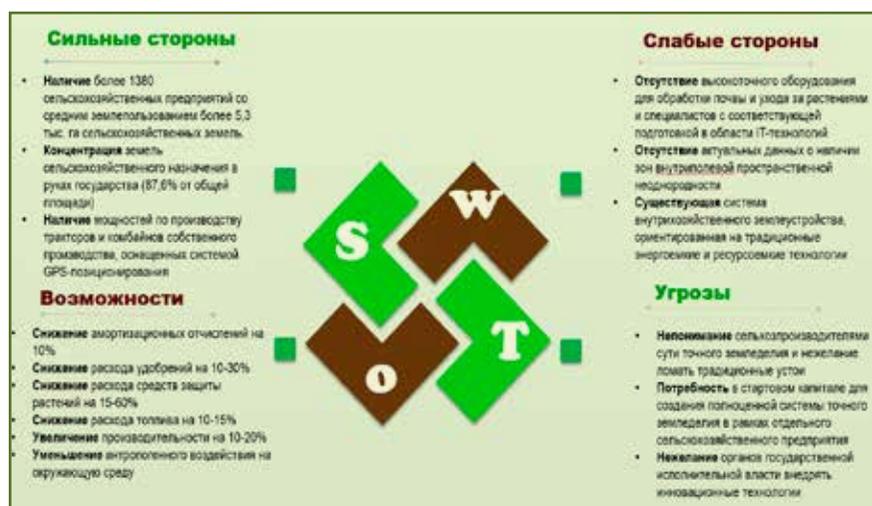


Рис. 4. SWOT-анализ внедрения системы точного земледелия в сельскохозяйственное производство Республики Беларусь (разработка Куцаевой О.А.)



Рис. 5. Мониторинг и оценка продуктивности сальфии пронзеннолистной на опытном поле Белорусской государственной сельскохозяйственной академии (д. Тушково, Горецкий р-н Могилевской обл.), июнь 2020 г.

кое внедрение точного земледелия в Беларуси, – существующая система внутрихозяйственного землеустройства, ориентированная на традиционное ресурсозатратное земледелие и не учитывающая наличия неоднородностей в пределах отдельного поля либо земельного участка – ключевых факторов данной технологии. Современные реалии требуют трансформации традиционного землеустройства в цифровое и переориентации его на разработку методики дифференциации территорий по комплексу показателей качества земель с одновременным созданием динамических картографических изображений и базы геопространственных данных по количественным и качественным характеристикам почв. Рынок подобного рода продуктов в структуре элементов системы точного земледелия в странах ЕС за последние 5 лет увеличился более чем на 17,5% и составляет около 32% [10], демонстрируя устойчивую тенденцию к росту.

Следует отметить и тот факт, что прецизионное сельское хозяйство как никакая другая отрасль производства нуждается в высокоточных данных, более 80% кото-

рых являются геопространственными. Оперировать ими можно посредством использования функциональных возможностей геоинформационных технологий. Более того, без них невозможно внедрить и эффективно использовать систему точного земледелия, а их освоение аграриями – это не вопрос выбора, а жизненная необходимость. Однако наблюдается нежелание сельскохозяйственных производителей идти на риски и внедрять инновационные методы хозяйствования,

что в значительной мере сдерживает и отсутствие IT-специалистов, имеющих соответствующую подготовку в сфере почвоведения, растениеводства, агрохимии и защиты растений. Современные технологии требуют создания и развития новых интегрированных аграрных специальностей, базой для которых может и должна стать Белорусская государственная сельскохозяйственная академия (БГСХА).

Внедрение систем точного земледелия в аграрном секторе нашей страны позволит повысить производительность и уменьшить затраты, усовершенствовать систему управления и уменьшить негативное воздействие сельскохозяйственной деятельности на окружающую среду. Однако успешная реализация данной цели возможна только при комплексном взаимодействии ученых-аграриев, агропроизводителей, специалистов IT-сферы и землеустроителей. Опыт такого партнерства уже имеется в Белорусской государственной сельскохозяйственной академии. Начиная с 2017 г. на ее базе выполняются исследования по использованию данных ДДЗ



Рис. 6. Растровые изображения вегетационных индексов и уравнения, описывающие характер их зависимости от продуктивности биомассы сальфии



Рис. 7. Мониторинг территории для закладки семенных посевов многолетних трав с использованием БПЛА РПУП «Устье» НАН Беларуси (д. Устье, Оршанский р-н Витебской обл.), июль 2020 г.

среднего разрешения (спутниковая съемка с платформ Landsat и Sentinel), находящихся в свободном доступе, для целей точного земледелия, в результате которых разработана и апробирована методика для создания следующих карт: развития основных сельскохозяйственных культур в процессе вегетации с пространственным разрешением 30 и 10 м и временным разрешением 16 и 10 дней; содержания азота в листьях растений (соответственно 30 м и 16 дней); его качественной оценки (10 м и 10 дней); количества хлорофилла в листьях растений (30 и 10 м и 16 и 10 дней); содержания влаги в почве и листьях растений (30 и 10 м и 16 и 10 дней); готовности посевов к проведению уборочных работ, создаваемых по разновременным данным дистанционного зондирования, а также разновременных карт доли убранных площадей в пределах сельскохозяйственных угодий.

В БГСХА с 2019 г. ведутся исследования по оценке возможности использования данных сверхвысокого разрешения, получаемых

с БПЛА, для прогноза продуктивности кормовых культур. В частности, установлено, что сведения, собранные по результатам съемки с квадрокоптера Phantom-4ProV 2.0 в режиме RGB, пригодны для экспресс-оценки продуктивности биомассы силфики пронзеннолистной и кукурузы (коэффициент корреляции между фактическим и прогнозным значениями продуктивности составил 0,98 и 0,95 соответственно) с ошибкой, не превышающей 2–5%, без выполнения наземных измерений (рис. 5).

Вегетационные индексы RGBVI, VARI, GLI и NGRDI, определяемые по результатам съемки с БПЛА, выполняемой в RGB-режиме без использования дорогостоящей мультиспектральной камеры, также могут успешно применяться для мониторинга и оценки продуктивности биомассы силфики пронзеннолистной, кукурузы и других кормовых культур, в частности *Helianthus annuus* и *Helianthus tuberosus* (рис. 6).

Специалисты БГСХА в 2020 г. разработали локальную базу геопро пространственных данных о содержании в почвах пахотных земель основных макро- и микроэлементов, гумуса, pH почвенного раствора и создали актуальные цифровые карты пространственного распре-

деления агрохимических и физико-химических показателей для территории землепользования РПУП «Устье» НАН Беларуси (Оршанский р-н Витебской обл.) (рис. 7).

Следует отметить, что цифровизация – новый тренд в мировом сельском хозяйстве, а скорость и эффективность внедрения данных технологий в аграрную практику зависят от уровня инвестиций в отрасль: по прогнозным оценкам, к 2050 г. общая стоимость рынка цифровых услуг в мировой агросфере возрастет до 240 млрд долл. [19, 20]. Главное препятствие на пути к внедрению точного земледелия в странах Европы и США – нехватка денежных средств и традиционное желание избежать ненужных рисков. Проблемами инновационного развития для Беларуси все еще остаются низкий уровень внедрения научных разработок, неоперативное доведение их результатов до производителей сельскохозяйственной продукции, невосребованность инноваций из-за недостаточной технологической оснащенности аграрного сектора, отсутствие единой национальной пространственной облачной геоплатформы больших данных (Big Data), используемой для точного земледелия. ■

## СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. World Population Prospects 2019 United Nations. Department of Economic and Social Affairs // <https://population.un.org/wpp/>.
2. EU agricultural outlook for markets and income, 2018–2030 / European Commission. DG Agriculture and Rural Development. – Brussels, 2018.
3. Сельское хозяйство Республики Беларусь: статистический сборник / Национальный статистический комитет Республики Беларусь – Минск, 2020.
4. Arsenaute C. Only 60 years of farming left if soil // Scientific American // <https://www.scientificamerican.com/article/only-60-years-of-farming-left-if-soil-degradation-continues/>.
5. Summary for policymakers of the assessment report on land degradation and restoration of the Intergovernmental Science-Policy Platform on Biodiversity and Ecosystem Services (IPBES) / R. Scholes, L. Montanarella, A. Brainich [et al.]. IPBES secretariat. – Bonn, 2018.
6. Agricultural Outlook 2020–2029. FAO, Rome. OECD Publishing. – Paris, 2020.
7. Мыслыва Т.Н. Внедрение точного земледелия в Республике Беларусь в контексте национальных отношений: проблемы и перспективы / Т.Н. Мыслыва, О.А. Куцаева // Вестник БГСХА. 2020. №4. С. 154–163.

Полный список использованных источников размещен

 [http://innosfera.by/2021/03/precision\\_technology](http://innosfera.by/2021/03/precision_technology)

# МЕТОДОЛОГИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ОЦЕНКИ ЭФФЕКТИВНОСТИ ЦИФРОВЫХ ТЕХНОЛОГИИ В ТОЧНОМ ЗЕМЛЕДЕЛИИ

УДК 004.9.051:631.58



**Анатолий Такун,**  
завсектором  
управления и  
цифровизации  
Института системных  
исследований  
в АПК НАН  
Беларуси, кандидат  
экономических наук,  
доцент;  
atakun@mail.ru



**Светлана Макрак,**  
докторант,  
завсектором  
ценообразования  
Института системных  
исследований  
в АПК НАН  
Беларуси, кандидат  
экономических наук,  
доцент;  
makraksy@inbox.ru



**Светлана Такун,**  
старший научный  
сотрудник Института  
системных  
исследований в АПК  
НАН Беларуси;  
svetan1@mail.ru

**Аннотация.** Представлены результаты исследований по обоснованию методологических положений оценки эффективности цифровых технологий в точном земледелии, которые ориентированы на наличие сквозного и накопительного эффекта при их внедрении в зависимости от этапов развития цифровой экономики.

**Ключевые слова:** точное земледелие, цифровые технологии, эффективность, управление, аграрная экономика.

**Для цитирования:** Такун А., Макрак С., Такун С. Методологические аспекты оценки эффективности цифровых технологий в точном земледелии // Наука и инновации. 2021. №3. С. 11–16.  
<https://doi.org/10.29235/1818-9857-2021-3-11-16>

Современный уровень инновационного развития позволяет применить в сельскохозяйственном производстве широкий спектр технологических решений, не использовавшихся ранее: геоинформационные системы (ГИС): ArcGIS, AtlasGIS (Environmental Systems Research Institut, США), AutoCAD (Autodesk, Inc., США), Intergraph (Intergraph Corporation, США), Map Info (Pitney Bowes Software, США), ERDAS (Leica Geosystems, Швейцария), а также российские – ГИС «Панорама АГРО», мобильную ГИС «ГеоПлан», ИАС «ГЕО-Агро» (ЗАО «ИЦ

Геомир»), ГИС «IndorGIS» (ООО «ИндорСОФТ»), ГИС «Geocad Systems Enterprise Edition (GSEE)» (ООО «ГЕОКАД плюс») и др.; технологии больших данных (Big Data) на основе ГИС, спутниковых снимков, дронов. С их помощью осуществляется сбор информации о фактическом расходе материальных ресурсов, их конкретных характеристиках, валовом сборе продукции, вредителях и заболеваниях, температуре, осадках и др. [14–18].

Все эти новые применительно к растениеводческой отрасли технологии зачастую объединяют под термином «точное земледелие». Ведутся споры о том, насколько эффективно либо не эффективно их

использование в сельскохозяйственном производстве. Безусловно, этот вопрос крайне актуален, но не менее важно точное определение этого понятия, что позволит четко представлять объект оценки и методики, которые могут быть для этого использованы.

Возникновение термина «точное земледелие» связывают с именем П. Роберта (США), который в 1999 г. трактовал его как «...основанную на информации и технологиях сельскохозяйственную систему менеджмента для идентификации, анализа и управления с учетом дифференцированных пространствен-

ных и временных почвенных вариаций на отдельно взятом поле с целью оптимизации затрат, повышения устойчивости агроценозов и достижения экологической стабильности производства» [17]. Нами приняты во внимание мнения следующих ученых [1, 4, 10, 13]:

- Т.М. Белавецкой, заключающейся в том, что «точное земледелие – это оптимальное управление продуктивностью посевов с учетом внутривидовой вариативности среды обитания растений»;
- Ю.Ф. Лагуца: «в основу точного земледелия положены максимально полная инфор-

мация о пространственной и временной изменчивости параметров плодородия поля и состояния растений, полученной благодаря системе позиционирования (абсолютной или относительной), а также дальнейший анализ и интерпретация для принятия оптимальных управленческих решений о дифференцированном воздействии на систему «почва – растение» с целью получения необходимого количества сельскохозяйственной продукции с требуемым качеством, минимальными затратами энергоресурсов и сохранением окружающей среды»;

■ Е.В. Труфляк, В.П. Якушевой: «термин «точное земледелие» появился как результат развития понятия «устойчивое земледелие», и основная его цель – «...максимизация урожая, финансовых выгод и минимизация вложений капитала, воздействия на окружающую среду».

Можно констатировать, что термин «точное земледелие» не связан непосредственно только с цифровыми технологиями, и в его основе лежит прежде всего экономическая парадигма – получение максимального эффекта при минимальном вложении ресурсов и наиболее полном учете особенностей отдельного земельного участка. Более того, установлена возможность и необходимость экстраполировать понятие «точное земледелие» как в прошлое, так и в будущее, что позволяет определить, что по мере своего развития земледелие становится все более «точным». Например, переход в начале XX в. от ручного сева к механизированному позволил снизить расход семян и оптимально распределять их, а в после-

Группы технологий	Содержание технологий
<b>Базовые технологии</b>	
Применение систем навигационного автоуправления	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ Применение курсоуказателей</li> <li>■ Применение подруливающего устройства</li> <li>■ Применение автоматизированной системы управления</li> </ul>
Управление дифференцированными нормами	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ Дифференцированная предпосевная обработка почвы</li> <li>■ Дифференцированный посев</li> <li>■ Дифференцированное внесение удобрений</li> <li>■ Дифференцированное опрыскивание</li> </ul>
Мониторинг состояния техники, растений и почв	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ Спутниковый мониторинг</li> <li>■ Мониторинг при помощи дронов</li> <li>■ Агрохимический анализ почв</li> <li>■ Картирование урожайности</li> </ul>
Метеомониторинг	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ С помощью отдельных датчиков</li> <li>■ С помощью метеостанции</li> </ul>
<b>Надстроенные технологии:</b>	
<b>управление материальными ресурсами и электронная система агробизнеса в целом</b>	
SMART-системы	Модель согласованного ведения агробизнеса в условиях цифровизации и перехода к сквозному управлению ресурсами (на принципах процессного подхода) через развитие электронных экономических систем
Электронная система управления агробизнесом	Модель эффективного ведения деятельности в АПК, основанная на цифровых технологиях и связанная с электронным бизнесом на уровне национальной экономики и электронной коммерцией
Интеллектуальная система управления агробизнесом	Модель, предусматривающая перенос абсолютно всех функций и процессов ведения деятельности в АПК на единые цифровые платформы (электронное поле, электронная ферма, электронные статистические базы, электронное ценообразование на продовольствие, электронная логистическая система в АПК, электронная энергетика, электронный рынок материальных ресурсов и др.), которые в обязательном порядке синхронизируются и взаимодействуют между собой

Таблица 1. Состав цифровых технологий точного земледелия

дующем применение комбинированных сеялок дало возможность уменьшить количество удобрений и вносить их под конкретные культуры и т.д. В будущем же развитие технологий, вероятно, делает возможным и экономически выгодным проведение агротехнических мероприятий в отношении отдельных растений на поле. Таким образом, современный уровень цифровых технологий сделал их использование в точном земледелии экономически оправданным.

Нами предложено выделить два ключевых блока цифровых технологий точного земледелия: базовый и надстроенный (включая управление материальными ресурсами и электронную систему агробизнеса в целом) (табл. 1).

Вопросам оценки эффективности цифровых технологий точного земледелия уделяется значительное внимание в научной литературе. Так, отдельные аспекты методологического характера представлены в работах следующих ученых: Е.М. Бородинская, Н.В. Зось-Киор, И.В. Жуплей, А.А. Лагун, Д.А. Ломоносов, И.М. Михайленко, Н.П. Мишуров, Д.В. Мухина, Е.А. Нестеровский, Н.В. Пильникова, Д.А. Петухов, А.О. Рада, А.А. Редкокашин, Б.А. Рунов, Е.В. Савельева, Е.В. Труфляк, Л.А. Якимова, Е.А. Федулова, И.Н. Шилова и др. Большинство авторов ориентируются на расчет эффективности базовых цифровых технологий точного земледелия через экономию и оптимизацию материальных ресурсов. Считаем данный подход обоснованным, то есть оценку следует проводить, применяя классические подходы к определению рентабельности через соотношение сумм возможных эффектов от внедрения

Возможные эффекты	Показатели (коэффициенты) количественного выражения эффекта
<b>1. Применение систем навигационного автоуправления</b>	
<p><b>Экономический:</b> экономия и оптимизация ГСМ, семян, средств защиты растений за счет сокращения площади зоны перекрытия и пропусков; повышение урожайности благодаря оптимизации норм внесения удобрений и средств защиты растений по участкам поля</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• уровень затрат на топливно-энергетические ресурсы, на минеральные удобрения, на семена, на средства защиты растений</li> <li>• уровень урожайности</li> <li>• себестоимость</li> <li>• уровень фактической убыли продукции при хранении</li> <li>• цена реализации продукции с учетом качественных характеристик</li> </ul>
<p><b>Экологический:</b> минимизация транспортной нагрузки на почву; сбалансированное и точечное внесение средств защиты растений</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• уровень плодородия почв</li> <li>• коэффициент интенсивности технического и технологического использования земли при проведении механизированных операций</li> </ul>
<p><b>Организационный:</b> увеличение временного ресурса техники за счет возможности работы в ночное время; экономия времени выполнения работ</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• коэффициент загрузки трудового коллектива</li> <li>• уровень трудозатрат (чел-ч) выполнения операций</li> <li>• коэффициент своевременности выполнения механизированных операций</li> </ul>
<p><b>Социальный:</b> снижение нагрузки на трудовой персонал</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• качественные характеристики производимой продукции</li> </ul>
<b>2. Управление дифференцированными нормами</b>	
<p><b>Экономический:</b> повышение урожайности за счет лучшей подготовки почвы, плотности семян и распределения высева; экономия ГСМ, снижение затрат на семена; оптимизация расхода удобрений; экономия гербицидов</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• уровень урожайности</li> <li>• себестоимость</li> <li>• уровень затрат на топливно-энергетические ресурсы, на минеральные удобрения, на семена, на средства защиты растений</li> <li>• цена реализации продукции с учетом качественных характеристик</li> </ul>
<p><b>Экологический:</b> сохранение и повышение естественного плодородия пашни, полная компенсация выноса питательных веществ; снижение химической нагрузки на почву</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• уровень плодородия почв</li> <li>• интегрированный коэффициент роста благоприятствования и сохранения почвы</li> </ul>
<p><b>Организационный:</b> учет индивидуальных характеристик почвы; уменьшение трудоемкости выполнения работ; использование качественных семян</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• уровень трудозатрат (чел-ч) выполнения операций</li> <li>• уровень фактической убыли продукции при хранении</li> </ul>
<p><b>Социальный:</b> повышение качества продукции растениеводства; снижение нагрузки на персонал</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• качественные характеристики производимой продукции</li> </ul>
<b>3. Мониторинг состояния техники, растений и почв</b>	
<p><b>Экономический:</b> повышение урожайности за счет своевременной подкормки и химической обработки посевов, сохранение урожая</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• уровень урожайности</li> <li>• себестоимость</li> <li>• цена реализации продукции с учетом качественных характеристик</li> </ul>
<p><b>Экологический:</b> оптимизация химической нагрузки на почву</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• коэффициент оптимизации химической нагрузки на почву</li> <li>• уровень плодородия почв</li> </ul>
<p><b>Организационный:</b> определение оптимальных сроков уборки</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• уровень потерь урожая при уборке</li> <li>• уровень фактической убыли продукции при хранении</li> </ul>
<p><b>Социальный:</b> повышение качества продукции растениеводства</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• качественные характеристики производимой продукции</li> </ul>
<b>4. Метеомониторинг</b>	
<p><b>Экономический:</b> повышение урожайности; снижение расхода материальных ресурсов</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• уровень затрат на топливно-энергетические ресурсы в разрезе их видов; на семена; на минеральные удобрения; на средства защиты растений</li> <li>• уровень урожайности</li> <li>• уровень фактической убыли продукции при хранении</li> <li>• качественные характеристики производимой продукции</li> </ul>
<p><b>Экологический:</b> упреждение болезней и своевременный прогноз их развития; оптимизация химической нагрузки на почву и растения</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• коэффициент своевременности защиты растений от болезней и вредителей</li> <li>• коэффициент оптимизации химической нагрузки на почву</li> </ul>
<p><b>Организационный:</b> проведение агротехнических мероприятий в оптимальные сроки с учетом погодных условий</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• коэффициент своевременности выполнения механизированных операций</li> <li>• уровень потерь урожая при уборке</li> </ul>

Таблица 2. Возможные эффекты от применения базовых цифровых технологий точного земледелия. *Примечание: отдельные представленные показатели (коэффициенты) могут быть приемлемы для количественного выражения нескольких видов эффекта*

инновационных технологий и затрат на его осуществление. При этом в качестве возможных эффектов предлагаем выделить следующие их виды (табл. 2):

- *экономический – стоимостное выражение прироста урожайности в виде увеличения выручки и экономии затрат, снижения расхода ресурсов (семян, удобрений, ГСМ и др.) в виде уменьшения себестоимости;*
- *экологический – сокращение негативного воздействия сельхозпроизводства на окружающую среду;*
- *организационный – совершенствование организации труда, производства и менеджмента на уровне хозяйства (в том числе за счет улучшения планирования сельскохозяйственных операций);*
- *социальный – получение определенных положительных результатов для общества в целом и для трудового коллектива предприятия в частности (например, повышение качества продукции, улучшение условий труда работников и пр.).*

В затраты на внедрение определенной технологии необходимо включать суммы, идущие на приобретение машин, оборудования – мониторов, датчиков, метеостанций, подруливающих устройств и пр. – и их техническое обслуживание, создание и сопровождение баз данных, специализированное программное обеспечение, а также обучение специалистов.

Определение эффективности второго (надстроенного) блока цифровых технологий точного земледелия предусматривает их оценку более комплексно, учитывая не отдельные результаты от внедрения инноваций на конкретном предприятии, а сум-

марные эффекты на каждом этапе формирования системы их использования – от этапа применения базовых элементов до комплексной интеллектуальной системы управления агробизнесом [2, 3, 5–9, 12].

На рисунке представлена комплексная схема и методические подходы к оценке цифровых технологий и систем точного земледелия.

Научная новизна методических подходов к определению эффективности освоения цифровых технологий и систем точного земледелия заключается в следующем. Во-первых, ее обоснование разграничено с учетом стадий освоения цифровых технологий при переходе к интеллектуальным моделям управления национальной экономикой. Во-вторых, эффективность в рамках базовых технологий ориентирована на классические способы ее определения (с учетом срока окупаемости технологий), включая рациональный уровень площади пашни при возделывании культур в разрезе их видов. В-третьих, результативность в рамках базовых технологий систем точного земледелия комплексно учитывает совокупность показателей (коэффициентов) количественного выражения эффекта (для всех товарных культур). В-четвертых, впервые представлен такой показатель, как интегрированный коэффициент роста благоприятствования и сохранения почвы, который в последующем целесообразно использовать при обосновании объемов государственной поддержки в рамках профильных программ по сохранению почв.

Предложенная методология расчета адаптирована для

товарной продукции отрасли растениеводства; для учета продукции, которая остается в хозяйстве для его нужд, следует расширить и дополнить показатели эффективности с учетом затрат на корма в разрезе видов групп животных.

Также нами проведен анализ и определены основные риски по достижению высокого уровня эффективности от внедрения цифровых технологий и систем точного земледелия [16]:

- *полная зависимость от рынка интернет-ресурсов, его инфраструктуры, провайдеров, стоимости услуг;*
- *необходимость постоянного обновления и синхронизации программных средств и специальных приложений;*
- *значительные инвестиционные и технологические риски при приобретении, освоении и эксплуатации программных продуктов (например, сбои в электронной системе могут полностью парализовать первичный, бухгалтерский, управленческий учет, закупку материальных ресурсов, получение государственной поддержки при приобретении определенных видов ресурсов и др.);*
- *неготовность перехода многих специалистов аграрного профиля на автоматизацию операций и процессов в рамках функций управления, включая их переобучение;*
- *недостаточно широкий перечень учебных, учебно-методических обучающих комплексов и программ по подготовке специалистов цифрового профиля для сельского хозяйства;*
- *неполное обоснование категорий новых профессий, которые будут востребованы*

## БАЗОВЫЕ ТЕХНОЛОГИИ СИСТЕМ ТОЧНОГО ЗЕМЛЕДЕЛИЯ

$$\text{Э-ть} = \Sigma \text{Эф.} / (\Sigma \text{З} - \text{Дст.тех.}),$$

где Э-ть – эффективность от внедрения элементов точного земледелия в хозяйстве с заданным производственно-экономическим потенциалом организации;  
 Эф. – совокупный накопительный эффект, рассчитанный как сумма показателей (коэффициентов) стоимостного выражения эффективности с учетом площади, которая обслуживается системами точного земледелия;

ΣЗ – совокупные затраты на освоение систем точного земледелия, рассчитанные как сумма затрат на:

- приобретение машин и технических средств с навигационным оборудованием, возможностью автопилотирования и параллельного вождения и др.;
- затраты на техническое обслуживание элементов точного земледелия;
- затраты на подключение к спутниковым системам и их обслуживание;
- затраты на создание и обслуживание баз данных;
- затраты на обучение специалистов узкого профиля;

Дст.тех. – доход от продажи старой техники

$$\text{П} = (\Sigma \text{З} - \text{Дст.тех.}) / \Sigma \text{Эф.}_{\text{ежегод.}}$$

- где П – период окупаемости систем точного земледелия;
- ΣЭф.ежегод. – ежегодный эффект от внедрения систем точного земледелия

$$\Sigma S_{(A:N)} = \Sigma \text{Эф.}_{\text{ежегод. А}} / (\Sigma (\Delta \text{Ур-ть}_A \times \text{Пр}_A) + \dots + \Sigma (\Delta \text{Ур-ть}_N \times \text{Пр}_N) + (\Sigma \text{Ур-ть}_A \times \Delta \text{Пр}_A) + \dots + \Sigma (\text{Ур-ть}_N \times \Delta \text{Пр}_N))$$

где Σ<sub>(A:N)</sub> – рациональная площадь пашни, позволяющая окупить систему точного земледелия, при возделывании культур в разрезе их видов (A:N);

ΣЭф.ежегод. А (N) – ежегодный эффект от внедрения систем точного земледелия при возделывании А-культуры (N-культуры);

ΔУр-ть<sub>А (N)</sub> – прирост урожайности, обусловленный применением элементов точного земледелия, при возделывании А-культуры (N-культуры) (ц/га);

ΔПр<sub>А (N)</sub> – прирост прибыли в расчете на центнер, обусловленный применением элементов точного земледелия при снижении затрат, увеличении объемов производства и росте качества продукции, при возделывании А-культуры (N-культуры)

## SMART-СИСТЕМА УПРАВЛЕНИЯ МАТЕРИАЛЬНЫМИ РЕСУРСАМИ

$$\text{Э}_{\text{SMART ТОЧН.ЗЕМЛ.}} = \Sigma \text{Э}_{\text{SMART ТОЧН.ЗЕМЛ.}} / (\Sigma \text{З} - \text{Дст.тех.}) = (\Sigma \text{Эф.} + (\Sigma \text{Эф.}_{\text{АЛЬТ.ВОЗМ.ПРОИЗ.С.Х.}} + \Sigma \text{Эф.}_{\text{АЛЬТ.ВОЗМ.ПРИБОРЕТ.М.Р.}}) \times \text{Уд.вес}_{\text{ТОЧН.ЗЕМЛ. В ЗЦР МР}}) / (\Sigma \text{З} - \text{Дст.тех.}),$$

где Э<sub>SMART ТОЧН.ЗЕМЛ.</sub> – эффективность от внедрения систем точного земледелия при функционировании Smart-модели управления материальными ресурсами;

ΣЭ<sub>SMART ТОЧН.ЗЕМЛ.</sub> – совокупный накопительный эффект от внедрения элементов точного земледелия при реализации Smart-модели управления материальными ресурсами;

ΣЭф.<sub>АЛЬТ.ВОЗМ.ПРОИЗ.С.Х.</sub> – эффект от выявления альтернативных возможности возделывания сельскохозяйственной продукции;

ΣЭф.<sub>АЛЬТ.ВОЗМ.ПРИБОРЕТ.М.Р.</sub> – эффект от выявления альтернативных возможности приобретения материальных ресурсов;

Уд.вес<sub>ТОЧН.ЗЕМЛ. В ЗЦР МР</sub> – удельный вес затрат на точное земледелие в общих затратах на освоение элементов цифровых технологий в сельском хозяйстве в части управления материальными ресурсами

## ЭЛЕКТРОННАЯ СИСТЕМА УПРАВЛЕНИЯ АГРОБИЗНЕСОМ

$$\text{Э}_{\text{ЭЛЕКТ.СИСТЕМЫ ТОЧН.ЗЕМЛ.}} = \Sigma \text{Э}_{\text{ЭЛЕКТ.СИСТЕМЫ ТОЧН.ЗЕМЛ.}} / (\Sigma \text{З} - \text{Дст.тех.}) = (\Sigma \text{Эф.} + \Sigma \text{Э}_{\text{SMART ТОЧН.ЗЕМЛ.}} + \Sigma \text{Эф.}_{\text{АЛЬТ.РЕАЛ.С.Х.}} \times \text{Уд.вес}_{\text{ТОЧН.ЗЕМЛ. В ЗЦР}}) / (\Sigma \text{З} - \text{Дст.тех.}),$$

где Э<sub>ЭЛЕКТ.СИСТЕМЫ ТОЧН.ЗЕМЛ.</sub> – эффективность от внедрения систем точного земледелия при функционировании электронных систем управления;

ΣЭ<sub>ЭЛЕКТ.СИСТЕМЫ ТОЧН.ЗЕМЛ.</sub> – совокупный накопительный эффект от внедрения элементов точного земледелия при освоении электронной системы управления;

ΣЭф.<sub>АЛЬТ.РЕАЛ.С.Х.</sub> – эффект от выявления альтернативных возможности реализации сельскохозяйственной продукции;

Уд.вес<sub>ТОЧН.ЗЕМЛ. В ЗЦР</sub> – удельный вес затрат на точное земледелие в общих затратах на освоение элементов цифровых технологий в сельском хозяйстве

## ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНАЯ СИСТЕМА УПРАВЛЕНИЯ АГРОБИЗНЕСОМ

$$\text{Э}_{\text{ИНТ.СИСТЕМА УПРАВЛЕНИЯ АГРОБИЗНЕСОМ - ТОЧН.ЗЕМЛ.}} = (\Sigma \text{Эф.} + \Sigma \text{Э}_{\text{SMART ТОЧН.ЗЕМЛ.}} + \Sigma \text{Э}_{\text{ЭЛЕКТ.СИСТЕМЫ ТОЧН.ЗЕМЛ.}} + \Sigma \text{Э}_{\text{БАЗ ДАННЫХ}} \times \text{Уд.вес}_{\text{ТОЧН.ЗЕМЛ. В ЗЦР БАЗ ДАННЫХ}}) / (\Sigma \text{З} - \text{Дст.тех.}),$$

где Э<sub>ИНТ.СИСТЕМА УПРАВЛЕНИЯ АГРОБИЗНЕСОМ - ТОЧН.ЗЕМЛ.</sub> – эффективность от внедрения систем точного земледелия при функционировании интеллектуальных систем управления;

ΣЭ<sub>БАЗ ДАННЫХ</sub> – эффект от создания баз данных состояния земельных участков, расхода материальных ресурсов, агросырья и продовольствия, поставщиков ресурсов;

Уд.вес<sub>ТОЧН.ЗЕМЛ. В ЗЦР БАЗ ДАННЫХ</sub> – удельный вес затрат на точное земледелие в общих затратах на освоение элементов цифровых технологий в сельском хозяйстве при формировании баз данных

Рисунок. Комплексная система оценки эффективности от внедрения систем точного земледелия в условиях развития цифровой экономики

в условиях развития цифровой экономики;

- необходимость перепрофилирования кадрового состава в АПК;
- отсутствие доверия к электронным системам хранения данных;
- низкий уровень защищенности информации и рост кибератак;
- работа в жестких рамках единых временных и нормативно-правовых требований, не позволяющих быстро корректировать программные инструменты с учетом административно-территориальных, региональных и организационно-экономических особенностей формирования материальных затрат в подкомплексах АПК;
- высокая зависимость от разработчиков программных средств и инструментов даже в части устранения простейших ошибок ввода данных и др.

Обязательными условиями эффективности внедрения цифровых технологий и систем точного земледелия являются: упорядочивание бизнес-процессов предприятия до осуществления внедрения инновационных технологий; встраивание точного земледелия в общую систему цифровизации хозяйства и формирование единой информационной системы предприятия; подготовка кадров в хозяйствах (проведение разъяснительных бесед, экскурсии на передовые объекты и помощь практикующих специалистов, курсы подготовки и сопровождающие консультации во время внедрения); обязательная предварительная экономическая оценка и подбор наиболее эффективных цифровых технологий точного земледелия под потребности конкретного сельскохозяйственного предприятия,

а также разработка индивидуального плана внедрения.

Таким образом, результаты исследований по определению эффективности цифровых технологий в точном земледелии свидетельствуют, что по мере освоения инфраструктуры и элементов V и VI технологических укладов формируется и повышается цепная результативность использования систем

навигационного автоуправления, управления дифференцированными нормами, мониторинга состояния техники, растений и почв, метеомониторинга, которая проявляет себя не только в экономии и бережном использовании материальных ресурсов, а в создании условий и учете факторов для принятия правильных проактивных управленческих решений. ■

■ **Summary.** The article presents the results of studies on the development and substantiation of methodological provisions for assessing the effectiveness of digital technologies in precision farming, which are focused on the presence of a cross-cutting and cumulative effect from the introduction of precision farming systems, depending on the stages of development of the digital economy.

■ **Keywords:** precision farming, digital technologies, efficiency, management, agrarian economy.

■ <https://doi.org/10.29235/1818-9857-2021-3-11-16>

## СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Белавецкая Т.М. Технологии точного земледелия, их перспективы и возможности использования на мелиорированных землях // Научно-технический обзор. – М., 2009.
2. Гусаков В.Г. Вызовы «Индустрии 4.0» и «Общества 2.0», или Рассуждения по поводу новой цифровой реальности // Наука и инновации. 2019. №12. С. 4–9.
3. Ковалев И.Л., Такун А.П., Такун С.П., Костомахин М.Н. Системы корпоративного управления в сфере АПК с использованием информационных технологий и их модернизация // Главный зоотехник. – М., 2020. №2. С. 51–63.
4. Лачуга Ю.Ф. Точное земледелие и животноводство – генеральное направление развития сельскохозяйственного производства в XXI в. // 3-я науч.-практ. конф. «Машинные технологии производства продукции в системе точного земледелия и животноводства» (16–18 июня 2004 г., Москва). – М., 2005. С. 8–11.
5. Макрак С. SMART-система управления материальными ресурсами в условиях развития циркулярной аграрной экономики в Республике Беларусь // Наука и инновации. 2020. №8. С. 54–58.
6. Макрак С. SMART-система управления материальными ресурсами в условиях развития циркулярной аграрной экономики в Республике Беларусь // Наука и инновации. 2020. №7. С. 73–78.
7. Макрак С. Цифровизация экономики как этап внедрения SMART-системы управления материальными ресурсами // Аграрная экономика. 2020. №3. С. 41–51.
8. Макрак С.В. Концептуальные основы системы управления материальными ресурсами в сельском хозяйстве // Экономика и банки. 2020. №2. С. 45–57.
9. Такун А.П., Такун С.П. Перспективные направления совершенствования системы управления сельскохозяйственными организациями Республики Беларусь // Экономические вопросы развития сельского хозяйства Беларуси. – Минск, 2020.
10. Труфляк Е.В. Основные элементы системы точного земледелия. – Краснодар, 2016.
11. Шваб К. Четвертая промышленная революция. – Эксмо, 2016.
12. Шумилин А.Г. Приоритет – инновационное развитие // Беларуская думка. 2018. №11. С. 3–12.
13. Якушев В.П., Якушев В.В. Перспективы «умного сельского хозяйства» в России // Вестник Российской академии наук. 2018. Т. 88. №9. С. 773–784.
14. Digital Agriculture. Bytes against Hunger // <https://www.capgemini.com/wp-content/uploads/2018/06/Digital-Agriculture-Point-of-View.pdf>.
15. Digital Technologies in Agriculture and rural Areas / Food and Agriculture Organization of the United Nations. – Rome, 2019. // <http://www.fao.org/3/ca4887en/ca4887en.pdf>.

Полный список использованных источников размещен

 [http://innosfera.by/2021/03/DIGITAL\\_TECHNOLOGIES](http://innosfera.by/2021/03/DIGITAL_TECHNOLOGIES)

Статья поступила в редакцию 19.02.2021

# ОТ МЕХАНИЗАЦИИ — К РОБОТИЗАЦИИ



**Василий Ядченко,**  
главный редактор  
журнала  
«Механизация  
сельского хозяйства»  
НПЦ НАН Беларуси  
по механизации  
сельского хозяйства

**Р**астущему населению нашей планеты уже через 30 лет потребуется на 70% больше продуктов питания, чем их производится сейчас. В обозримом будущем их основную массу будут обеспечивать пахотные земли, однако ежегодно последних становится меньше на 1,3 млн га. По данным ФАО (Продовольственная и сельскохозяйственная организация ООН), качество почвы повсеместно ухудшается из-за чрезмерного использования удобрений, обезлесения и изменения климата по причине глобального потепления. На фоне постоянного снижения плодородия становится понятным, почему с 80-х гг. прошлого столетия главной парадигмой развитых мировых держав становится создание прецизионных систем земледелия.

В Республике Беларусь проблема продовольственной безопасности в аспекте независимости и обеспеченности страны основными продуктами питания собственного производства в настоящее время решена. При этом биологический потенциал сортов культурных растений в республике реализуется не более чем на 30%. Так, например средняя урожайность зерновых во Франции – 75 ц/га, в Германии – 72 ц/га, в Беларуси – 34,7 ц/га; производство зерна на душу населения в Канаде составляет 1,7 т, в США – 1,4 т, во Франции – 1,1 т, в Беларуси – 1 т (2014 г), в России – 0,65 т. В то же время по сравнению со странами ЕС на производство единицы продукции расходуется в 2–2,5 раза больше топлива, 1,2–1,5 семенного материала и почти в 2 раза больше удобрений, что увеличивает себестоимость

продукции. Это обусловлено, с одной стороны, расположением территории нашей страны в зоне так называемого неустойчивого земледелия, с другой – недостаточным уровнем агротехнологической дисциплины и отсутствием автоматизированных сельскохозяйственных машин и программно-аппаратных систем по их управлению, способных реализовать высокопроизводительные инновационные приемы.

Поэтому стратегическая цель дальнейшего развития сельского хозяйства на период до 2030 г. – формирование конкурентоспособного на мировом рынке и экологически безопасного производства продуктов питания, необходимого для поддержания достигнутого уровня продовольственной безопасности страны, обеспечения полноценного питания и здорового образа жизни населения республики при сохранении и увеличении плодородия почв. Для ее достижения необходимо снизить затраты ресурсов, повысить рентабельность производства и качество продовольствия. По оценкам экспертов, Беларусь способна не менее чем на 50% увеличить производство растениеводческой продук-

ции и достичь рентабельности продаж не менее 11–13% к 2030 г.

Изучение мирового опыта и анализ мировых тенденций свидетельствует, что сельское хозяйство во всем мире переходит на ресурсосберегающие технологии, которые позволяют успешно конкурировать на рынке. Базовым элементом здесь является точное сельское хозяйство, включающее в себя точное земледелие. Лидеры по его внедрению – США, Германия, Дания, Голландия, Япония, Бразилия, Китай и Австралия. Так, в «кукурузном поясе» Соединенных Штатов уже в 1999 г. технологии точного земледелия применяли около 60% фермеров (в настоящее время более 80%). В 2009 г. доступ в «глобальную паутину» имели 59% американских фермеров, а 64% ферм располагали компьютерами, позволяющими получать новейшую информацию по всем вопросам агропромышленного бизнеса. В сельском хозяйстве США занято порядка 1,5% населения, что объясняется развитостью отрасли, ее компьютеризацией, практически полной автоматизацией и необходимостью задействования человеческих ресурсов лишь в качестве «кон-

тролера» техники. В Германии более 60% фермерских хозяйств используют новые технологии.

Научное обоснование точного земледелия, обеспечение сельскохозяйственной техники высокоточными приборами стали основой проекта «Preagro» (разработка системы семеноводства с учетом микроусловий), использующего информацию со спутников для экономического роста агропроизводства. Немецкие специалисты рассчитали, что технологии точного земледелия будут способствовать повышению урожайности на 30% при экономии затрат 100–150 евро на гектар. Проект основан на отработке системы дифференцированного внесения удобрений с использованием информационных технологий, ГИС и GPS.

Появилось понятие «цифровое земледелие», в мире наметился переход к модели «Сельское хозяйство 4.0». В сравнении с существующей – «Сельское хозяйство 3.0», где основной упор делается на механизацию, селекцию и удобрения, в новой концепции фокус смещается к таким технологиям, как 3D- и 4D-печать, умные материалы, роботы, Интернет вещей, биоинформатика, умное сель-



Комплект оборудования дистанционного мониторинга состояния растений



Картофелесортировальная машина

ское хозяйство, возобновляемые источники энергии, биопереработка, биотопливо, генная инженерия, синтетическая биология, искусственное мясо, специализированная еда, аквапоника, вертикальное сельское хозяйство, консервация, транспорт и др. Это открывает путь к следующему уровню развития, предполагающему использование беспилотных операций и автономных систем принятия решений. «Сельское хозяйство 5.0» будет основываться на робототехнике и искусственном интеллекте.

Научно-практический центр НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства с 2011 г. занимается разработкой отдельных элементов системы точного земледелия. В 2015 г. в рамках отраслевой научно-технической программы «Импортозамещающая продукция» совместно с ОАО «Минский часовой завод» был разработан комплект оборудования и программного обеспечения системы дистанционного мониторинга машинно-тракторных агрегатов, включающий модуль идентификации и телеметрический МТМ-1, топливные датчики, сервер и специализированное программное обеспечение для рабочего места специалиста. Данная система предназначена для определения координат местоположения, направления и скорости движения машинно-тракторного агрегата, в режиме реального времени позволяет определить обработанную площадь и расход топлива.

Совместно с НПО «ОКБ ТСП» разработан и изготовлен опытный образец бортового компьютера для тракторов «Беларус» 3022/3522 с навигационным модулем для определе-



Комплект оборудования для мониторинга и управления уборочными машинами

ния текущих координат МТА с точностью до 10 см в процессе движения на основе использования дифференцированных поправок Республиканского унитарного предприятия «Белгеодезия». Устройство позволяет контролировать более 15 эксплуатационных параметров работы трактора, автоматически вести его по заданной траектории с точностью до сантиметра и в настоящее время проходит испытания в ГУ «Белорусская МИС». Исследования показали, что оптимизация режимов работы высокопроизводительных машинно-тракторных агрегатов позволит увеличить их производительность на 5–10% и снизить удельный расход топлива до 10%.

Потребитель становится все более требовательным и хочет видеть на прилавке высококачественную продукцию, выращенную в соответствии со стандартами безопасности. Это стимулирует производителей плодов, овощей и корнеклубнеплодов

к использованию современных, экономичных, неразрушающих, а также гигиенических методов контроля их качества. Применение систем технического (машинного) зрения и автоматической инспекции для идентификации и отделения некондиционных плодов и корнеклубнеплодов из общего вороха – один из таких методов. В нашем Центре проведены работы по созданию такого высокопроизводительного метода для клубней картофеля, качество и внешний вид которых оценивают системы технического зрения и автоматической инспекции по внешним цветовым дефектам: позеленение, наличие ростков, повреждения ризоктониозом и серебряной паршой, порезы и трещины. В основе лежит концепция интеллектуального анализа данных, согласно которой полученные с видеокамер изображения картофеля обрабатываются и формируются в образы с последующим распознаванием и выдачей сигнала исполнительному устройству. Результаты исследований будут использованы при разработке автоматической сортировальной машины. Оптический сортировщик предназначен для калибровки картофеля, яблок и груш согласно действующим стандартам. Фотосепаратор линии обеспечивает разделение плодов по размеру, цвету, наличию механических повреждений и повреждений от болезней и вредителей.

Для механизации и автоматизации технологических процессов в свиноводстве разработан широкий спектр оборудования для автоматизированного приготовления и нормированной раздачи жидких кормосмесей, сухих кормов,

автоматизированная станция индивидуального кормления свиноматок и комплект оборудования для многократного кормления по биофазам животных с возможностью удаленного контроля через Интернет. Разработки позволили значительно сократить импорт аналогичного оборудования и максимально исключить влияние человеческого фактора на животноводческих фермах и комплексах.

Современные тенденции требуют ускорения перехода от управления технологическими процессами и установками к управлению рентабельностью животноводческого предприятия с использованием новых инструментов принятия решений и «точных» технологий, обеспечивающих за счет максимального использования генетического потенциала животных увеличение их продуктивности, снижение удельного расхода кормов и электроэнергии. В ближайшей перспективе роботизация процессов достижима путем разработки базовых принципов и программно-технических средств построения интегрированных систем управления в животноводстве, средств автоматизации и роботизации в молочном и мясном скотоводстве, информационно-коммуникационных систем в свиноводстве, а также внедрения интегрированных систем энергообеспечения новых технологий на базе возобновляемых источников энергии.

Для полноценного использования технологий точного сельского хозяйства требуется применение всех современных достижений, включая компьютеры и сети, Интернет вещей, облачную обработку данных, 3S (дистанционное обследование,

географические информационные системы и GPS), а также беспроводную связь. Зарубежное оборудование и программное обеспечение для их реализации не позволяет одновременно перейти на новые технологии ввиду их несовместимости с отечественной сельскохозяйственной техникой и не дает ощутимого экономического эффекта в силу их дороговизны и постоянной технологической зависимости от фирмы-производителя. В связи с этим целесообразно силами специалистов Национальной академии наук, предприятий Министерства промышленности, Министерства связи и информатизации, Госкомвоенпрома и других ведомств разрабатывать и производить собственные информационно-управляющие системы. Для этого необходимо решить ряд задач:

- разработать базовые инновационные технологии возделывания основных зерновых и кормовых культур, ориентированные на использование информационно-управляющих систем в почвенно-климатических условиях Республики Беларусь, в рамках которых будут реализованы технологические приемы дифференцированного внесения удобрений, средств защиты растений и посева;

- сформировать техническую базу для сбора полевых данных (оборудование дистанционного мониторинга состояния растений, автоматизированные почвенные пробоотборники, лаборатории экспресс-анализа почвенных проб);
- произвести автоматизированные системы сельскохозяйственных машин для технологий информационно-управляемого земледелия (системы вождения машинно-тракторных агрегатов, комплекты оборудования для мониторинга и управления внесением минеральных удобрений, средств защиты растений);
- создать комплекс программного обеспечения для составления карт полей, а также программно-аналитический комплекс обработки данных дистанционного зондирования растений, мониторинга и управления МТА и т.д.

В условиях жесткой конкуренции совершенствование процесса производства продукции, основанное на технологиях информационно-управляемого сельского хозяйства, является экономически обоснованным и позволит снизить ее себестоимость и повысить эффективность отрасли в целом. ■

## СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Лопачев Н.А. Теоретические основы использования потоковых структур в прецизионном земледелии // Proceedings of International Scientific and Practical E-Conference on Agriculture and Food Security «Anthropogenic evolution of modern soils and food production under changing of soil and climatic conditions», October 29 – November 28, 2015.
2. Труфляк Е.В. Опыт применения систем точного земледелия. – Краснодар, 2016.
3. Севостьянова Е.В., Агафонова А.А. Внедрение результатов НТП в сельское хозяйство США // Инновационная экономика и общество. №4. 2016.
4. Шаталина Л.П. Точное земледелие как один из путей к энергосбережению ресурсов в сельскохозяйственном производстве // АПК России. 2017. Том 24. №4.
5. Сельское хозяйство Республики Беларусь. Статистический сборник. – Минск, 2018.

# ЦИФРОВОЕ ЗЕМЛЕУСТРОЙСТВО В СФЕРЕ АПК

УДК 631.3.072

**Аннотация.** Проанализированы направления развития внутрихозяйственного землеустройства в контексте формирования инновационных подходов к управлению земельными ресурсами, в частности при внедрении системы точного земледелия в аграрное производство Беларуси.

**Ключевые слова:** цифровое землеустройство, точное земледелие, менеджмент-зона, сельскохозяйственные земли, ГИС-технологии.

**Для цитирования:** Куцаева О., Барковский Г. Цифровое землеустройство в сфере АПК // Наука и инновации. 2021. №3. С. 21–25. <https://doi.org/10.29235/1818-9857-2021-3-21-25>



**Олеся Куцаева,**  
старший преподаватель  
кафедры геодезии  
и фотограмметрии  
Белорусской  
государственной  
сельскохозяйственной  
академии;  
[alexa-1982@bk.ru](mailto:alexa-1982@bk.ru)



**Геннадий Барковский,**  
директор проектного  
института  
Могилевгипрозем;  
[mogilev@belgiprozem.by](mailto:mogilev@belgiprozem.by)

Широкое применение технологий точного земледелия невозможно без развития цифрового землеустройства, поскольку последнее является пространственно-информационной основой при имплементации инновационных методов в аграрном производстве. В противном случае это приведет к огромным экономическим потерям, связанным с недоиспользованием земельного ресурса и ускорением темпов деградации почв. Переход к цифровому землеустройству, базирующемуся на учете наличия внутриполевой пространственной неоднородности почвы, – ключевой фактор точного земледелия, позволяющий повысить корректность оценки и прогноза урожайности культур с вероятностью до 95%; увеличить ее на 25–30% только за счет оптимизации размещения посевов; снизить производственные затраты на 15–20%, учитывая технологические свойства и местоположение земельных участков; привязать тех-

нологии возделывания культур к конкретным площадям пахотных земель; разработать систему противозерозионных и природоохранных мероприятий [5, 6].

Зона управления, или менеджмент-зона (МЗ) – одна из важнейших составляющих точного земледелия как стратегии управления сельским хозяйством, направленной на максимальное повышение продуктивности и устойчивости культур к неблагоприятным факторам внешней среды за счет оптимального использования материальных и производственных ресурсов посредством учета внутриполевой пространственной неоднородности [7]. Универсальный инструмент для идентификации МЗ – внутрихозяйственное землеустройство, реализацию функций которого в отношении выделения зон пространственной неоднородности в пределах землепользования сельскохозяйственного предприятия можно осуществить посредством применения функциональных возможностей геоинформационных систем, в частности геопространственной статистики, кластерного и геоинформационного анализа (рис. 1).

Именно менеджмент-зона является определяющим фактором, влияющим как на дальнейшую имплементацию системы точного земледелия для конкретного землепользования, так

и на принятие решения о внедрении отдельных ее элементов, прежде всего – параллельного вождения и дифференцированного внесения минеральных удобрений и средств защиты растений, что наиболее приемлемо для нашей страны, учитывая современную экономическую ситуацию, систему хозяйствования и отсутствие частной собственности на земли сельхозназначения.

В Беларуси, как и в странах ближнего и дальнего зарубежья, все еще не разработана единая унифицированная методика идентификации менеджмент-зон, а их выделение осуществляется с использованием четырех базовых подходов, принятых в мире: согласно первому поля разделяются на МЗ в соответствии со значениями одной или нескольких характеристик почвы и ланд-

шафта; в соответствии со вторым – МЗ определяются с использованием карт урожайности; по третьему – МЗ устанавливается по величине окупаемости затрат; четвертый, комплексный, предполагает использование информации как о почвенных параметрах или ландшафтных характеристиках, так и об урожайности культур либо окупаемости затрат на ее получение. Выбор того либо иного обуславливается следующими положениями: сколько МЗ должно быть идентифицировано в пределах поля либо земельного участка? по какому ключевому признаку следует выполнять градацию поля либо земельного участка на МЗ? сколько признаков необходимо учитывать при их определении? использовать ли для их выделения один из существующих подходов либо их комбинацию? нужно ли учитывать вид выращиваемых культур и конкретный элемент технологии точного земледелия (дифференцированное внесение удобрений и пестицидов, обработка почвы, орошение, уборка урожая)?

Однако решающим фактором следует считать сложившуюся систему землепользования и землеустройства, а также наличие оперативных и достоверных данных, применять которые можно при идентификации МЗ для прецизионного земледелия. Следует отметить, что, поскольку элементы такой технологии только начали внедряться в Беларуси, подход, основанный на экономических характеристиках, не будет эффективен из-за отсутствия достоверных статистических данных об этих показателях. В то же время и определение зон по индикаторам урожайности также имеет ряд ограничений, связанных прежде всего с отсутствием ее мониторинга

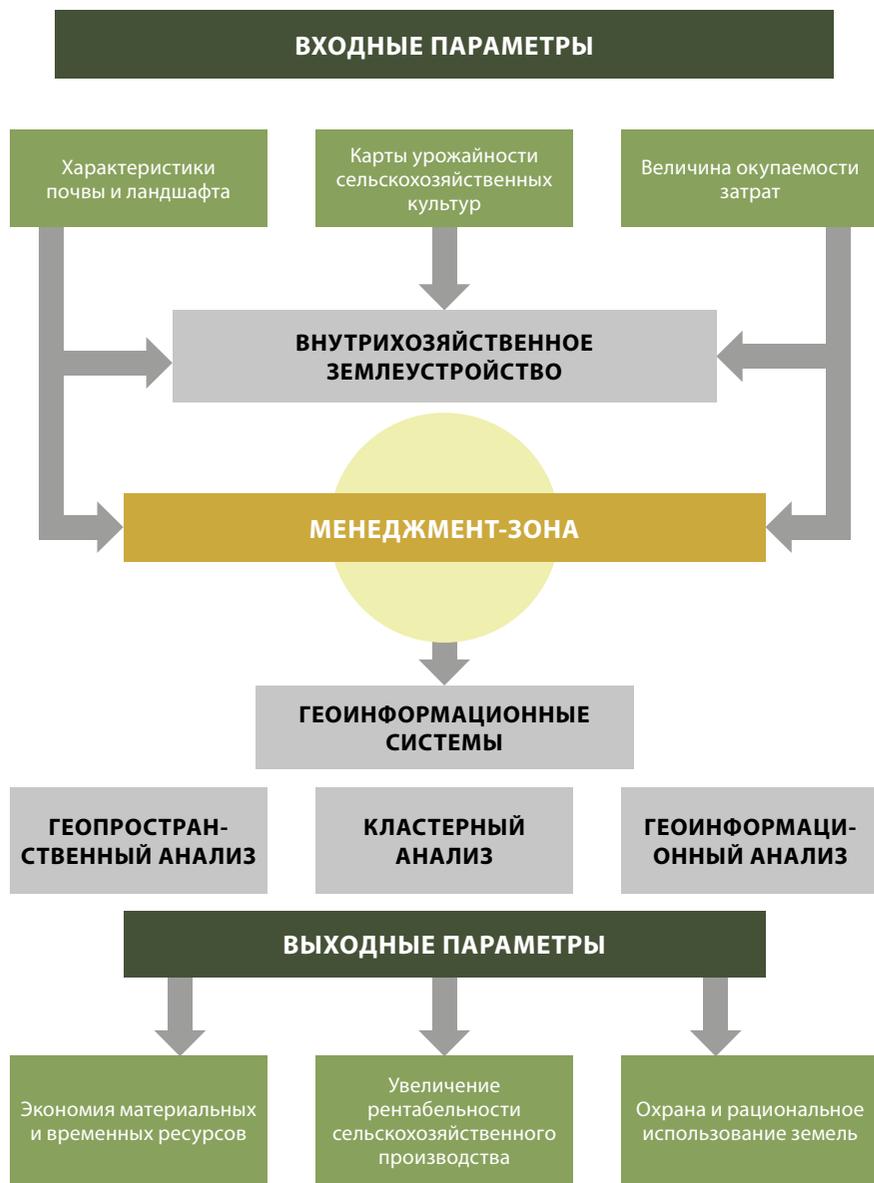


Рис. 1. Структура менеджмент-зоны как подсистемы точного земледелия

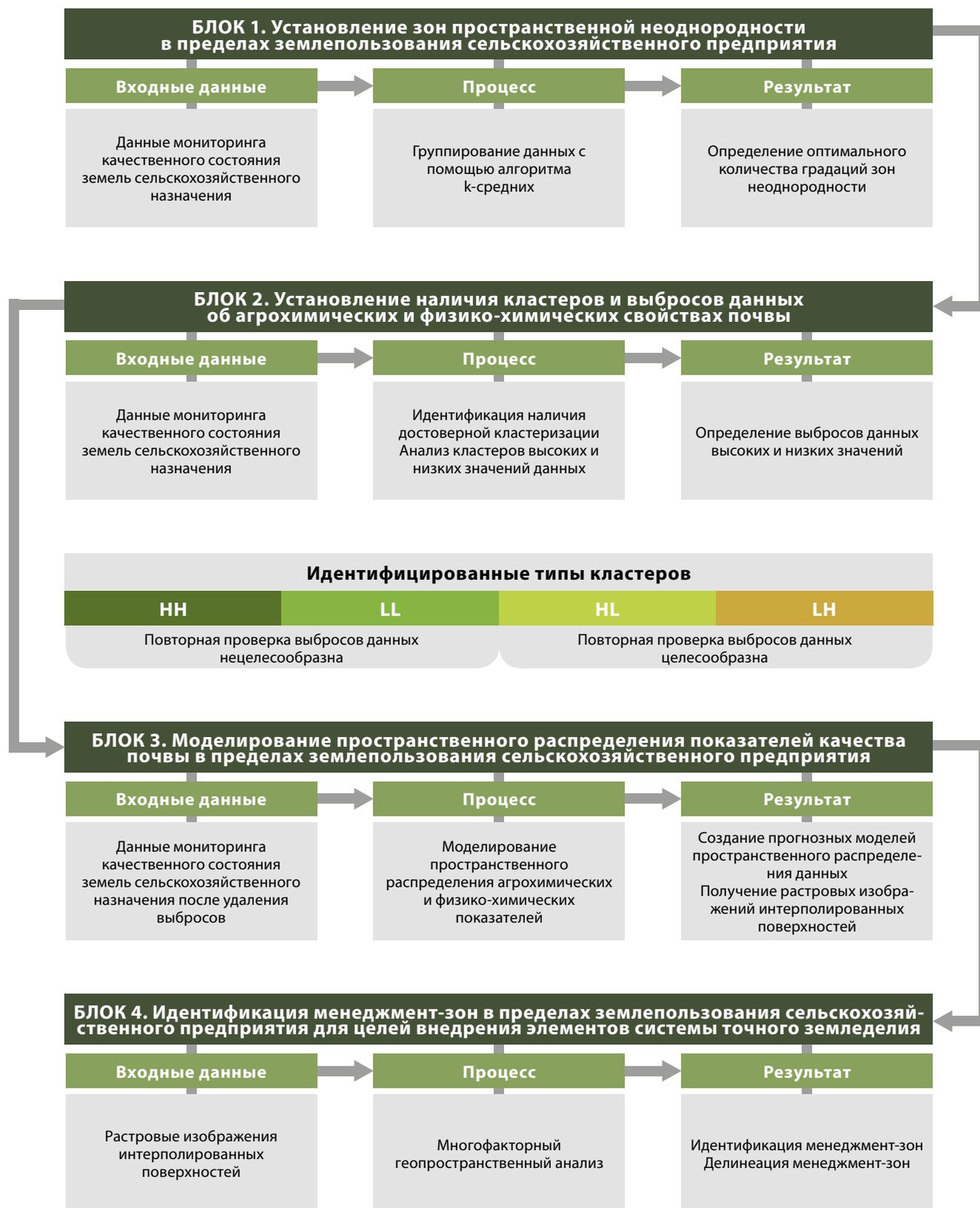


Рис. 2. Механизм идентификации МЗ с соответствующим качеством земель для целей точного земледелия

в контексте пространственного распределения в пределах поля и учета неоднородностей. Для идентификации МЗ только почвенных параметров недостаточно, поскольку имеющиеся картографические материалы зачастую устаревшие и не всегда могут быть отображены в цифровом формате; сельскохозяйственные предприятия не применяют датчики, регистрирующие почвенные параметры; определение электропроводности почвы, используемое за рубежом для разграничения зон неоднородности в пределах поля, не обязательно при проведении туров агрохимических обследований проектно-изыскательскими станциями химизации сельского хозяйства [8].

Исходя из этого, при разработке методики определения менеджмент-зон для условий Беларуси в качестве универсальных исходных показателей рекомендуются почвенные параметры, наиболее часто используемые агрономическими службами сельскохозяйственных предприятий: содержание в почве гумуса, подвижных фосфора и калия, а также рН почвенного раствора [9]. Данный перечень может быть расширен с учетом геопространственных данных о свойствах почвы и требований, предъявляемых к определению МЗ. В частности, в него могут быть внесены сведения о содержании в почве микроэлементов, а также об уровне ее загрязнения остатками пестицидов, тяжелыми металлами и радионуклидами.

При идентификации МЗ с соответствующим качеством земель в пределах конкретного агрохозяйства в качестве исходных данных целесообразно использовать показатели земельно-информационной системы на территории выполнения работ

по разграничению МЗ, а также сведения агрохимического обследования почв сельскохозяйственного предприятия областной проектно-изыскательской станцией агрохимизации.

Сотрудники кафедры геодезии и фотограмметрии землеустроительного факультета Белорусской государственной сельскохозяйственной академии в тесной коллаборации с Проектным институтом Могилевгипрозем разработали и апробировали в условиях Учебно-опытного хозяйства БГСХА методику идентификации однородных территориальных МЗ путем многофакторного геопространственного анализа при осуществлении внутривладельческого землеустройства сельхозорганизации для целей точного земледелия, которая рекомендована к применению (рис. 2).

Важно подчеркнуть, что информационной базой для этого является мониторинг земель, под которым, согласно ст. 1 Кодекса о земле Республики Беларусь, понимают систему наблюдений, оценку и прогноз изменений их состояния под воздействием антропогенных и (или) природных факторов. Это необходимо для принятия решений по оптимизации землепользования с применением инструментов планирования и прогнозирования. Наша страна имеет достаточно разветвленную сеть мониторинговых пунктов для наблюдений за состоянием почв, превышающую по плотности аналогичные, созданные в странах дальнего и ближнего зарубежья [10]. Государственный комитет по имуществу Республики Беларусь – один из основных субъектов мониторинга. Его структурные подразделения проводят их кадастровую оценку, полевое почвенное обследование

с последующей корректировкой данных слоя «почвы» в земельно-информационной системе. Сопоставление и анализ геопространственной информации позволяет получать реальную картину состояния почв и максимально задействовать потенциал основного средства сельхозпроизводства. Специалисты отделов земельно-информационных систем проектных институтов системы УП «Белгипрозем» имеют соответствующую квалификацию, опыт, навыки и возможности для создания актуальных цифровых картографических материалов и баз данных о качественных свойствах земель, удовлетворяющих запросы и требования сельхозпроизводителей, в том числе и при использовании прецизионных технологий.

Однако имеющейся информации о состоянии земель явно недостаточно, поскольку проводимые подразделениями агрохимической службы обследования основаны не на сплошном, а на так называемом маршрутном методе, а также методе ключей (выборе репрезентативных территорий). К тому же в процессе изысканий отбираются смешанные, а не индивидуальные почвенные образцы (обязательное условие при имплементации прецизионного земледелия). Способы составления почвенных картограмм, применяемые в работе проектно-изыскательских станций химизации сельского хозяйства, также морально и технически устарели и непригодны для планирования и внедрения инновационных систем земледелия.

Главной отличительной особенностью картографического изображения, полученного с помощью ГИС-анализа, является то, что требуемый показатель отображается в виде геопривязан-

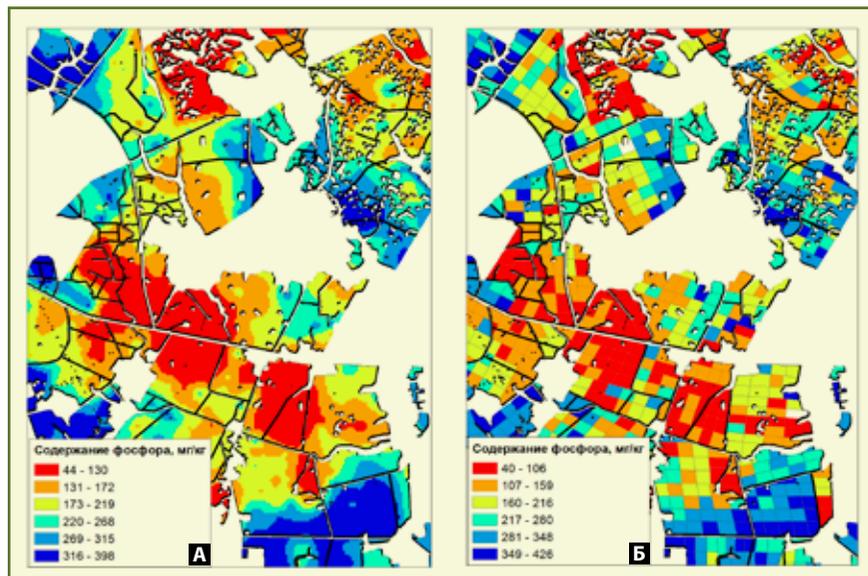


Рис. 3. Фрагменты картограмм, отображающих содержание в почве подвижного фосфора (А – созданных с применением современных методов геопространственного анализа; Б – созданных традиционным способом).

ных контуров, что дает возможность с высокой точностью определить наличие пространственных неоднородностей в содержании подвижного фосфора в почве и рассчитать дозы фосфорных минеральных удобрений в соответствии с фактическими потребностями с учетом внутриполевой изменчивости (рис. 3).

Наличие актуальных карт, отражающих реальное состояние качества земель и их внутриполевую неоднородность и позволяющих дифференцировать внесение минеральных удобрений и химических мелиорантов, максимально используя потенциальные возможности почвы, – важнейшее условие эффективного внедрения точного земледелия. Игнорирование наличия внутриполевой неоднородности ведет к необоснованному перерасходу ресурсов, побочное действие которого – усиление негативного антропогенного воздействия на окружающую среду.

Внедрение системы точного земледелия в условиях Беларуси

должно осуществляться прежде всего как элемент внутрихозяйственного землеустройства, причем не только в масштабе отдельных сельскохозяйственных предприятий, но и в отношении отдельных полей земельных массивов и участков. В частности, необходимо формировать рабочие территории, учитывая контуры существующей внутриполевой неоднородности, идентифицируя их (или субрегионы) внутри каждого поля либо земельного участка. Это позволит оптимизировать структуру землепользования посредством рациональной трансформации земельных угодий и получать оперативные и точные данные о количественном и качественном состоянии земель. ■

■ **Summary.** The paper analyzes the directions of development of on-farm land management in the context of the formation of innovative approaches to land management, in particular, when introducing a precision farming system in agricultural production in Belarus.

■ **Keywords:** digital land management, precision farming, management zone, agricultural land, GIS technologies.

■ <https://doi.org/10.29235/1818-9857-2021-3-21-25>

#### СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Мыслыва Т.Н. Внедрение точного земледелия в Республике Беларусь в контексте национальных отношений: проблемы и перспективы / Т.Н. Мыслыва, О.А. Куцаева // Вестник БГСХА. 2020. №4. С. 154–163.
2. Механізми управління земельними відносинами в контексті забезпечення сталого розвитку / Ш.І. Ібатулін, О.В. Степенко, О.В. Сакаль і ін. – К., 2012.
3. Якушев В.В. Точное земледелие: теория и практика: монография / В.В. Якушев. – СПб., 2016.
4. Maloku D. Adoption of precision farming technologies: USA and EU situation / D. Maloku // Practical Application of Science. 2020. Vol. VIII. Issue 22. P. 7–14.
5. Папаскири Т.В. Землеустроительное проектирование и землеустройство на основе автоматизации: проблемы и решения / Т.В. Папаскири // Землеустройство, кадастр и мониторинг земель. 2015. №8 (127). С. 10–15.
6. Волков С.Н. Цифровое землеустройство – проблемы и перспективы / С.Н. Волков, Д.А. Шаповалов // Интерэкспо Гео-Сибирь. 2019. №2. С. 26–35.
7. Delineation of site-specific management zones for pest control purposes: Exploring precision agriculture and species distribution modeling approaches / J. Méndez-Vázquez, A. Lira-Noriega, R. Lasa-Covarrubias, S. Cerdeira-Estrada // Computers and Electronics in Agriculture. 2019. Vol. 167. P. 165–172.
8. Куцаева О.А. Создание менеджмент-зон для дифференцированного внесения минеральных удобрений с использованием инструментов геостатистического анализа // Вестник БГСХА. 2020. №2. С. 176–181.
9. Kutsayeva A. Creation of management zones for the purposes of land development at the implementation of precision farming in Belarus / A. Kutsayeva, T. Myslyva // International scientific journal: Baltic surveying. 2020. Vol. 12. P. 1–27.
10. Мыслыва Т.Н. [и др.]. Мониторинг земель сельскохозяйственного назначения в Республике Беларусь: проблемы и перспективы развития // Вестник БГСХА. 2017. №2. С. 105–113.

Статья поступила в редакцию 10.02.2021

SEE [http://innosfera.by/2021/03/precision\\_farming](http://innosfera.by/2021/03/precision_farming)

# ОСНОВНЫЕ ЭЛЕМЕНТЫ ПРЕЦИЗИОННОГО ЗЕМЛЕДЕЛИЯ



**Елена Юзефович,**  
главный специалист  
ООО «Технологии земледелия»,  
кандидат биологических наук



**Денис Романцевич,**  
старший преподаватель  
кафедры земледелия  
Белорусской государственной  
сельскохозяйственной академии,  
кандидат сельскохозяйственных наук

**Р**азвитие земледелия требует совершенствования подходов к восстановлению и повышению плодородия почвы путем применения минеральных удобрений, средств защиты растений, техники и других средств интенсификации производства. Одной из причин, негативно сказывающихся на продуктивности агроэкосистем, уровне затрат, производительности труда и рентабельности хозяйственной деятельности, является усредненный подход к использованию ресурсов без учета изменения факторов среды. В результате растет стоимость получаемого продукта и, как следствие, снижается его доступность. Выходом в данных обстоятельствах являются решения, лежащие в основе технологии точного земледелия (ТТЗ). Основной принцип данного метода – проведение полевых операций с учетом неоднородности по различным показателям, таким как плодородие, распространение болезней и вредителей, засоренность, климатические особенности, камни, рельеф, вымочки, что радикальным образом меняет традиционные подходы [1, 2].

Развитию прецизионного земледелия предшествовало ускорение научно-технического прогресса, связанного с разработкой и широким использованием программно-аппаратных средств GPS (и подсистемы DGPS), ГЛОНАСС, Galileo, Compass, BeiDou и геоинформационных систем (ГИС), а также созданием принципиально новых машин и их систем, работающих в автоматическом режиме, способных осуществлять операции по дифференцированной обработке поля. Системы навигации – незаменимый инструмент для точного определения координат нахождения сельскохозяйственной техники, уточнения и фиксации границ поля и зон внутривидовой неоднородности на основании экстраполяции полученных данных [3–5].

Пионерами в данной области были GPS (глобальная спутниковая система, разработанная в США) и ГЛОНАСС (глобальная навигационная спутниковая система, созданная в России). Обе они автономны, с возможностью интеграции, однако доступность и количество устройств, поддерживающих GPS, значительно больше. Компания Trimble – разработчик в области систем опреде-

ления местоположения по сигналам спутниковых систем глобальной навигации и геодезических приборов – применяет собственные приемники GNSS с точностью позиционирования до 2,5 см.

ГИС представляет собой комплекс технических, программных и информационных инструментов для интеграции разнородных данных, включающих измерения на местности, картографирование, аэрофото- и космическую съемку, специализированную информацию для решения задач территориального планирования и управления. Система работает благодаря взаимодействию компьютера и компьютерной периферии со специальным программным обеспечением, геопространственными данными с помощью специалистов, обладающих компетенциями в данной области. Развитию ГИС-технологий способствовало изобретение в 60-х гг. прошлого столетия интегральной схемы и электронной вычислительной техники, плоттеров, цифрователей и т.д. Возможность использования данной технологии в сельском хозяйстве связана с разработкой в конце 80-х гг. различных геоинформационных программных продуктов для планирования землеустройства и природопользо-



вания [6]. Вследствие интеграции ГИС с другими программными продуктами появились интеллектуальные системы и технологии мультимедиа, произошла интенсификация в областях моделирования, инфраструктур пространственных данных и т.д. [4–6].

Мониторинг полей с помощью систем позиционирования и ГИС позволяет решить множество задач: определять единицы техники в пространстве, контролировать скорость машин и направление их движения, местоположение участков поля, на которых проводятся работы, анализировать их эффективность. На основе информации, полученной из высокоточ-

ных приемников, стало возможным создание электронных карт полей, баз данных и систем картирования урожайности, выделение менеджмент-зон для дифференцированного внесения удобрений. Для решения подобных задач разработаны современные компьютерные программы, такие как Trimble AG Software. Она представляет собой единый модуль, включающий:

- данные хозяйства (сотрудники, техника, площадь и перечень полей, цены на продукцию, СЗР, удобрения, ГСМ);
- сведения о работах в поле (синхронизация линий навигации и другие данные с подключенных устройств Trimble,



Посещение «Лаборатории точного земледелия» председателем Государственного комитета по науке и технологиям Республики Беларусь Шумилиным А.Г.



Использование ручного датчика GreenSeeker в исследованиях

## Метеостанции IMETOS

**Назначение:**

- измерение заданных параметров
- передача измеренных параметров с установленным интервалом
- регистрация (архивирование) данных
- анализ и графическое отображение информации, доступной посредством персонального компьютера, телефона, планшета

**Питание:**

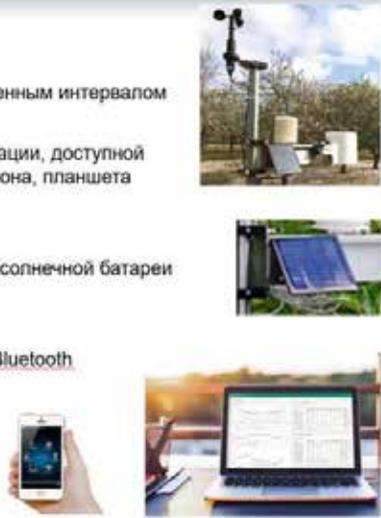
- автономное от аккумулятора с подзарядкой от солнечной батареи
- от сети (опция)

**Передача данных:**

- мобильные сети, WiFi, разъем mini-порт USB, Bluetooth

**Просмотр данных:**

- через единый портал [ng.fieldclimate.com](http://ng.fieldclimate.com)
- через мобильное приложение
- через сайты партнеров



их импорт и экспорт с различных устройств и обработка, отслеживание местоположения оборудования, его состояния и загруженности, создание и контроль рабочих заданий);

- локализованный прогноз погоды;
- учет и анализ (просмотр и изменение данных заданий, формирование отчетов, ведение полевых записей расхода семян, СЗР, удобрений, фиксирование данных по уборке урожая и других хозяйственных работ, расчет рентабельности);
- отбор почвенных проб по сетке или по зонам (с привязкой к координатам), навигация к их участкам, создание менеджмент-зон для дифференцированного внесения, изменение зон неоднородностей на основании данных урожайности и другой геопространственной информации);
- мониторинг состояния сельскохозяйственных культур (визуализация и импорт спутниковых изображений и с БПЛА по каждому полю, ведение жур-

нала результатов обследования полей, скаутинг).

Программный продукт Trimble AG Software позволяет фиксировать полученные с дисплеев и других сторонних систем данные, обеспечивает доступ к ним и обмен информацией через смартфон или компьютер с автоматической синхронизацией. Это дает возможность анализировать проведенные технологические приемы на полях, отслеживать урожайность и проводить оценку рентабельности производства.

На селекционных и опытных посевах, предназначенных для определения влияния удобрений, регуляторов роста и средств защиты на растения, довольно трудно провести дифференцированный учет урожая с делянки небольшой площади, так как есть вероятность получения высокой погрешности измерений при существующих методиках учета продуктивности культур. В данном случае необходима электронная карта распределения элементов питания, пораженности, засоренности, а также программные про-

дукты, позволяющие отслеживать изменения, происходящие с растениями под воздействием различных факторов, определять вес и место (с точными координатами) собранного урожая.

Чтобы оценить степень влияния агрономических мероприятий на продуктивность культур, можно использовать технологии, контролирующие процесс накопления растениями биомассы по индексу растительности NDVI (Normalized Difference Vegetation Index – нормализованный относительный вегетационный индекс) с помощью датчика GreenSeeker. NDVI отражает уровень содержания хлорофилла в листьях, что характеризует фотосинтезирующую активность растения [7] и позволяет оценить общее состояние посевов. GreenSeeker является активным оптическим датчиком источника света. Его располагают на расстоянии 60–120 см над растениями и нажимают пусковую кнопку. Прибор испускает кратковременные вспышки красного и инфракрасного света с длиной волны соответственно 660 и 770 nm, измеряется совокупное количество отраженного света, и полученный показатель является индикатором состояния растительного покрова. Прикладное применение включает в себя измерения вегетативной биомассы, реакции растений на питательные вещества, поражение вредителями и болезнями, позволяет определить потенциальную урожайность культур. В Институте почвоведения и агрохимии НАН Беларуси на основе лизиметрического метода, с помощью ручного датчика GreenSeeker была проведена оценка накопления биомассы ярового рапса на почвах различного гранулометрического состава. Параллельно немецкие ученые провели опыты по вли-

янию протравителей на накопление биомассы озимой пшеницы. В зимний период интенсивность флюоресценции хлорофилла (CFD) измеряли с помощью прибора ФЛОРАТЕСТ, в период максимума CFD использовали показатель по NDVI с помощью устройства GreenSeeker. Данный прибор достоверно определил разницу потенциала накопления биомассы при различных вариантах опыта, а его калибровка для различных культур позволила достаточно точно спрогнозировать урожай [8, 9].

Размещать датчики можно на тракторе или самоходной технике и проводить сельскохозяйственные операции в режиме реального времени днем, ночью и при плохой видимости. Их синхронизация с полевым компьютером Trimble TMX 2050 позволяет формировать карты содержания азота и накопления биомассы, согласно которым создаются задания для дозированного внесения удобрений и средств защиты растений (например, гербицидов по стерне). Датчики урожайности, установленные на комбайн, оценивают качество и количество выращиваемых культур. Контроль влажности зерна определяет решение о необходимости его сушки, а контроль погрузки помогает отследить количество собранного и загруженного для перевозки сырья. Автоматическое регулирование ширины захвата жатки обеспечивает более точный учет урожайности на полях сложной формы и при уборке отдельных полос в случае наличия ранее убраных участков.

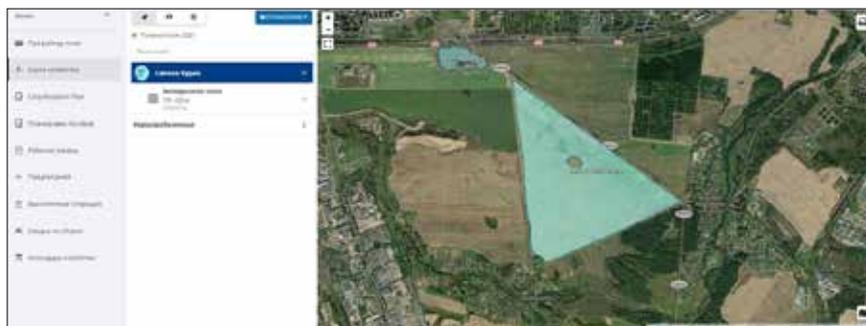
Таким образом, с помощью различных устройств, интегрированных с бортовыми компьютерами, можно создавать карты неоднородностей и проводить сравнительный анализ состояния раз-

личных участков посевов по урожайности и определять факторы, влияющие на варьирование показателей продуктивности культуры.

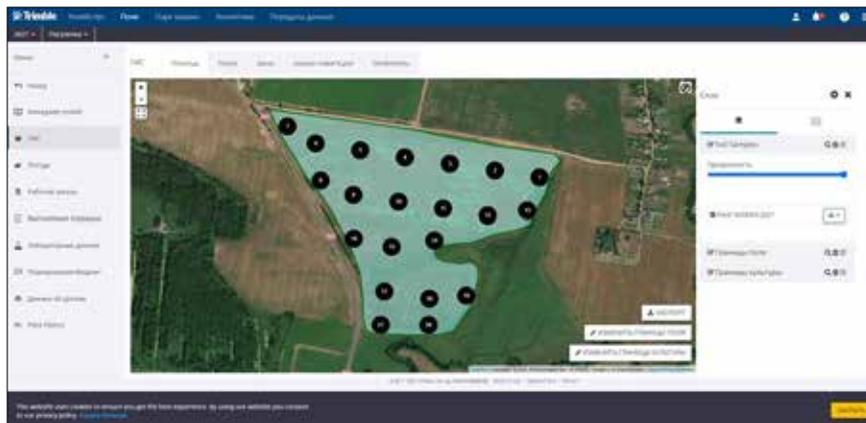
Один из важных элементов ТТЗ – современные локальные метеостанции, которые представляют собой мобильные регистраторы данных компактного размера с большим функциональным потенциалом. Они позволяют непрерывно собирать сведения и оперативно передавать их в любое время через Интернет и sms. Полученные почасовые (поминутные) круглосуточные климатические данные дают возможность вычислять коэффициент испарения и транспирации ETo с учетом конкретных культур, измерять накопление суммы отрицательных температур, необходимых для нормального протекания

состояния покоя отдельных видов сельскохозяйственных культур, деревьев и кустарников, рассчитывать суммы эффективных температур для их роста и развития, определять стадии метаморфозов вредителей, проводить мониторинг осадков и многое другое. Эта информация помогает специалистам своевременно и обоснованно принимать решения по оптимизации параметров выращивания сельскохозяйственных культур в различных климатических условиях.

ООО «Технологии земледелия» – одна из ведущих компаний, движущихся в направлении освоения и планомерного введения технологий прецизионного земледелия на сельскохозяйственных предприятиях Республики Беларусь. Основа планирования



Карта хозяйства с выделенными границами поля в программе Trimble AG Software



Создание карты заданий для отбора почвенных проб в программе Trimble AG Software

мероприятий по интеграции ее элементов в практику включает поставку необходимого оборудования, переоснащение техники, создание геопространственной платформы хозяйства и отработку ведения «цифрового журнала» с помощью программы Trimble AG Software, оказание консультационных услуг, техническое сопровождение всех этапов производства (монтаж, наладка, испытания, ввод в эксплуатацию, эксплуатация и ремонт). Решением данных задач компания занимается на протяжении 6 лет, активно взаимодействуя с предприятиями агропромышленного комплекса Беларуси и производителями сельскохозяйственной техники: ОАО «МТЗ», ОАО «Гомсельмаш», ОАО «Амкор», ОАО «Лидагропромаш». Результатом стала возможность приобретения тракторов «Беларус», комбайнов «Палессе» и самоходных опрыскивателей от «Лидагропромаш» с Autopilot Trimble. В весеннюю посевную кампанию Минская область получит 80 тракторов «Беларус 3522», оснащенных системами Autopilot Trimble, и уже к уборке в область будет поставлено 40 комбайнов GS2124, которые в своей базовой комплектации будут оборудованы системами Autopilot и картирования урожайности Trimble. Указанные шаги позволят специалистам Минской области в ближайшее время перейти к использованию цифровых технологий. Один из следующих этапов – совместная работа специалистов ООО «Технологии земледелия» с ОАО «Амкор» по созданию распределителя минеральных удобрений, который по карте заданий будет вносить их дифференцированно, а также с компанией ООО «Элезер» по оснащению новой зерновой сеялки

приборами точного земледелия. Среди совместных проектов с ОАО «Гомсельмаш» представляет интерес испытание многофункционального энергосредства MC-350 с Autopilot Trimble на базе дисплея GFX-750. Данный агрегат способен осуществлять дискование, вспашку, боронование, внесение органических удобрений, предпосевную обработку, работать как трактор и как кормоуборочный комбайн. Уже более 3 лет компания содействует приобретению метеостанций iMetos (Австрия) – устройств для сбора актуальных метеорологических, климатических и других данных для мониторинга состояния посевов. Заслуживает внимания новое оборудование данной компании – iMetos NPK для проведения анализа макроэлементов почвы. Прибор не требует специальных навыков пользователя, и работать с ним можно прямо на поле: через 2 минуты после помещения растора в микрочип готовы результаты анализа. В этом году планируются испытания почвенного сканера iMetos Fieldscan. В 2018 г.

компания вступила в ООО «Технопарк «Горки», активно взаимодействует с сотрудниками и учащимися аграрных вузов страны – БГСХА и БГАТУ. На базе Белорусской сельскохозяйственной академии создан класс для обучения и повышения квалификации специалистов по направлению «Технологии точного земледелия» с привязкой агрономических аспектов, сопряженных с данной технологией. Сотрудники компании регулярно проводят занятия и тренинги для специалистов аграрного сектора и студентов в очном и дистанционном форматах.

Для эффективного ведения сельхозпроизводства сегодня необходимо наличие компетенций в области новых технологий для обеспечения возможности их грамотного применения и последующего управления массивом данных. С их помощью становится доступным прогноз и анализ урожайности, а также разработка агротехнических планов применительно к каждому конкретному полю или участку. ■

## СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Комик В.И. Развитие АПК Республики Беларусь: итоги и перспективы / В.И. Комик, А.И. Гулейчик // Известия ТСХА. 2013. Вып. 3. С. 123–131.
2. Мыслыва Т.Н. Внедрение точного земледелия в Республике Беларусь в контексте национальных земельных отношений: проблемы и перспективы / Т.Н. Мыслыва, О.А. Куцаева // Вестник БГСХА. 2020. №1. С. 144–153.
3. Куприянов А.О. Глобальные навигационные спутниковые системы / Учебное пособие. – М., 2017.
4. Ковалев И.Л. Внедрение информационно-коммуникационных технологий на базе систем спутниковой навигации в АПК Беларуси: проблемы и перспективы // Resources and Technology. 2017. 14 (2). С. 12–25.
5. Измайлов А.Ю. Концепция развития системы оперативного управления автотранспортными и другими мобильными техническими средствами, применяемыми в сельском хозяйстве с использованием ГЛОНАСС/GPS / А.Ю. Измайлов, А.А. Артюшин, И.Г. Смирнов [и др.]. – М., 2014.
6. Каганович А.А. Планирование территориальной устойчивости с использованием геоинформационных систем // Известия Санкт-Петербургского государственного аграрного университета. 2017. №1(46). С. 203–207.
7. Кононова А.С. Влияние форм азотных удобрений на содержание хлорофилла в одновидовых и смешанных бобово-злаковых агроценозах / А.С. Кононова, О.Н. Шкотова // Вестник Брянского государственного университета. 2012. Вып. 4 (1). С. 103–106.
8. Ерошенко Ф.В. Связь вегетационного индекса NDVI с содержанием хлорофилла в растениях озимой пшеницы / Ф.В. Ерошенко, И.Г. Сторчак, Е.О. Шестакова // Аграрный вестник Урала 2018 г. №4 (171).
9. Новик В. Способ определения накопления биомассы растений / В. Новик, Г.В. Пироговская // материалы XIV Междунар. науч.-практ. конф., Минск, 3–8 июля 2018 г. / БГУ, биолог. фак., Частный институт прикладной биотехнологии daRostim; редкол.: Д.В. Маслак (отв. ред.) [и др.]. – Минск, 2018.

# ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫЕ СИСТЕМЫ ДЛЯ ЗАЩИТЫ РАСТЕНИЙ



**Сергей Сорока,**  
директор  
Института защиты  
растений, доктор  
сельскохозяйственных  
наук



**Александр Жуковский,**  
замдиректора по  
научной работе  
Института защиты  
растений, кандидат  
сельскохозяйственных  
наук, доцент

**В**о всем мире наблюдается стремительное внедрение в АПК технологий точного земледелия (ТЗ). Система управления процессом выращивания сельскохозяйственных культур основана на комплексном использовании современных информационных, навигационных и телекоммуникационных технологий, программно-технических средств и систем, обеспечивающих оптимизацию агротехнических решений применительно к конкретным почвенно-климатическим и хозяйственным условиям и сверхточное выполнение технологических операций в строгом соответствии с неоднородностью полей и потребностями посевов [1]. Технологии точного земледелия позволяют анализировать отдельное поле по условиям рельефа местности, свойствам почвенного покрова, агрохимическому наполнению и, соответственно, вариабельно вносить на каждом участке дифферен-

цированные дозы минеральных удобрений и средств защиты растений (СЗР), проводить мониторинг урожайности по определенным частям поля, высокоэффективно осуществлять все полевые действия в процессе работы [2].

Появляются интеллектуальные системы, позволяющие эффективно использовать потенциал данного инновационного направления аграрной науки. Между тем производители часто не осознают масштаб экономического эффекта, который дают методы ТЗ [3]. Во всем мире внедряются различные цифровые платформы по сбору и анализу данных для принятия правильных решений, связанных с оптимизацией технологических операций в сельскохозяйственном производстве. Например, платформа Climate Field View покрывает 24 млн га в США, Канаде, Бразилии и странах Европы [4]. Сообщается, что если в 2010 г. существовало не более 20 компаний, поставляющих новые технологические решения для

автоматизации управления сельским хозяйством, то в настоящий момент их порядка 2 тыс. В целом рынок точного земледелия в 2016 г. оценивался в 3 млрд евро с прогнозом на прошедший 2020 г. – 4,5 млрд евро.

Программные решения и рекомендации для точного земледелия в настоящее время предлагают все крупные производители семян, удобрений и средств защиты растений [5]. В Беларуси свои услуги в этой сфере предоставляет ряд компаний на основе созданных ими платформ: «OneSoil» (<https://blog.onesoil.ai/ru/what-is-precision-farming>), «SkyScout» (<https://intterra.ru>), «Cropio» (<https://about.cropio.com/ru/#agro>). Они различаются по своим возможностям, но в целом направлены на управление агропромышленным производством и поддержку принятия решений.

Институт защиты растений сотрудничает с разработчиками цифровой платформы «SkyScout», созданной на основе интеллектуальной системы, призванной оказывать помощь

специалистам сельскохозяйственной отрасли. Она обладает рядом инструментов, помогающих в реальном времени с использованием спутникового мониторинга быстро оценивать состояние всего массива полей в хозяйстве или отдельных их участков. Программа показывает на карте проблемные места с погрешностью определения нужной точки  $\pm 5$  м. Такая точность хороша для крупноконтурных полей или если хозяйство возделывает высокостебельные культуры, что позволяет оперативно принимать решения в случае появления проблемных зон. Большая часть аналитики построена на анализе снимков и индексе вегетативной массы NDVI, нормализованного относительного индекса растительности, который показывает количество фотосинтетически активной биомассы [6]. NDVI вычисляется по поглощению и отражению растениями лучей красной и ближней инфракрасной зоны спектра. Значения индекса варьируются в диапазоне 0,2–0,95. По карте распределения NDVI можно оценить,

где на поле они низкие, а где выше среднего. Высокие показатели говорят о хорошем развитии зеленой массы и являются предпосылкой для получения высокой урожайности с этого участка. Есть возможность выявления куртин сорняков (неоднородный контрастный NDVI). Конечно, это правило действует не всегда. Сведения нужно интерпретировать с учетом вида культуры и фазы вегетации, в процессе которой показатель NDVI растет, достигает своего пика, а затем начинает уменьшаться. Например, свой максимум – NDVI 0,85 – пшеница набирает ко времени колошения. Последующее снижение свидетельствует о созревании культуры и готовности к уборке, о чем говорят данные в зоне NDVI 0,2–0,3. По этому параметру можно определить очередность уборки полей (чем ниже индекс, тем суше зерно). Также в платформу встроены базы данных и справочники вредных объектов. По основным сельскохозяйственным культурам внесены вредители и заболевания (инфекционного и неинфекционного характера) с фотографиями, описанием и пороговыми вредоносности. Все отчеты по результатам мониторинга и данные по техоперациям сводятся в одну программу с привязкой к датам, координатам осмотра и указанием ответственных сотрудников. В ней одновременно может работать любое число зарегистрированных пользователей: директор, агроном и т.д. Кроме того, для каждого поля «SkyScout» составляет детальный почасовой прогноз погоды. Высокая детализация позволяет получать уникальные сведения на каждый кластер в 5 км



и рассчитать самые благоприятные часы для опрыскивания.

Использование этой технологии в Институте защиты растений запланировано в разрезе изучения возможности применения получаемых индексов NDVI для анализа и интерпретации складывающейся фитосанитарной ситуации и общего состояния посевов. В перспективе такой подход, возможно, позволит удаленно оценивать ситуацию и оперативно принимать решения о целесообразности проведения защитных мероприятий.

В последнее время набирают популярность беспилотные летательные аппараты (БПЛА) – дроны. По данным организации AUVSI, их применение в сельском хозяйстве будет преобладать над всеми остальными сферами возможного использования, и к 2025 г. около 80% рынка дронов будет занято в сельском хозяйстве США. Внедрение БПЛА в сельскохозяйственную практику имеет огромный потенциал, и с каждым годом интерес к этому растет. Беспилотники оснащаются мультиспектральными камерами, разнообразными датчиками, системами спутниковой навигации, малогабаритными бортовыми компьютерами и оборудованием для внесения химикатов. Беспилотные летательные аппараты в сельском хозяйстве смогут решать следующие задачи:

- *создание электронных карт полей (построение 3D-моделей);*
- *инвентаризация сельхозугодий;*
- *оценка объема работ и контроль их выполнения для оптимального построения систем ирригации и мелиорации;*



- *оперативный мониторинг состояния посевов (БПЛА позволяет быстро и эффективно строить карты по всходам);*
- *отслеживание NDVI;*
- *оценка всхожести и прогнозирование урожайности сельскохозяйственных культур;*
- *экологический мониторинг земель;*
- *охрана сельхозугодий;*
- *опрыскивание посевов химическими препаратами для борьбы с вредителями и болезнями [7–10].*

В нашей стране исследуются возможности использования беспилотных авиационных комплексов (БАК) в сельском хозяйстве. Так, применение технологии дистанционного мониторинга на одном из сельхозпредприятий Минской области позволило увеличить урожайность кукурузы на 7–25%, уменьшить количество ГСМ на 20–30%, удобрений – на 40% [11].

В сфере защиты растений от вредных организмов большое внимание к БПЛА уделяется с точки зрения мониторинга фитосанитарной ситуации. Как известно, одним из аспектов для принятия решений о целесо-

образности проведения защитных мероприятий является знание о фитосанитарной ситуации в конкретном агроценозе. О возможности использования БПЛА для оценки засоренности полей с учетом видового состава сообщают российские ученые [12, 13]. Зарубежные исследователи указывают на то, что снимки с дрона помогают оценить общее состояние посевов и обнаружить очаги распространения вредителей и болезней растений [8–10].

В Германии дроны успешно применяют для биологической защиты посевов кукурузы от кукурузной огневки. Яйца ее естественного врага – трихограммы – разбрасываются над полем с помощью радиоуправляемого дрона. Он оснащен емкостью, в которую загружают 500 капсул с яйцами амбарной огневки, зараженными трихограммой. Одной загрузки достаточно для распределения яйцепаразита на 5 га. Эффективность при 2-кратном внесении (в начале лета и через 10 дней) достигает 35–81%, стоимость обработки – 65 евро/га [14].

Растет интерес использования БПЛА для внесения средств защиты растений. За счет

автономной точности их применяют именно там, где это необходимо (локально), вместо того, чтобы наносить на большую площадь [8]. Активно работают с БПЛА для внесения СЗР в Украине. Среди указываемых преимуществ: возможность работы на любой сельскохозяйственной культуре вне зависимости от стадии ее развития, способность аппарата работать в любое время суток. Если наземная техника не может функционировать в условиях переувлажнения, уплотнения грунта, то ее воздушные конкуренты этих недочетов лишены. На производительность одной машины влияют скорость полета и конфигурация поля (рельефа и контурность). Например, дрон XAG XP за одну смену может обработать 100–150 га [15]. Также существуют БПЛА самолетного и вертолетного типов для внесения СЗР [16, 17].

В Институте защиты растений в 2020 г. были проведены первые опыты по применению глифосатсодержащих препаратов с помощью БПЛА. Расход рабочей жидкости составлял 10 л/га. Полученные результаты свидетельствуют о перспективности развития данного метода. На наш взгляд, использование БПЛА может быть перспективным для обработки посевов высокостебельных культур (рапс, кукуруза) в условиях переувлажнения почв, в ночное время, для борьбы с такими злостными сорными растениями, как борщевик Сосновского, золотарник канадский, которые зачастую произрастают куртинами на землях несельскохозяйственного пользования вблизи населенных пунктов, на участках с пересечен-

ным рельефом, где сложно применять наземную технику.

Но при всех преимуществах БПЛА остается нерешенным ряд вопросов. Во-первых, непонятно, к какой категории отнести дроны-опрыскиватели с точки зрения законодательства. Во-вторых, для УМО (ультрамалообъемного опрыскивания) в Беларуси зарегистрировано небольшое количество препаратов (к примеру, гербициды Секатор Турбо, МД, 250 г/л, Гусар Турбо, МД Линтур, ВДГ и др.), а также некоторые глифосатсодержащие препараты, в основном, для рыбохозяйственных водоемов, сенокосов, пастбищ, полей под посев (Ура-

ган Форте, ВР; Спрут Экстра, ВР; Вольник Супер, ВР; Торнадо 540, ВР и др.). В государственном реестре СЗР и удобрений, разрешенных к использованию на территории Беларуси в графе «способ применения» обязательно должно быть прописано, что данным препаратом разрешается авиационное опрыскивание методом УМО. Поэтому предстоит изучить его возможности для обширного ассортимента средств защиты растений, оценить их эффективность при их внесении низкими нормами рабочего раствора (высокие концентрации препаратов), а также их влияние на сельхозкультуры и окружающую среду. ■

## СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Бунин М.С. Структура информационного массива базы данных «АГРОС» по проблемам точного земледелия / М.С. Бунин, Л.К. Садовская // Земледелие. 2019. №5. С. 12–16.
2. Балабанов В.И. Навигационные технологии в сельском хозяйстве / В.И. Балабанов, С.В. Железова, Е.В. Березовский, А.И. Беленков, В.В. Егоров // Координаторное земледелие. – М., 2013.
3. Якушев В.П. Научные основы построения интеллектуальных систем для точного земледелия / В.П. Якушев, В.В. Якушев, С.Ю. Блохина // Вестник защиты растений. 2020. №103 (1). С. 25–36.
4. Доступность цифровой фортеци // Зерно. 2019. №9. С. 144–145.
5. Скотников А.В., Клочков А.В. Технологии точного земледелия в США / А.В. Скотников, А.В. Клочков // Наше сельское хозяйство. 2021. №1. С. 84–90.
6. Черепанов А.С. Вегетационные индексы // Геоматика. 2011. №2. С. 98–102.
7. Беленков А.И., Личман Г.И., Филипов Р.А., Хорт Д.О. Опыт и перспективы применения беспилотных летательных аппаратов в точном земледелии / А.И. Беленков, Г.И. Личман, Р.А. Филипов, Д.О. Хорт // Нивы России. 2016. №5. С. 62–65.
8. Reinecke, M. The influence of drone monitoring on crop health and harvest size / M. Reinecke, T. Prinsloo, // 2017 1st International Conference on Next Generation Computing Applications. doi:10.1109/nextcomp.2017.8016168.
9. Daponte P. A review on the use of drones for precision agriculture / P. Daponte, L. De Vito, L. Glielmo, L. Iannelli, D. Liuzza, F. Picariello, G. Silano // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science, 275, 012022. 2019. doi:10.1088/1755-1315/275/1/012022.
10. Klemas V.V. Coastal and environmental remote sensing from unmanned aerial vehicles: An overview // Journal of Coastal Research. 2015. №31. С. 1260–1267.
11. Чижик С. Интегрированная система точного земледелия с использованием беспилотных летательных аппаратов // С. Чижик, С. Антошук, Е. Галушко, С. Костевич, С. Костюкевич, Ю. Леоновец. Наука и инновации. 2020. №10. С. 63–67.
12. Шумилов Ю. Использование беспилотных летательных аппаратов для целей фитосанитарного мониторинга в отношении сорных растений / Ю. Шумилов, Н. Лунева, С. Ермоленко, А. Савва, Т. Закота, Е. Мыслик, Р. Данилов // Вестник защиты растений. 2018. №4 (98). С. 22–27.
13. Нам сверху видно все / газета Союзное вече. 27 ноября 2020.
14. Гергерле Т. Борьба с кукурузной огневкой или расстрел? // Новое сельское хозяйство. 2019. №3. С. 42–44.
15. Федоренко О. Крилата сторожа нічного поля // Зерно. 2020. №8. С. 151–153.
16. Карпенко О. Крила для поля // Зерно. 2020. №11. С. 128–129.
17. Асовский В.П. Особенности опрыскивания с использованием беспилотных воздушных судов вертолетного типа / В.П. Асовский, А.С. Кузьменко // Защита и карантин растений. 2019. №5. С. 40–44.

# АГРАРНОЕ ИННОВАЦИОННОЕ ОБРАЗОВАНИЕ



**Татьяна Непарко,**  
завкафедрой  
эксплуатации  
машинно-тракторного  
парка Белорусского  
государственного  
аграрного технического  
университета, кандидат  
технических наук,  
доцент



**Дмитрий Жданко,**  
декан факультета  
«Технический сервис  
в АПК» Белорусского  
государственного  
аграрного технического  
университета, кандидат  
технических наук,  
доцент

С каждым годом все больше отечественных предприятий выпускают технику, оснащенную элементами системы точного земледелия. Среди них следует отметить разбрасыватели минеральных удобрений (ОАО «Щучинский ремонтный завод»), трактор «Беларус-3522» с бортовым компьютером управления и «Беларус-4522» с системой управления «Автопилот», опрыскиватели РОСА и ОВС-4224 с системой дифференцированного внесения КАС на основе карты

поля, зерноуборочные комбайны КЗС-2124 с системой мониторинга урожайности.

Модернизация отрасли на основе новейших достижений науки и техники невозможна без наличия высокопрофессиональных кадров, поэтому аграрное образование не может не стать инновационным. Подготовку специалистов для нашей республики и стран Европы, Азии, Африки осуществляет Белорусский государственный аграрный технический университет в тесном взаимодействии с вузами и колледжами

страны, ведущими учебными и исследовательскими зарубежными организациями [1].

Важным элементом подготовки квалифицированных кадров в условиях цифровизации аграрного сектора остается ее практическая составляющая. Для этого в университете постоянно разрабатываются и актуализируются учебные планы и программы, ведется работа по повышению профессионального уровня педагогов, развитию материально-технической базы, максимальному сближению образовательного процесса с производством, созданию филиалов кафедр на аграрных

предприятиях и в научно-практических центрах Национальной академии наук Беларуси.

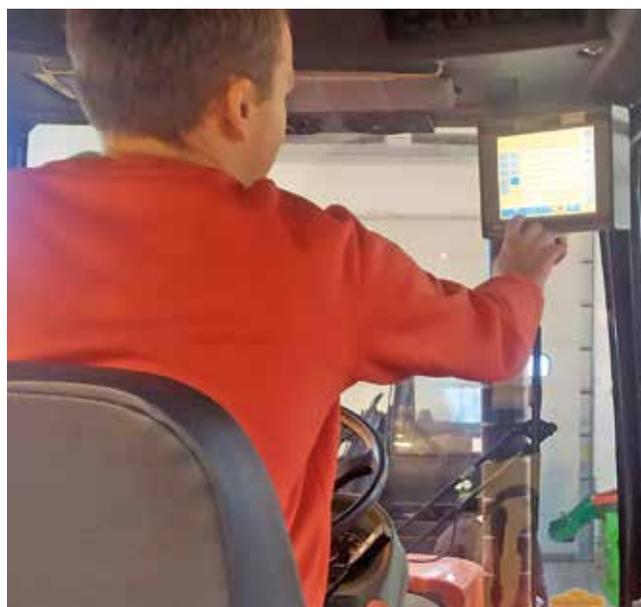
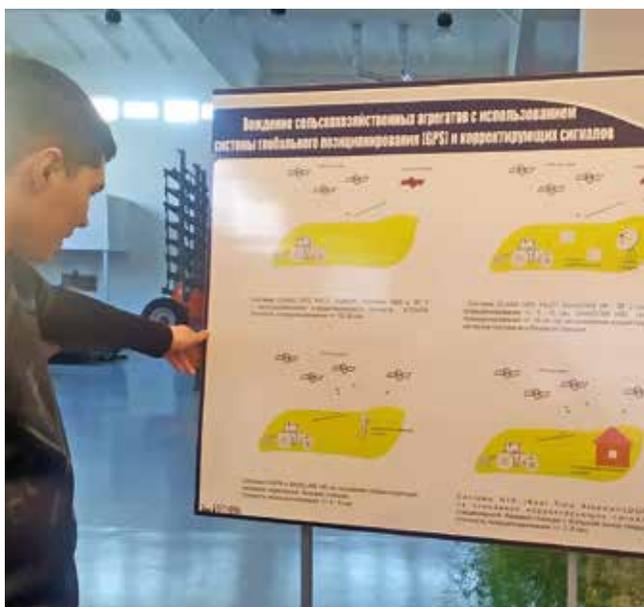
Освоение новых технологий точного земледелия в БГАТУ опирается на компетенции, знания, умения и навыки при изучении дисциплин «Технологии и техническое обеспечение производства продукции растениеводства», «Технологические основы растениеводства», «Тракторы и автомобили», «Машины и оборудование в растениеводстве», «Основы энерго- и ресурсосбережения». Их преподают на протяжении всего срока обучения на 1-й ступени получения высшего образования по специальности «Техническое обеспечение процессов сельскохозяйственного производства». На 2-й ступени читаются курсы лекций «Перспективные технологии и комплексы машин в сельскохозяйственном производстве» и «Интеллектуальные технологии в агропромышленном комплексе» по специальности «Технологии и средства механизации сельского хозяйства».

Техническая база БГАТУ признана лучшей среди 15 аграрных вузов стран СНГ [2]. В павильоне корпуса механизации с новейшей отечественной и импортной агротехникой, представленной фирмами-изготовителями, в учебных аудиториях для проведения лабораторных и практических занятий созданы условия для изучения особенностей устройства и эксплуатационных характеристик энергетических средств, сельскохозяйственных машин и оборудования как студентами, так и специалистами-производственниками, стажирующимися в Институте повышения квалификации и переподготовки кадров АПК при университете.

В образовательном процессе эффективно используются специальные фильмы об опыте передовых аграрных предприятий в применении новейших технологий, для чего аудитории оборудованы интерактивными электронными досками.

Точное животноводство и точное земледелие – составля-

ющие сложной системы современного сельского хозяйства. Благодаря широкому распространению технологии GPS стало возможным параллельное вождение, которое позволяет оптимизировать процесс обработки пахотных земель. При наличии навигационного прибора спутниковые системы глобального позиционирования обеспечивают точное ведение агрегата по треку. Аспектам навигации на кафедрах «Тракторы и автомобили» и «Сельскохозяйственные машины» БГАТУ уделяют большое внимание при подготовке специалистов. Практика показала, что на территории Беларуси достигается приемлемая точность движения по параллельным рядам от 20 до 30 см. При использовании платного канала – 2,5 см. В последнем случае площадь участков, обработанных дважды (накладки) или совсем не обработанных (просветы), значительно уменьшается. Кроме того, сокращается ширина полосы разворота и длина



холостого хода. В результате расход топлива, удобрений и семян снижается до 20%.

Точное земледелие основывается на применении максимально детализированных по участкам и характеристикам карт полей. Имеющиеся кадастровые карты содержат недостаточно информации, определяя в основном границы поля на местности. На кафедре «Основы агрономии» БГАТУ студенты изучают картирование полей, системы удобрения в современных технологиях возделывания и дифференцированное внесение удобрений, применение инструментария ГИС-технологий для построения тематических карт сельскохозяйственных угодий. В производственных условиях учащиеся берут пробы грунта для получения сведений об уровне влажности и химическом составе почвы, определяют преобладающие ветра, углы наклона поверхности, количество солнечного излучения, наличие естественных и искусственных объектов и расстояние до них (водоемы, леса, дороги, предприятия и прочее), выполняя общий анализ по каждому участку.

На кафедре эксплуатации машинно-тракторного парка БГАТУ на лабораторных занятиях будущие инженеры выполняют диагностирование и регулировку современных тракторов и сельскохозяйственных машин, осваивают компьютерное диагностирование, принцип работы систем контроля расхода топлива, определяют его расход при различных режимах работы в стационарных условиях. Теоретические знания реализуются на лабораторно-полевых занятиях на базе структурного



подразделения университета – Республиканского учебно-производственного центра практического обучения новым технологиям и освоения комплексов машин. При этом студенты сравнивают показатели работы техники с использованием элементов точного земледелия и без них, оценивают эффективность применения навигации при выполнении механизированных полевых работ.

Научно-исследовательская деятельность профессорско-преподавательского состава кафедры направлена на разработку научно-практических рекомендаций по операционному использованию технических средств в системе точного земледелия, элементы которого исследуются и в диссертационных работах аспирантов. Процесс развития кадрового потенциала становится гибким, оперативно реагирует на требования времени. В БГАТУ создают и внедряют электронные образовательные ресурсы и средства обучения (учебные базы данных, электронные пособия, справочники и учебно-методические комплексы, тестирующие системы, обучающие программы).

Близость научно-практических центров по земледелию, механизации, животноводству

и продовольствию позволяет привлекать к преподаванию высококвалифицированных специалистов – практиковаться на производственной базе этих НПЦ. Знания, умения и навыки, полученные при изучении дисциплин, студенты и магистранты закрепляют, расширяют и углубляют при прохождении практики, как на предприятиях республики, так и за рубежом. В Белорусском государственном аграрном техническом университете делается многое, чтобы выпускники зарекомендовали себя как высококвалифицированные специалисты, что отражено в девизе университета: «БГАТУ – инновации, качество, перспектива!».

Обеспечение притока образованных специалистов в отрасль – главный приоритет развития точного земледелия в Беларуси, позволяющий получать планируемый экономический эффект. ■

#### СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Бизюк Т. Как идет процесс цифровизации в сельском хозяйстве вуза / Сельская газета. 2019.
2. Суббот В. Ректор Белорусского государственного аграрного технического университета Иван Шило рассказал о новых подходах в подготовке специалистов АПК и перспективах вуза / Сельская газета. 2021.

# КИБЕРБЕЗОПАСНОСТЬ КАК ФАКТОР РОСТА БИЗНЕСА

УДК 338



Фото Юлии Васильиной

**Наталья Лопатова,**  
завсектором  
Института экономики  
НАН Беларуси;  
nutmegnt@gmail.com

Цифровая трансформация позволяет компаниям расширять свои возможности, обеспечивать значительные экономические и социальные преимущества, создавая при этом проблемы с точки зрения информационной безопасности и конфиденциальности. Последствия несанкционированного вмешательства на техническом и организационном уровне в информационные системы могут привести к ущербу репутации бренда, серьезным финансовым потерям, нормативно-правовым издержкам.

Ожидается, что глобальные затраты, связанные с киберпреступностью, в том числе: повреждением,

уничтожением или кражей личных и финансовых данных, снижением производительности оборудования, хищением интеллектуальной собственности, мошенничеством, издержками по восстановлению нормального режима работы организации после атаки, расходами на судебные расследования, восстановление взломанных данных и систем, а также репутации достигнут 10,5 трлн долл. США в год к 2025 г. [1].

Рост большинства отраслей экономики зависит от инновационных технологий, таких как искусственный интеллект (ИИ), продвинутая аналитика, Интернет вещей (IoT), но с их внедрением киберугрозы только усиливаются – компании и клиенты сталкиваются с новыми видами рисков. Чем больше датчиков, интерфейсов и данных, тем значительнее потенциальная поверхность для кибератак; чем сложнее информационная инфраструктура, тем выше вероятность угроз. Недостаточное внимание к средствам защиты информационных сетей, устройств IoT может подвергнуть компанию серьезной опасности заражения вредоносными программами, атакам типа «отказ в обслуживании» (DoS), блокирующим сервисы и оборудование, а также утечке данных и другим угрозам [2].

Небезопасно и использование облачных сервисов, предоставляющих услуги по хранению инфор-



магии, которые, как правило, расположены в других странах, а доступ к таким хранилищам зависит от скорости соединения и возможных сбоев. Опрос, проведенный консалтинговой компанией McKinsey, показал, что большинство хозяйствующих субъектов по всему миру неохотно отдают ИТ-услуги на аутсорсинг за пределы своих государств, а предпочитают пользоваться услугами локальных поставщиков облачных вычислений и систем хранения [3].

Аутсорсинг информационной безопасности (ИБ) представляет собой совершенно новый вид вызовов для предприятий. Речь идет о выборе подходящей третьей стороны, которая имеет достаточный уровень киберзащиты и специализированные платформы безопасности для

эффективной борьбы с враждебным ландшафтом угроз [4]. Тенденция такова, что все большая доля инфраструктуры организаций будет переходить под контроль внешних поставщиков облачных или интернет-услуг, в том числе управляемых услуг по обеспечению безопасности (MSSP), сосредоточенных исключительно на этой сфере [5, 6]. По данным исследовательской компании Gartner, к 2024 г. свыше 90% компаний будут использовать услуги управляемого обнаружения и реагирования на угрозы (MDR) [7].

Вместе с тем бизнес испытывает трудности с наймом и сохранением специалистов по кибербезопасности. Их число, согласно исследованию Международного консорциума по сертификации в области безопасности информационных систем (ISC), сейчас составляет 3,1 млн человек [8]. Согласно рейтингу американского журнала U.S. News and World Report, среди наиболее востребованных технологических профессий – аналитики в области ИБ, которые занимают 5-ю позицию по популярности в их списке [9]. Несмотря на то, что уровень образования для работодателей по-прежнему остается важным показателем,

предпочтение отдается опыту. Спрос на специалистов ИБ постоянно растет, а число профессионалов, владеющих компетенциями в узкоспециализированных нишах, относительно небольшое [10]. Также эксперты указывают на острую нехватку соответствующих навыков и знаний в сфере безопасности, необходимых для решения сложных задач. Оценка уязвимости систем организации к различным кибератакам, реагирование на инциденты и мониторинг угроз – три области ИТ, нуждающиеся в персонале, имеющем максимально широкий набор знаний. Проблема усугубляется стремительно возникающими и развивающимися новыми вызовами, что требует постоянного повышения квалификации сотрудников, и она не решается простым увеличением их количества в соответствующих структурах [11, 12].

Исходя из этого, вполне обоснованно, что предприятия считают обеспечение безопасности приоритетом, а недостаточный уровень защиты от киберугроз заставляет их откладывать важные цифровые инициативы и ограничивает инвестирование в цифровые инновации [13].

Если ранее топ-менеджеры в основном рассматривали кибербезопасность как меру снижения рисков, то сегодня видят в ней фактор конкурентного превосходства. Компании все чаще просят своих потенциальных партнеров B2B предоставлять гарантии обеспечения киберзащиты и доступ к корпоративным отчетам о существующих мерах безопасности на постоянной основе, а правительственные структуры добавляют подобные требования в свои контракты на закупки. Растет число предприятий, занимающихся страхованием информационных рисков, которые изучают способы оценки киберрисков и их привязки к надбавкам. Рейтинговые агентства по облигациям также планируют учитывать уровень кибербезопасности компаний при оценке их деятельности [14].

**Аннотация.** Обоснована необходимость стратегического управления киберрисками, возникающими в информационном пространстве на фоне расширения ландшафта цифровых угроз, использования комплексного подхода при принятии инвестиционных решений в области кибербезопасности. Определены ключевые аспекты формирования эффективных программ информационной безопасности.

**Ключевые слова:** цифровизация, инновации, кибербезопасность, киберриски, стратегия кибербезопасности, инвестиции.

**Для цитирования:** Лопатова Н. Кибербезопасность как фактор роста бизнеса // Наука и инновации. 2021. №3. С 38–41. <https://doi.org/10.29235/1818-9857-2021-3-38-41>

Многие фирмы считают наличие сертификатов, обеспечивающих внешнюю проверку (валидацию) программ и методов конфиденциальности, например ISO 27701 (в части управления конфиденциальностью), EU/Swiss-U.S. Privacy Shield (правовой механизм для передачи данных в США), APEC Cross-Border Privacy Rules (соответствие рамкам конфиденциальности АТЭС и обеспечение международной передачи данных), важным фактором при выборе поставщика и принятии решений о покупке продукта в своей цепочке поставок. Более того, они расценивают получение компанией одного или нескольких из существующих сертификатов как выгодную инвестицию в свой бизнес [15].

Исследования компаний Cisco и Vodafone показывают ряд очевидных преимуществ, которые может дать организации способность цифровых систем выдерживать атаки и восстанавливаться, в том числе укрепление бренда и репутации на рынке, повышение лояльности клиентов при формировании «цифрового доверия» потребителей и возможность привлечения новых партнеров и клиентов. Многие субъекты создают надежную систему кибербезопасности для поддержки и ускорения инноваций (например, внедряя цифровые элементы защиты в дизайн продуктов или услуг) [13, 16].

По мере роста конкуренции происходит быстрое освоение инновационных цифровых бизнес-моделей, постоянное стремление предоставить клиентам более индивидуальный и улучшенный цифровой опыт, который, по мнению последних, так же важен, как продукты или услуги [17]. В то же время многие потребители не согласны с утверждением, что компании, располагающие большим объемом информации, могут предлагать более качественные и персонализированные товары и услуги. Сегодня они больше всего беспокоятся о том, как собираются, хранятся, используются их личные данные, и рассматривают конфиденциальность как важный компонент бренда, часто отказываясь от товаров и услуг при низком уровне доверия к системе безопасности [18, 19].

Для большинства организаций обеспечение конфиденциальности – критически важное требование. С каждым годом они все больше осознают различные преимущества от инвестиций в защиту персональных данных, включая усиление конкурентного преимущества, использование инноваций, повышение удовлетворенности клиентов и привлекательности компании для инвесторов. Согласно исследованию компании Cisco [15], многие фирмы видят положительный эффект от своих инвестиций в конфиденциальность. В среднем на каждый вложенный доллар они могут получить 2,7 долл. прибыли.

Цифровые инициативы меняют облик бизнеса независимо от его размера и отрасли, порождают как уникальные риски, так и эволюционные изменения традиционных вызовов. По мере все большего взаимодействия с потребителями в цифровом пространстве и увеличения организациями инвестиций в цифровые технологии риски на стратегическом, операционном и IT-уровне будут только усиливаться, и их невозможно избежать. Цифровой бизнес требует интегрированного управления угрозами, что позволит уменьшить влияние неопределенности на эффективность компании. Согласно данным Gartner, в 2021 г. более 50% крупных предприятий будут использовать комплексные решения для управления рисками [20].

Киберриск можно рассматривать как любой критический нефинансовый риск, который в настоящее время занимает первое место в повестке дня корпоративных вызовов. Отношение к кибербезопасности как функции IT-отделов меняется. Все чаще вопросы инвестиций в цифровые технологии безопасности рассматриваются на уровне высшего руководства [8, 12, 21]. Согласно опросу, проведенному консалтинговой компанией Deloitte [22], во многих организациях эти проблемы стоят на повестке дня советов директоров не реже одного раза в квартал. При этом Gartner прогнозирует рост числа рабочих мест, связанных с управлением цифровыми рисками, на более чем 40% в 2021 г. [23]. К этому времени 100% крупных мировых корпораций будут иметь в штате директора (глава, высшее руководство) по информационной безопасности [4].

Каждая компания осуществляет цифровое преобразование, исходя из собственных целей и задач, определяет принципы, приоритеты и подходы к управлению киберрисками в контексте стратегического видения, сопоставляя их влияние с возможностями для роста. Зачастую многие инициативы требуют анализа в этом вопросе не только на уровне технологий, но и бизнес-процессов. Поэтому предприятия чаще всего отдают предпочтение комплексному подходу к управлению киберрисками, включающему оценку, измерение, меры по смягчению и планирование мероприятий по предотвращению потенциальных угроз, а также создание организационной структуры и формирование таких подходов, которые обеспечивают прозрачность и позволяют управлять рисками в реальном времени с контролем ключевых параметров [21, 24]. В 2021 г. 75% крупных европейских компаний планируют интегрировать мониторинг киберрисков в свое бизнес-планирование и отражать показатели в ежеквартальной отчетности [6].

Обеспечение безопасности в цифровом пространстве – финансовый приоритет для большинства субъектов хозяйствования. При этом вопрос определения объема инвестиций в решения по управлению рисками пропорционально мерам по поддержке цифровых инициатив становится самым важным, так как модернизация систем безопасности после их внедрения, как правило, гораздо более дорогостоящее и менее эффективное мероприятие [8, 25].

Компании все чаще рассматривают кибербезопасность не как статью расходов, а как инвестиционную стратегию. Приоритеты в распределении финансовых средств они устанавливают на основе анализа всего портфеля осуществляемых инициатив, приоритизации цифровых активов, от которых зависит непрерывность и стабильность бизнес-процессов, оценки рисков по степени критичности и возможностей в области киберзащиты в сравнении с отраслевыми показателями. По мнению экспертов консалтингового агентства McKinsey, около 50% систем компаний не являются критичными с точки зрения кибербезопасности. Повышая цифровую устойчивость, они могут сэкономить до 20% затрат, направленных на защиту наиболее значимых, чувствительных цифровых активов [24].

При принятии обоснованных инвестиционных решений и возможности измерения эффективности снижения рисков или сравнения с другими корпоративными инвестициями важна их экономическая оценка, что дает возможность реализации более широкого спектра мероприятий по обеспечению кибербезопасности фирмы, включая обучение, поставщиков и цепочки поставок, киберстрахование [21]. Последнее представляет собой передачу компаниями некоторых рисков, которые могут нанести значительный финансовый и операционный ущерб, специализированным страховым агентствам. Киберстрахование становится важным элементом управления рисками, при этом его продукты не могут заменить надежную корпоративную программу информационной безопасности, а лишь дополняют ее, обеспечивая страховое покрытие, например, в таких областях, как ответственность за утечку данных, затраты на расследование нарушений, уведомление пострадавших сторон, штрафы и другие расходы [26]. Сегодня это неотъемлемая часть ведения бизнеса.

Каждая организация предпринимает определенные действия по защите целостности инфраструктуры и программного обеспечения своих цифровых цепочек поставок, меры по управлению данными рисками, взаимодействию на общих стандартах во всей Сети, внедрению принципов безопасного поведения в киберпространстве. Многие инциденты –

результат человеческой ошибки, особенно в таких сферах, как фишинг, взлом деловой электронной почты – самых распространенных форм кибератак. При этом слишком мало компаний предпринимают действия по созданию сильной культуры кибербезопасности. Ознакомление сотрудников с потенциальными угрозами, их осведомленность на всех уровнях о видах кибератак и лучшими методами их отражения, повышение квалификации и тестирование кибернавыков – наиболее эффективные формы смягчения последствий, которые могут значительно снизить вероятность возникновения киберсобытия или минимизировать его последствия [21, 24].

Таким образом, цифровая трансформация открывает множество новых возможностей для бизнеса, создавая при этом значительные проблемы в сфере цифровой безопасности. Все чаще предупреждение и ослабление киберрисков рассматривается как часть бизнес-процесса, становится фактором поддержки и ускорения инноваций, бизнес-приоритетом для высшего руководства. Сегодня кибербезопасность как модель управления рисками, обеспечения доверия и взаимовыгодного сотрудничества может стать для компаний фактором роста и развития. ■

■ **Summary.** The article considers cybersecurity as an opportunity for further business growth and a source of competitive advantage. The main cyber risks that can lead to serious and destructive consequences for companies are identified. The article substantiates the need for strategic management of risks arising in the information space against the background of expanding the cyber threat landscape, as well as an integrated approach to making investment decisions in the field of cybersecurity. The key aspects of forming effective information security programs are identified.

■ **Keywords:** digitalization, innovation, cybersecurity, cyber risks, cybersecurity strategy, investment.

■ <https://doi.org/10.29235/1818-9857-2021-3-38-41>

#### СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Cybercrime Damages \$6 Trillion By 2021. Cybersecurity Ventures, 2020 // <https://cybersecurityventures.com/top-5-cybersecurity-facts-figures-predictions-and-statistics-for-2019-to-2021/>.
2. Internet of Things Cybersecurity Readiness Report. Trustwave, 2018 // <https://trustwave.azureedge.net/media/15351/iot-cybersecurity-readiness-report-prt.pdf?rnd=131992184400000000/>.
3. Industry 4.0 How to navigate digitization of the manufacturing sector. McKinsey Digital, 2015 // <https://www.mckinsey.com/~media/McKinsey/Business%20Functions/Operations/Our%20Insights/Industry%2040%20How%20to%20navigate%20digitization%20of%20the%20manufacturing%20sector/Industry-40-How-to-navigate-digitization-of-the-manufacturing-sector.aspx>.
4. Cybersecurity Talent Crunch To Create 3.5 Million Unfilled Jobs Globally By 2021. Cybersecurity Ventures, 2020 // <https://cybersecurityventures.com/jobs/>.

Полный список использованных источников размещен

 <http://innosfera.by/2021/03/Cybersecurity>

Статья поступила в редакцию 03.02.2021

# ПРОГРАММЫ ПОДДЕРЖКИ ДЛЯ ЖЕНЩИН-УЧЕНЫХ

## ЗАРУБЕЖНЫЙ ОПЫТ И МНЕНИЕ БЕЛОРУССКИХ ИССЛЕДОВАТЕЛЬНИЦ



**Алеся Соловей,**  
научный сотрудник  
Института социологии  
НАН Беларуси

**В** научном сообществе существуют разные точки зрения на возможности предоставления женщинам-ученым специальной поддержки их деятельности. Как отмечает лауреат шведской премии «Женщины в инженерных науках», академик РАН И. П. Белецкая: *«Я не феминистка, но думаю, что женщине в науке, конечно, труднее. Вот ребенок заболел – что женщине делать? Рожать ребенка надо, а будущая мама (то есть я) в это время занимается токсичной ртутной органикой – и что делать?.. Я думаю, таким образом шведы решили вообще поддержать женщин, понимая, что им все-таки труднее. Дело не в том, что женщина слабее, она просто другая...»* [2]. Доктор физико-математических наук, профессор Т.М. Бирштейн, которая является членом жюри программы L'Oréal-UNESCO «Для женщин в науке», считает, что *«для женщин-ученых эта премия очень важна, ведь им всегда при-*

*ходится труднее. У них больше нагрузок, причем во всех областях жизни. И именно поэтому помощь женщинам в науке – это очень благородное дело»* [1].

С другой стороны, представители научных профессий отрицательно относятся к специальным грантам и стипендиям для женщин-ученых, аргументируя свою позицию убежденностью, что поддержка идей и разработок не должна зависеть от пола исследователя. *«...Научная работа – это интеллектуальный труд, его нельзя разделять на мужской или женский, главное, чтобы человек, который им занимается, нашел в нем свое призвание»* [7]. Если исходить из императива научной деятельности, предложенного Р. Мертоном, – универсализма, который призван регулировать научный поиск, то выражение «у науки нет пола» означает, что она открыта для всех, вне зависимости от национальной или половой принадлежности. Истинность научного знания не зависит от того, кем она получена, доказана или высказана. На резуль-

таты исследований не должны оказывать влияние личностные или социальные характеристики ученого [10]. Вклад научных работников необходимо оценивать исключительно по качеству их результатов. Следовательно, все ученые, и мужчины, и женщины, должны обладать равными возможностями для научной деятельности.

Тогда почему во многих странах распространены специальные программы поддержки для женщин-ученых? Одной из 17 Целей в области устойчивого развития на период до 2030 г. является обеспечение гендерного равенства и расширение прав и возможностей всех женщин и девочек, в том числе в сфере науки. Анализ целей и задач рассмотренных нами далее программ поддержки для женщин-ученых позволяет заключить, что все они исходят из принципов гендерного равенства и предоставления равных возможностей в науке независимо от пола.

По инициативе различных объединений женщин-ученых широко практикуется финансовая поддержка женщин, которые нацелены на занятие наукой. Наиболее масштабной является программа «STEM» (science, technology, engineering and maths), разработанная Американской ассоциацией женщин с университетским образованием (AAUW – American Association of University Women) и предоставляющая финансирование талантливым женщинам в виде стипендий и грантов, которые можно направить как на обучение и проживание, образовательные поездки, так и на содержание несовершеннолетнего ребенка. Более того, AAUW проводит исследования, выявляющие проблемы при изучении точных дисциплин девушками [4].

В США в 2017 г. был принят закон H.R.321 – Inspiring the Next Space Pioneers, Innovators, Researchers, and Explorers (INSPIRE) Women Act, который предписывает космическому агентству NASA поощрять девушек и женщин изучать STEM-дисциплины, а также развивать свою карьеру в аэрокосмической области и способствовать дальнейшему развитию космической науки и исследований в стране [10].

Международная федерация женщин с высшим образованием (GWI – Graduate Women International), основанная в 1919 г., оказывает финансовую поддержку в виде грантов для повышения академической мобильности женщин-ученых; общество «Женщины с высшим образованием в науке» (GWIS – Graduate Women in Science), которое основано в 1921 г., – тем из них, кто ориентирован на построение профессиональной карьеры в области естественных наук.

Ассоциация женщин-геологов (AWG – Association for Women Geoscientists) направлена на вовлечение женщин в изучение наук о Земле путем предоставления ряда премий и стипендий для развития карьеры в геологии. Организация поддерживает как студентов и аспиранток, так и молодых ученых и преподавательниц.

Японская ассоциация женщин с университетским образованием (JAUW – Japanese Association of University Women), основанная в 1946 г., осуществляет грантовую поддержку женщин-ученых со степенью магистра наук и выше для проведения исследований в Японии.

Программа Фонда Шлюмберге (Schlumberger Foundation) «Факультет будущего», которая основана в 2004 г. в США, предо-

ставляет стипендии женщинам из развивающихся стран на получение докторской степени или на работу в постдок-программе в области естественных наук, техники и технологий. По окончании программы стипендиатки, вернувшись на родину, будут вдохновляющими ролевыми моделями для соотечественниц, которые планируют развивать свою карьеру в области естественных наук.

Программа Австрийского научного фонда предлагает женщинам-ученым, которые ориентированы на построение карьеры в университете, возможность двухэтапного финансирования в общей сложности до 6 лет. Программа Герты Финберг (Hertha Firnberg Programme for post-docs) для молодых исследовательниц, получивших степень PhD, направлена на их поддержку в начале академической карьеры. Программа Элис Рихтер (Elise Richter Programme for senior post-docs, Elise Richter Program for arts-based research) рассчитана на более старшее поколение научных сотрудниц со степенью PhD и на исследования в области искусств. Выделяемые финансы включают заработную плату в одном из австрийских университетов, покупку необходимого оборудования и оплату проезда [9].

Стипендия Амелии Эрхарт Международного фонда Zonta International Foundation, утвержденная в 1938 г. в честь первой женщины-пилота, самостоятельно перелетевшей Атлантику, финансирует аспиранток и докторанток, которые проводят передовые исследования в области аэрокосмических и смежных наук и инженерии.

Есть специальные программы, целью которых является помощь женщинам-ученым с детьми.

Программа «Chrysalis» упомянутой выше Ассоциации женщин-геологов поддерживает аспиранток, которые временно вынуждены прервать свою научно-исследовательскую деятельность по причинам ухода за ребенком.

Стипендия Фонда имени Кристиане Нюсляйн-Фольхард (Германия), учрежденного в 2004 г., мотивирует женщин на продолжение научной карьеры после рождения ребенка, оказывает материальную помощь аспиранткам с детьми, занимающимся экспериментальными исследованиями в естественных и медицинских науках. Основная цель выделенных средств – оплата помощи по хозяйству, услуг няни, бытовой техники. Одним из требований к соискательницам является посещение ребенком детского сада или нахождение его под присмотром няни (отпуск в связи с уходом за ребенком со стороны партнера (супруга) не допускается) [8].

Следует упомянуть о стипендии «Женщины в науке» фонда L'Oréal-UNESCO, которая была основана в 1998 г. для обучения в докторантуре и собственных исследований молодым женщинам – кандидатам наук до 35 лет. Таковую премию получили более 3300 представительниц 118 стран [1].

В марте 2020 г. по инициативе генерального директора Международного агентства по атомной энергии (МАГАТЭ) Р. Гросси была открыта программа стипендий Марии Склодовской-Кюри (MSCFP), которая направлена на сокращение гендерного разрыва в ядерной отрасли. Одна из основных целей программы – мотивировать молодых женщин осваивать специальности в области ядерных наук и технологий с последующей возможностью стажировки в МАГАТЭ [6].

Таким образом, в зарубежных странах достаточно обширно представлены различные программы поддержки для женщин, мотивирующие их заниматься научно-исследовательской деятельностью. В основном они направлены на вовлечение в изыскания в области естественных и технических наук, что обуславливается еще недостаточной представленностью в данных сферах женщин во многих странах.

Опираясь на мировой опыт функционирования таких программ, важно учитывать мнения непосредственно субъектов научного знания (женщин-ученых), на которых данная поддержка направлена. Интерес представляет опрос белорусских исследовательниц, занятых в академиче-

ском секторе науки. Республика Беларусь характеризуется высоким уровнем гендерного равенства в обществе. В Индексе гендерного разрыва она занимает 29-е место в мире среди 153 стран, по данным Всемирного экономического форума [3]. В научной сфере эти процессы финансируются существующей нормативно-правовой базой государства, а также ратификацией международных документов.

По результатам комплексного социологического исследования, проведенного среди женщин – научных сотрудниц НАН Беларуси в 2017 г. (N = 450;  $\Delta = \pm 4,19\%$ , при  $\alpha = 0,05$ ), рассмотрим мнение относительно необходимости их поддержки и ее возможных форм (таблица).

Большинство опрошенных считает, что упомянутые специальные программы в виде стипендий, грантов для женщин в науке нужны – 59,0% (в том числе 32,4% – ответ «да», 26,6% – «скорее да»); по мнению 26,9% в них нет потребности (в том числе 9,0% – «нет», 17,9% – «скорее нет»); каждая седьмая респондентка (14,1%) затруднилась с ответом.

При этом стоит отметить, что большинство женщин (65,8%) не считают, что «специальные льготы, гранты, стипендии, премии для женщин – это принижение их компетентности как ученого» (в том числе 15,0% полностью не согласны, а 35,8% – скорее не согласны). Каждая пятая (21,0%) согласна с данным утверждением (8,5% и 12,5% соответственно). Затруднились ответить 13,3% опрошенных (рисунок).

В целях получения дополнительной информации о мерах государственной поддержки респонденткам был задан вопрос: «На Ваш взгляд, какие меры государственной поддержки могут

Отделение наук	Да, нужны	Скорее нужны	Скорее не нужны	Нет, не нужны	Затрудняюсь ответить
Физики математики и информатики, физико-технических наук	28,3	31,9	14,2	12,4	13,3
Химии и наук о Земле	21,6	32,4	13,5	8,1	24,3
Биологических наук	31,9	27,5	20,9	8,8	11,0
Медицинских наук	26,7	28,9	31,1	2,2	11,1
Аграрных наук	34,1	24,2	15,4	7,7	18,7
Гуманитарных наук и искусств	46,3	14,9	17,9	11,9	9,0

Таблица. Мнение женщин – научных работников НАН Беларуси о необходимости специальных программ поддержки (стипендий, грантов) для женщин-ученых (в %)

повысить эффективность научно-исследовательской деятельности женщины-ученого?» Из 450 опрошенных более половины (53,8%) ответили на него, что свидетельствует о важности этой темы для них. Мнения женщин были различны, однако решения, которые они предложили, можно условно объединить в несколько групп.

Самыми распространенными и часто упоминаемыми оказались меры, связанные с повышением уровня заработной платы, государственной поддержкой науки и научных исследований в целом. Немаловажным является и предоставление возможностей сотрудничества с зарубежными учеными (заграничные командировки и международные стажировки). Предлагалось также улучшение материально-технической базы лабораторий и возможность решения жилищного вопроса (помощь в строительстве жилья). Данные меры нельзя назвать специфическими для женщин-ученых, так как они актуальны и для их коллег-мужчин.

Некоторые отмечали, что не стоит разделять ученых по половому признаку, когда речь идет о развитии программ поддержки для них: «Следует повысить эффективность научно-исследовательской деятельности ученого в целом, так как при государственной поддержке науки повысится и эффективность научной деятельности женщин».

Однако в силу того, что женщины обладают уникальной биологической способностью и могут реализоваться в роли матери, для обеспечения равных возможностей с мужчинами им необходимы особые условия, позволяющие рационально сочетать выполнение профессиональных и семейных обязанностей, включающих материнство. Интервью-

ируемыми подчеркивается специфическое положение женщины, связанное с ее материнской ролью: «Государственная поддержка ученых по большей части не должна учитывать гендерные вопросы, возможно, за исключением вопросов отпуска по уходу за ребенком». Необходимо разрабатывать меры, связанные с возможностью совмещения профессиональных и семейных обязанностей женщины.

Результаты социологических исследований подтверждают влияние последних на продуктивность женщин-ученых. Более половины из них отмечают, что «совмещение социальных ролей жены, матери, домашней хозяйки с научной деятельностью» (63,0%), «воспитание детей» (62,6%), «выполнение домашних обязанностей» (54,7%) воздействуют на эффективность научной деятельности. Каждая третья женщина-ученый (30,2%) в качестве фактора, снижающего ее научную результативность, выбрала «двойную нагрузку» (совмещение домашних и профессиональных обязанностей). По результатам исследования, проведенного среди научных сотрудников НАН Беларуси в 2020 г. при поддержке гранта «БРФФИ-РФФИ М» (N = 501; Δ = ± 4,2%, при α = 0,05),

на вопрос: «Какие условия могут в наибольшей мере повлиять на повышение Вашей творческой активности и эффективности Вашей научно-исследовательской деятельности?» 25,7% мужчин-ученых и 30,6% женщин-ученых выбрали «возможность рационального сочетания научной деятельности и семейно-бытовых обязанностей».

В этой связи следует упомянуть, что одним из направлений работы Национального плана действий по обеспечению гендерного равенства в Республике Беларусь на 2021–2025 гг., утвержденного Советом Министров Республики Беларусь, является «выравнивание социально-экономических возможностей мужчин и женщин, содействие совмещению родительских и профессиональных обязанностей» путем «снижения двойной занятости женщин в пользу развития их личностного потенциала» [5]. Следовательно, важность рационального сочетания ролей для женщины-ученого закрепляется на общегосударственном, национальном уровне и нуждается в дальнейшем углубленном изучении с целью выработки специальных механизмов и программ поддержки для успешного сочетания семейных и профессиональных ролей.

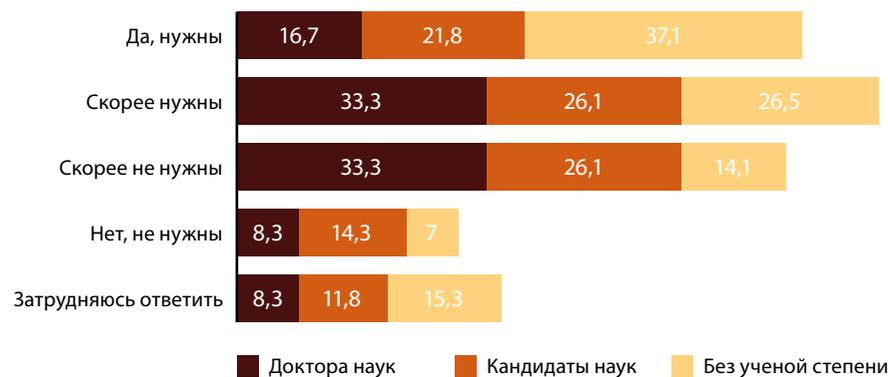


Рисунок. Мнение женщин – научных работников НАН Беларуси (в зависимости от наличия ученой степени) о необходимости специальных программ поддержки (стипендий, грантов) для женщин-ученых (в %)

Женщины-ученые, занимающие административные должности в академической науке (N = 40), отмечают, что при выделении грантов должен учитываться уровень научной работы, а не «пол» исследователя, который будет руководить этой работой. По мнению опрошенных, в случае введения специальных грантов и стипендий для женщин-ученых их будут оценивать исходя из половой принадлежности, а не интеллектуальных способностей и научных идей, что будет демонстрировать недостаточные способности женщин. По этой причине государству следует стимулировать научную деятельность ученых в целом. Как отметила одна из респонденток: *«В Республике Беларусь нет гендерного неравенства, в научной сфере созданы равные условия для профессионального развития как мужчин-ученых, так женщин-ученых. В нашей стране женщины в науке имеют абсолютно равные возможности с мужчинами и поэтому не нуждаются во введении для них специальных программ поддержки»*. Государственное стимулирование должно способствовать равным возможностям для мужчин и женщин.

Однако, с другой стороны, исходя из мировых тенденций и учитывая опыт зарубежных стран, по мнению некоторых женщин, такие меры были бы желательными. Данная позиция аргументируется следующим образом. Во-первых, это финансовая поддержка, которая стимулирует женщин-ученых заниматься наукой, особенно молодых, у которых невысокая заработная плата на начальном этапе научной карьеры. Во-вторых, практическая значимость данных программ диктуется тем, что значительную часть своего времени женщины уделяют

семье, воспитанию детей и уходу за ними, особенно в период декретного отпуска. Экономическое стимулирование в данном случае помогло бы в организации воспитания детей (к примеру, воспользоваться услугами няни) не в ущерб продолжению научно-исследовательской деятельности.

Таким образом, опыт развития программ поддержки для женщин-ученых зарубежных стран показывает, что специальные гранты и стипендии для них не принижают их творческих способностей и научных идей. Более того, функционирование данных программ актуализируется механизмами поддержки равных возможностей и содействует обеспечению гендерного равенства в научной сфере.

В нашей стране женщины-ученые обладают теми же перспективами, что и мужчины, а существующие меры вполне приемлемы для повышения эффективности их труда. Большинство исследовательниц солидарны с мнением

о том, что «у науки нет пола», и важно именно стимулирование научных идей вне зависимости от гендерной принадлежности ученого. Необходимость развития некоторых специальных программ для женщин в науке аргументируется влиянием «двойной нагрузки» на их научную эффективность. Разработка таких мер целесообразна для возможности рационального сочетания семейных и профессиональных обязанностей с целью раскрытия творческого потенциала женщин, укрепления роли научных кругов и совершенствования системы воспроизводства научно-технических кадров. Предложенные позиции не противоречат государственной гендерной политике и закреплены в Национальном плане действия по обеспечению гендерного равенства в Республике Беларусь на 2021–2025 гг., а также Национальной стратегии устойчивого социально-экономического развития Республики Беларусь на период до 2030 г. [1]

#### СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

- Десять молодых ученых получили национальные стипендии L'OREAL-UNESCO «Для женщин в науке» // <https://tass.ru/obschestvo/9458649>.
- Изварина Е. Академик И.П. Белецкая: «Додумать – и сделать так, как надо...» / Е. Изварина // Газета Наука Урала. 2004. №2(860) // [http://www.uran.ru/gazetanu/2004/01/nu02/wvmnu\\_p4\\_02\\_012004.htm](http://www.uran.ru/gazetanu/2004/01/nu02/wvmnu_p4_02_012004.htm).
- Индекс гендерного разрыва по версии Всемирного экономического форума // <https://gtmarket.ru/ratings/global-gender-gap-index>.
- Малышева М.М. Естественные и технические науки для женщин в XXI в. / М.М. Малышева // STEM: новые перспективы профессиональной занятости женщин / АНО «Совет по вопросам управления и развития»; под ред. Е.А. Самостиной, сост. Е.В. Кочкина. – М., 2016.
- Национальный план действий по обеспечению гендерного равенства в Республике Беларусь на 2021–2025 гг.: постановление Совета Министров Респ. Беларусь от 30.12.2020 г. №793 // <https://pravo.by/document/?guid=12551&p0=C22000793&p1=1>.
- Программа стипендий МАГАТЭ имени Марии Склодовской-Кюри // <https://www.iaea.org/ru/o-nas/programma-stipendiy-magate-imeni-marii-sklodovskoy-kyuri>.
- Пушкарева Н.Л. «Выдумки обиженных женщин» или «дополнительная помощь не вредна»: нужна ли женщинам ученым социальная защита? / Н.Л. Пушкарева // Журнал исследований социальной политики. 2014. Т. 12. №1.
- CHRISTIANE NÜSSLEIN-VOLHARD-FOUNDATION // Christiane Nüsslein Volhard Stiftung // <http://www.cnv-stiftung.de/en/goals.html>.
- Elise Richter Programme // Austrian Science Fund (FWF) // <https://www.fwf.ac.at/en/research-funding/fwf-programmes/richter-programme-incl-richter-peek>.
- H.R.321—Inspiring the Next Space Pioneers, Innovators, Researchers, and Explorers (INSPIRE) Women Act // <https://www.congress.gov/bill/115th-congress/house-bill/321>.
- Merton R.K. The Sociology of Science. Theoretical and Empirical Investigations / R.K. Merton. – Chicago, 1973.

# ХРУСТАЛЬНАЯ ГАВАНЬ



## КАК МОЛОДЫЕ УЧЕНЫЕ ИЩУТ НОВЫЕ СПОСОБЫ ОЧИСТКИ ВОД СИНЕОКОЙ БЕЛАРУСИ И ВСЕГО МИРА

Где бы ни зародилась жизнь – в Мировом океане или вулканических озерах, – достоверно известно, что произошло это в водной среде. И хотя с тех пор минуло ни много ни мало 3,5 млрд лет, и сегодня вода продолжает оставаться основой жизни. Она играет ключевую роль на всех уровнях нашего существования – от клеточного до глобального, от физического до духовного, занимая 60% нашего организма, 70% поверхности планеты – и огромное место в любой области деятельности с древнейших времен. Она стала не только средой обитания живых существ, но и составной частью многих промышленных технологий для получения продуктов питания, энергии, материалов для строительства и производства практически всего необходимого в любом уголке нашей планеты. И именно она становится одним из первых индикаторов изменения климата Земли, способного вызвать глобальные изменения в жизни человечества из-за повышения уровня воды в Мировом океане.

**Ч**еловек как существо разумное и вечно совершенствующееся, обнаружив побочный эффект научно-технического прогресса в виде загрязнения водных ресурсов, начал искать способы их очистки – хотя бы ради самосохранения. Ведь от состояния хрустальных водных потоков, способных украсить пейзаж отражением неба и земли, а также вобрать в себя химический состав всего, что на них находится, зависит эколо-

гия, то есть условия жизни, состав пищи, здоровье и долголетие людей – в конечном итоге, наше с вами счастье.

Это понимают и ученые нашей страны, в том числе наша героиня, которая активно ищет способы очистки водной среды и новые технологии ее поддержания. Возможно, на профессиональном языке данный процесс называется чуть менее поэтично – разделением жидкостных сред, но это не отменяет глобальной важности результатов.

**Краткая справка.** Татьяна Александровна Глевицкая – научный сотрудник лаборатории мембранных процессов Института физико-органической химии (ИФОХ) НАН Беларуси. Родилась в г. Минске 33 года назад. В 2009 г. окончила химический факультет Белорусского государственного университета, где специализировалась на кафедре высокомолекулярных веществ; в 2010 г. – магистратуру БГУ; в 2019 г. – аспирантуру ИФОХ НАН Беларуси. В 2019 г. проект Т.А. Глевицкой «Smart-мембраны для пищевой промышленности» стал победителем Республиканского молодежного конкурса «100 идей для Беларуси» в номинации «Химические технологии, нефтехимия». Лауреат премии НАН Беларуси для молодых ученых им. академика В.Ф. Купревича за цикл работ «Получение и модификация полиэфирсульфоновых мембран для очистки воды и разделения технологических сред» (2020 г.).

## ГРАНИЦЫ ЧИСТОТЫ

Область научных интересов Татьяны Глевицкой связана с самыми современными способами очистки вод. Она разрабатывает новые химические составы для получения полимерных мембран, занимается их модификацией, создавая оригинальные виды фильтров для жидкостей различного состава. Важная часть работы молодого ученого – исследование транспортных и физико-химических свойств мембран, изучение их структуры. Все это необходимо для того, чтобы мембранная водоочистка и разделение различных жидких сред стали более совершенными.

**Почему же все перечисленное чрезвычайно важно для науки? Какую пользу результат этой работы принесет людям? Все дело в том, что мембранный метод очистки воды – новейший, самый современный, а значит, и наиболее высокотехнологичный и сложный.**

*– Мембраны в силу целого комплекса потребительских свойств находят широкое применение в различных отраслях промышленности для решения ряда прикладных задач, – объясняет Татьяна, – например водоподготовки и очистки сточных вод промышленных предприятий, фракционирования молочных продуктов, разделения, очистки и концентрирования белковых растворов и множества других.*

Надо сказать, что микро- и ультрафильтрационные мембраны как таковые представляют собой

очень сложные устройства. Фактически это тончайшие пленки для фильтрации жидкости, но при этом отверстия в них настолько малы, что их невозможно увидеть невооруженным глазом. Счет изменений их размера идет на микроскопические единицы, вплоть до того, что «процеживание» растворов может происходить на молекулярном уровне: вещества с более крупными молекулами пленка задерживает. В зависимости от пористости, производительности и селективности мембран их можно разделить на несколько видов, технологии получения которых также неодинаковы.

Долгое время в нашей стране не было собственного производства такого важного компонента, хотя во всем мире все активнее применяются мембранные фильтры. И по сей день в Беларуси, как и в других странах СНГ, используются в основном импортные мембраны и содержащие их элементы. По большей части на наш рынок ПЭС-мембраны поставляют западные компании: германская Inge GmbH, шведская Alfa Laval и американская Hydranautics, уточняет исследовательница. Чтобы сократить расходы на импорт важной технологической составляющей, необходимой для фармацевтической и пищевой промышленности, коммунальных служб, очистных сооружений, наша страна стремится разработать технологию ее производства и начать выпуск на отечественных предприятиях. Для достижения этой цели ведется большая работа, затрагивающая, в частности, научные изыскания на стыке нескольких наук: физики, химии, биологии, медицины и др. Ведь продукт должен получиться не только эффективно работающим, но и безвредным для людей.

*– В Республике Беларусь на базе Института физико-органической химии НАН Беларуси также создана научно-техническая база для производства мембран и мембранного оборудования, – делится работками Татьяна, которая вместе с командой своих коллег-ученых активно участвует в решении главной задачи. – Это кропотливый труд. Ведь нужно провести немало опытов в условиях лаборатории, чтобы решить множество сопутствующих цели, тесно связанных между собой вопросов.*

Один из главных касается разработки научных основ и технологий получения различных видов мембран: микро-, ультра- и нанофильтрационных. Все они предназначены для разделения разных видов веществ, содержащихся в жидкостях.

Кроме того, ученые работают над конструкциями и технологиями изготовления промышленных фильтрующих элементов, а также находят новые методы очистки различных типов вод с их применением.

На республиканском конкурсе «100 идей для Беларуси» проект «Smart-мембраны для пищевой промышленности» победил в номинации «Химические технологии, нефтехимия». Минск, февраль 2019 г.



## ВОДОВОРОТ НАУКИ

Наука для нашей героини – самая интересная сфера деятельности из всех возможных. «*Это постоянное самосовершенствование, непрерывный поиск чего-то нового: литературы, методик, идей*», – делится ощущениями от профессиональной жизни Татьяна. Для нее не менее важно и «постоянное общение с мыслящими людьми», с которыми всегда можно обсудить гипотезы, обменяться мнениями.

В это трудно поверить, но ни в детстве, ни в юности она даже не мечтала о лаборатории: говорит, если бы ей 18-летней сказали, что станет научным сотрудником в НИИ, могла бы расстроиться. Что ж, не мудрено: ведь нередко сразу после окончания школы исследовательская деятельность видится «издали» и кажется скучной. Особенно на фоне блестящих карьер и нарядов звезд экрана, то и дело мелькающих по телевизору, всемирной известности спортсменов, интересной жизни путешественников... Однако время все расставляет на свои места.

В 2004 г. Татьяна выбрала химический факультет и поступила изучать предмет, который больше всего любила в школе. А пять лет спустя события начали развиваться стремительно. Благодаря ее первой работе наука затянула выпускницу лучшего вуза страны, как водоворот. Сейчас, оглядываясь назад, можно сказать, что ее словно занесло судьбоносным потоком в правильное и нужное место, как корабль попутной волной в ту самую гавань, в которую он и должен был обязательно прийти.

– *Все получилось очень просто*, – вспоминает Татьяна Александровна. – *Я пришла в наш институт по распределению после университета. Начала работать, втянулась, и мне здесь понравилось. Вот и решила остаться.*

Ей кажется, что говорить, будто кто-то заметил ее талант к исследованиям, совершенно не верно: пришла в науку, в которой уже было немало состоявшихся ученых, у которых есть чему поучиться, и сработалась с ними. Потому что эти люди, их идеи, созидательная роль научной деятельности вызвали отклик в ее душе.

– *К таким ученым в первую очередь нужно отнести нашего директора, академика Александра Викторовича Бильдюкевича*, – подчеркивает Татьяна. – *Именно он создал в Беларуси научно-техническую базу для развития мембранных технологий и организовал опытно-промышленное производство мембран. Также хочу сказать спасибо и молодому кандидату наук, а сейчас завлабораторией мембранных процессов Татьяне Викторовне Плиско – человеку,*



С научным руководителем, академиком А.В. Бильдюкевичем на международной конференции «Melpro», Прага, 2018 г.

*который помог и до сих пор помогает мне вернуться в науку после длительного, почти 5-летнего перерыва. Пожалуй, именно к этим людям я в первую очередь и обращаюсь за советом.*

При этом Татьяна никого не возводит в ранг абсолютного кумира: таковых у нее никогда и не было – ни в науке, ни в жизни. «*Я вообще не люблю себя с кем-нибудь сравнивать*», – говорит исследовательница. И тут же с воодушевлением добавляет: «*Но зато постоянно кем-то восхищаюсь!*»

Поводов для этого прекрасного чувства ее окружение дает великое множество. Это и острый ум более опытных коллег, их лаконичная, четкая и грамотная манера формулирования своих мыслей, энциклопедически широкий кругозор, которым они обладают. И гибкое, нестандартное мышление более молодых – недавних студентов, только-только начавших работать в ее институте. Представители нового поколения научной молодежи способны улавливать идеи на лету: Татьяне нравится видеть, как они ловко и быстро осваивают новые методики, с каким удовольствием делятся информацией с более опытными коллегами. Премущественность в белорусской науке и желание работать в ней дает надежду на блестящее будущее.

Правда, как и всем, ученым на своем пути тоже приходится преодолевать некоторые трудности. Может быть, на то и нужны человеку звезды, чтобы к ним пробираться сквозь тернии.

## ПОРОГИ В РУСЛЕ РЕКИ

Путешественники знают: иногда движение происходит и все нужные процессы налажены: гребец вскидывает весла, лодка движется, но дальше по течению вроде бы спокойной реки натыкаешься

на пороги. Так бывает и в науке. И причиной порой становится то, что от ученых не зависит.

– *К сожалению, в нашей стране наука финансируется по остаточному принципу, что совершенно неправильно!* – переживает за дело своей жизни Татьяна Александровна.

Из этого недостатка, говорит она, вытекают и другие, более печальные, например отток талантливых научных кадров, которым тяжело развиваться в родной стране при низких заработных платах. В поисках лучших условий ученые, молодые и не только, уезжают за рубеж либо полностью меняют сферу своей деятельности. Тем же, кто остается на Родине, порой сложно работать из-за невозможности своевременно обновлять материально-техническую базу. Это необходимо не для красоты рабочего места, а для того, чтобы отечественные исследователи могли в должной мере конкурировать с зарубежными коллегами.

И даже при публикации своих работ в международных научных изданиях у белорусских ученых нередко возникают неожиданные препятствия.

– *Довольно часто, особенно при подаче статей в высокорейтинговые зарубежные журналы, рецензенты этих изданий просят провести дополнительные исследования с использованием физико-химических методов анализа, которых в нашей стране просто-напросто нет!* – с огорчением констатирует Татьяна Александровна. И рассказывает о возможных выходах из подобных ситуаций:

– *В этих случаях обычно приходится просить безвозмездной помощи у зарубежных коллег либо просто менять издание и надеяться, что в этот раз статья пройдет.*

К факторам из разряда досадных она относит и такую, на первый взгляд, мелочь, как «избыточную бюрократизацию науки». Конечно, ее нельзя однозначно считать большой проблемой, но надо признать: несколько отвлекает ученых от их основной деятельности.



С коллегами во время стажировки на факультете химической инженерии Лундского университета, г. Лунд, Швеция, ноябрь 2019 г.

Впрочем, преодолеть многие препятствия белорусским ученым удается, и во многом благодаря именно тем лучшим качествам, которые, по мнению нашей героини, должны быть в характере настоящего исследователя:

– *В первую очередь нужно быть самоорганизованным, обладать достаточно рациональным мышлением, уметь общаться и договариваться с людьми,* – отмечает она. – *И, конечно, любить то дело, которым занимаешься!*

В этом-то, считает молодой ученый, и состоит главный секрет любого успеха.

## МИР ИЗМЕНИТСЯ – ВОДА ОСТАНЕТСЯ

Всегда интересно понять взгляд ученых на будущее: и той области знания, в которой они ведут свои изыскания, и мира в глобальном масштабе, и роли науки в нем. Можем ли мы сегодня даже отдаленно представить себе, какими будут достижения человеческого разума и их практическое воплощение десятилетия или даже столетия спустя?

Химик Татьяна Глевицкая уверена: как бы ни изменился мир, водоочистка и водоподготовка и через 20, и даже через 100 лет останутся у человечества в приоритете. Причины этого очевидны: они кроются в продолжающемся загрязнении окружающей среды.

– *Плохое качество воды уже сейчас стало одной из главных экологических проблем. К сожалению, реальность такова, что через десятки лет она только усугубится,* – высказывает опасения Татьяна. – *По этой причине развитие мембранных технологий еще долго не потеряет своей актуальности.*

И белорусским ученым, и их коллегам в других странах мира, и всем нам, жителям Земли, еще предстоит до конца осознать и прочувствовать то, насколько наше настоящее и будущее зависят от водного компонента природы. И именно для того, чтобы ученым и экологам удалось помочь сильным (и не только) мира сего изменить свое видение и мышление в сторону экологичного отношения ко всему, что нас окружает, мы желаем нашей героине успеха в ее исследованиях. Ведь они направлены на то, чтобы наша страна, да и вся остальная планета была чистой, живописной и здоровой – будто живописная и уютная гавань, наполненная прозрачной, чистой, по-настоящему живой водой. ■

Татьяна ЖДАНОВИЧ

# ОСНОВНЫЕ ТРЕНДЫ ОБЕСПЕЧЕНИЯ НАСЕЛЕНИЯ ОВОЩНОЙ ПРОДУКЦИЕЙ

Природа дала человеку уникальную возможность: жить, развиваться, поддерживать свое здоровье и благополучие с помощью даров земли. Сегодня, после многих тысяч лет развития земледелия, технологий культивирования овощей и фруктов, способов их переработки роль этих натуральных продуктов в жизни человека и общества, обеспечении продовольственной безопасности на государственном и мировом уровнях возросла как никогда ранее. Трудно найти народ, в национальной кухне которого не было бы вкусных и полезных овощных или фруктовых блюд. Тем не менее значительная часть жителей планеты все еще потребляет эту здоровую пищу в недостаточном количестве. На решение этой и других проблем направлена инициатива ООН, объявившей 2021 год – годом овощей и фруктов. Мы приняли эстафету и будем говорить не только о важности овощей и фруктов для здоровья и долголетия, но и о вкладе современной науки в обеспечение людей «зеленой» продукцией, исследованиях и достижениях белорусских ученых в данной области.



**Андрей Чайковский,**  
директор Института овощеводства,  
кандидат сельскохозяйственных наук

**В**ажная роль в обеспечении здоровья населения отводится рациональному питанию, под которым понимается развитая культура потребления пищевых продуктов на уровне домашних хозяйств, наилучшим образом удовлетворяющая потребности организма человека в энергии и жизненно важных веществах в конкретных условиях его жизнедеятельности.

По современным представлениям в основе здорового питания лежит гармоничное сочетание животной и растительной пищи, а одним из ключевых компонентов рациона являются овощи.

Их ценность и незаменимость заключается в том, что в них, помимо прочего, содержатся витамины, соли, кислоты и другие вещества, улучшающие вкус пищи и ее усвояемость.

Овощи оказывают значительное воздействие на деятельность нервной системы, пищеварительного тракта и органов внутренней секреции, повышают устойчивость организма к инфекционным заболеваниям.

Обеспечение доступа к полезным продуктам в условиях пандемии COVID-19 имеет важнейшее значение. В связи с этим 74-я сессия Генеральной Ассамблеи Организации Объединенных Наций провозгласила 2021 г. Международным годом овощей и фруктов (МГОФ-2021). Ведущая роль в его проведении принадлежит Организации по сельскому хозяйству и продовольствию (ФАО) совместно с другими структурами ООН.

Широко известны рекомендации ВОЗ, согласно которым количество потребляемых человеком в день фруктов и овощей (за исключением картофеля) должно составлять не менее 400 г. В отдельных государствах разработаны собственные стандарты включения в рацион пищевых продуктов в соответствии с индивидуальными особенностями жителей. Например, Министерством здравоохранения Российской Федерации утверждены рациональные нормы потребления овощных и бахчевых культур: 140 кг в расчете на 1 человека в год, включая все виды капусты (40 кг), томаты (10 кг), огурцы (10 кг), морковь (17 кг), свеклу (18 кг), лук (10 кг), прочие овощи (20 кг), бахчевые (15 кг). В Республике Беларусь Советом Министров также утвержден

уровень потребления необходимых организму овощей, бахчевых культур и продуктов их переработки, составляющий 124 кг в год на 1 жителя страны.

Условия обеспечения населения нужным количеством овощей определяются демографической ситуацией. Это связано с различными потребностями в них разных групп (в зависимости от возраста, пола и коэффициента физической активности научно обоснованные нормы потребления овощей и бахчевых находятся в диапазоне 70–182 кг в год) и неодинаковыми условиями снабжения продовольствием города и деревни. У жителей сельской местности по сравнению с горожанами имеется больше возможностей для ведения подсобного хозяйства с целью обеспечить себя продуктами питания, особенно плодоовощной продукцией. Высокая плотность населения в городах создает предпосылки для развития инфраструктуры по снабжению их жителей продовольственными товарами на промышленной основе, круглогодичных поставок свежих овощей и фруктов.

За последний век значительно изменилась демографическая структура

общества в стране: произошел существенный отток населения из сельской местности в города, в связи с чем возросла роль профессионального овощеводства. В 1913 г. доля городского населения составляла 14,3%, а через 100 лет – 76,3%, то есть его абсолютная численность повысилась в 7,3 раза. Доля сельского населения снизилась с 85,7% до 23,7%, уменьшившись в 2,6 раза.

Возникла необходимость расширения ассортимента и увеличения объемов выращивания овощей в профессиональном секторе, скоординированных поставок свежей и переработанной продукции равномерно в течение года. Важная роль в решении возникшей задачи отводится науке.

Сезонность производства и необходимость регулярного потребления свежих овощей требуют инфраструктуры для



их длительного хранения, создания сортов и гибридов с высокими показателями лежкоспособности.

Большинство овощных культур происходят из тропической и субтропической зон и нуждаются в продолжительном теплом периоде, что обуславливает применение защищенного грунта, рассадной культуры, благодаря чему значительная их часть может выращиваться в круглогодичном цикле.

Переработка – один из путей решения проблемы обеспечения населения овощами в течение всего года. Различные ее варианты дают возможность получать в большом количестве самую разнообразную продукцию, ценность которой в большой степени зависит от способа употребления в пищу – в сыром либо переработанном виде.

Многие высокотемпературные методы приготовления свежей рас-

чительной пищи нередко снижают ее питательную ценность. Другие, такие как квашение, соление, шоковая заморозка, напротив, не вызывают значительных потерь биологически активных веществ. Перспективные направления развития для белорусских производителей овощной консервированной продукции – шоковая заморозка, сушка, производство полуфабрикатов с минимальной степенью обработки (мытые очищенные овощи в вакуумной упаковке). В мировой структуре реализации данного вида продукции промышленной переработки консервированные фрукты и овощи занимают 43%, замороженные – 36%; на долю соков, нарезанных овощей и готовых салатов приходится 11%, сушеных и обезвоженных продуктов – 10%.

Недостающий либо избыточный на рынке объем товарной массы овощей компенсируется за счет межрегионального обмена.

В связи с ростом населения планеты и необходимостью его обеспечения продуктами питания производство овощей в мире постоянно увеличивается: так, с 1960 г. их валовый сбор вырос более чем в 5 раз. Это достигается

за счет расширения площади посевов под овощные культуры (в 3 раза) и повышения урожайности (в 2 раза). В Европе тенденция несколько отличается от общемировой: объемы производства выросли почти вдвое на фоне роста урожайности в 2,5 раза и снижения посевных площадей на треть. В Республике Беларусь, где выращено в 2,8 раза больше овощей, эти показатели соответственно составили 1,9 и 1,4 раза.

Увеличение урожайности происходит за счет введения в культуру новых видов, выведения улучшенных сортов и гибридов овощных культур, совершенствования формул удобрений и средств защиты растений, изобретения новых средств механизации выращивания овощей. Невозможно переоценить роль селекции и семеноводства в повышении продуктивности: например, последнее может повысить ее при хорошей организации на 20%. Во второй половине XX в. селекционный вклад в рост урожаев в Центральной Европе в зависимости от культуры ежегодно составлял 1–2%.

В мире существует жесткая конкуренция в области овощеводства среди селекционных фирм, научно-исследовательских институтов, селекционно-семеноводческих станций и т.д. Институт овощеводства успешно занимает свою нишу на рынке сортов и гибридов овощных культур нашей страны. Его селекционерами ведется непрерывная работа по выведению новых сортов овощных, бахчевых и других культур, адаптации уже имеющихся к изменяющимся природно-климатическим условиям.



По состоянию на 2021 г. в Государственный реестр сортов Республики Беларусь для промышленного выращивания включено 102 сорта и 29 гибридов (131 наименование) по 34 культурам. В нем имеется 24 наименования томатов, 16 – капусты белокочанной, 13 – огурца, 10 – сладкого перца, 8 – лука репчатого, по 7 – чеснока и гороха овощного, 6 – свеклы столовой и 5 – моркови, по 3 сорта тыквы, редиса, фасоли овощной, кабачка, по 2 – патиссона, дайкона и баклажана, а также по 1 сорту малораспространенных овощных и лекарственных культур. В реестре содержатся отечественные сорта таких культур, как перец острый, физалис земляничный, хрен, катран, укроп, лук-порей, лук-слизун, лук-шнитт, лук-батун, редька, лоба, пастернак, базилик, бобы овощные, календула лекарственная, эхинацея пурпурная, чуфа.

Кроме того, для приусадебного выращивания рекомендованы белорусские сорта капусты брюссельской и брокколи, шпината, кориандра, чабера садового. Институт овощеводства и в дальнейшем планирует расширять перечень культур, представленных отечественными сортами.

Повышение конкурентоспособности селекции в нашей стране напрямую связано с переходом от сортовой на гибридную основу. Поэтому в последние годы усилия ученых направлены на расширение перечня культур, которые будут представлены белорусскими гибридами. В институте уже созданы гибриды капусты белокочанной, огурца, томата, перца сладкого, свеклы столовой, моркови. С 2021 г. прохо-

дит государственное испытание первый отечественный гибрид лука репчатого. В перспективе планируется по основным 6 культурам (томат, огурец, капуста белокочанная, свекла столовая, морковь, лук репчатый) полностью перейти на гибриды.

Показывать достойные результаты в селекции сегодня невозможно без современной материально-технической базы. Благодаря государственной поддержке в Институте овощеводства построена остекленная отапливаемая зимняя теплица, и теперь у селекционеров имеется возможность проводить исследования в круглогодичном цикле. Сейчас теплица задействована под гибридную селекцию капусты белокочанной, что позволяет осуществлять опыление в контролируемых условиях, которых невозможно добиться в открытом грунте.

Широкий ассортимент овощных культур определяет структуру и технологию их производства. Основная его часть в Беларуси сосредоточена в личных подсобных хозяйствах, на долю которых приходится 2/3 валовых сборов овощей в стране. По самым объективным оценкам, товарность овощей у населения не превышает 40%, из которых 20% потребляется самими производителями и членами их семей и 20% излишков реализуются через рынки. Сельскохозяйственные предприятия и крестьянские фермерские хозяйства выращивают 1/3 валового сбора овощей. Уровень товарности в них, напротив, довольно высок и находится в диапазоне 60–70%. Любительское и профессиональное овощеводство в настоящее время на паритетных

началах обеспечивают население свежей продукцией.

Для структуры производства овощей аграрными организациями и фермерами характерна высокая доля 4–6 основных культур, выращиваемых в открытом (морковь, капуста, свекла, лук) и защищенном (томат, огурец) грунтах. Они составляют 96–97% всего объема продукции, в то время как на остальные культуры приходится 3–4%. В любительском овощеводстве ассортимент выращиваемых видов значительно шире: в данном секторе преимущественно культивируются томаты, огурцы, лук, чеснок, зеленные, пряно-ароматические и редкие культуры.

В промышленном овощеводстве применяются интенсивные технологии с использованием удобрений и средств защиты растений, что позволяет значительно повысить урожайность и уменьшить затраты ручного труда. Это влечет за собой снижение стоимости продукции: например, цены производителей на овощи открытого грунта (капуста, свекла, морковь, лук) в последние несколько лет находились в диапазоне 28–42 коп. за 1 кг, на выращенные в теплицах (томат, огурец) – 1,4–1,8 руб./кг.

В мире наблюдается устойчивая тенденция к противостоянию негативному воздействию современного сельского хозяйства, а именно изменению существующих моделей выращивания и включения в рацион пищевых продуктов. Подобные инициативы, объединяющие как производителей, так и потребителей, приводят к поиску новых форм получения компонентов питания, среди которых можно

назвать органическую продукцию, микрозелень, аквапонику, вертикальные или роботизированные теплицы и др.

Органическая продукция выращивается без использования синтетических пестицидов, минеральных удобрений, регуляторов роста. Развитие такого производства – один из способов уменьшения негативного воздействия сельского хозяйства на окружающую среду. Обеспечение культурных растений элементами питания, борьба с вредителями и сорняками для повышения урожайности осуществляются за счет использования эффекта севооборота, органических удобрений (навоз, компост, пожнивные остатки, сидераты и др.), различных методов обработки почвы. С начала 1990-х гг. на мировых рынках натуральных продуктов начался активный рост, что привело к увеличению площадей под их выращивание. В Республике Беларусь принят Закон «О производстве и обращении органической продукции», который вступил в силу 18 ноября 2019 г. В качестве органа по сертификации такой продукции и процессов ее получения аккредитован Научно-практический центр НАН Беларуси по продовольствию. В нашей стране сертифицировано около 30 хозяйств, в которых 1500 га, или 0,02% всех сельхозземель, отведено для выращивания чистых от химии продуктов.

*Микрозелень (Microgreens)* – это новый класс съедобных специализированных растений, определяемых как нежная незрелая зелень, произведенная из семян овощей, трав или зерновых культур, включая дикие виды. Ее обычно

собирают на уровне почвы, то есть у основания гипокотилей, после появления первой пары настоящих листьев, когда семядоли полностью расширены (обычно в течение 7–21 дней после прорастания семян, в зависимости от вида и условий выращивания). Идея этого продукта возникла в конце 80-х гг. прошлого века в Сан-Франциско и с тех пор, особенно последние два десятилетия, активно воплощается на практике как в западных, так и в восточных странах благодаря уникальным качествам, улучшающим вкус гарниров, тонким структурам и насыщенным цветам. Обычно микрозелень потребляется в сыром виде, при этом сохраняются все полезные свойства, благодаря чему данный класс органической продукции относится к категории «функциональных продуктов», которые обладают свойствами, способствующими, помимо основной функции обеспечения питательными веществами, укреплению здоровья. Выращивание микрозелени происходит в специальных многоярусных установках как в промышленных, так и в бытовых условиях. На рынке уже представлено несколько моделей бытовых приборов – шкафов для этой цели. Например, стоимость одной из них, ANROtech, на рынке РФ составляет 215 тыс. руб. (почти 3 тыс. долл.). В Институте овощеводства также проводятся научные исследования по данному направлению: изучаются виды субстратов, способы обеззараживания семян, источники освещения, видовой и сортовой потенциал растений семейства бобовых, капусты и других культур как источников микрозелени.

*Аквапоника* – это взаимосвязанная гибридная система прудового хозяйства и гидропоники для одновременного выращивания пресноводной рыбы и овощей. Последние при этом растут в контейнерах, не содержащих почву: питание растения получают из сточных вод, выбрасываемых из прудов. Таким образом вода очищается и поступает обратно в водоем. Развитие современной аквапоники связывают с разнообразными работами североамериканских ученых начиная с 1990 гг. Аквапонные системы не уступают в производительности ни гидропонике, ни аквакультуре. Наиболее эффективным является выращивание зелени, рассады декоративных растений, а из рыб чаще разводят тилапию, клариевого сома, карпа. Аквапоника широко развивается во всем мире. Прорабатываются как вопросы ее промышленного использования на специальных фермах, так и в частном порядке, с помощью создаваемых специальных бытовых приборов. На юге Казахстана реализован проект аквапоники на одном из рыбных заводов. В США продаются целые частные фермы Aquaromics USA по цене около 2,5 тыс. долл.

В основу работы современных тепличных комплексов положены принципы интенсивного производства овощей с глубокой автоматизацией процессов выращивания. В наибольшей мере роботизированы система питания через капельное орошение, подача CO<sub>2</sub>, режимы температуры и влажности. Высокой степени автоматизации подвергнуты подготовка субстрата, высевание семян, выращивание рассады, зеленных культур.

На современном этапе прорабатывается вопрос создания робота-манипулятора для опыления цветков и уборки плодов томата, огурца, перца и других культур.

Учеными разных стран экспериментально проработаны возможности вертикальных теплиц, а также одного из элементов теплицы-пирамиды – многоярусной узкостеллажной гидропоники. Проводятся теоретические исследования теплиц шестого поколения – полностью закрытых. В литературных данных указывается, что средняя урожайность овощей в теплицах третьего поколения типа «Антроцит» – 40 кг/м<sup>2</sup>, в теплицах четвертого поколения типа «Венло» – 60 кг/м<sup>2</sup>, в теплицах пятого поколения (полузакрытого типа) – 110 кг/м<sup>2</sup>. Плотность установки растений при использовании многоярусной узкостеллажной гидропоники позволяет прогнозировать урожайность до 200 кг/м<sup>2</sup>.

Во многих лабораториях мира идет поиск применения высоких технологий в тепличном овощеводстве для оптимизации эффективности производственной системы теплиц. Среди них такие направления и тенденции, как роботизированные теплицы, нанотехнологии, интерактивная среда, сенсорные и светодиодные системы и др. Развитию вышеуказанных направлений способствует тот факт, что огромные тепличные комплексы вырабатывали свой ресурс дальнейшего технологического и технического развития. Такая организация тепличного производства несет большие энергетические и финансовые потери и представляет серьезную проблему для экологии.

В Беларуси наработки по данным направлениям имеют точечный, ограниченный характер. В Институте природопользования Национальной академии наук Беларуси разработаны и изучаются субстраты, комплексные органоминеральные удобрения и другие продукты на основе торфа, в Институте физико-органической химии созданы ионитные субстраты для выращивания растений, микроэлементное удобрение на основе наночастиц; светодиодные светильники для работы в условиях теплицы – в ЦСОТ НАН Беларуси, сорта овощных культур для выращивания как в открытом грунте, так и в условиях искусственного регулирования микроклимата – в Институте овощеводства, биопестициды, биоудобрения – в Институте микробиологии НАН Беларуси.

Выращивание овощных культур с использованием высоких технологий требует комплексного подхода, который включает подбор сортов, субстрата, оптимизацию технологических параметров, роботизацию процессов подготовки субстрата, посева семян, регулирования микроклимата и обеспечения питания растений, уборки урожая. Глубокое изучение фундаментальных вопросов создания роботизированных теплиц может быть проведено на основе кооперации различных организаций НАН Беларуси в рамках финансирования и реализации комплексной программы.

Современная концепция логистики овощей подразумевает их сбор недозрелыми, использование специальных гибридов с высокими показателями сохраняемости, часто в ущерб питательным

свойствам. Поэтому в супермаркетах они зачастую продаются совершенно безвкусными. Длительная логистическая цепочка от выращивания растений до поступления их урожая конечному потребителю предполагает значительные потери продукции.

В мире прорабатываются различные концепции обеспечения продовольствием, одна из которых включает в себя расширение в населенных пунктах малоэтажной застройки с самообеспечением населения продуктами питания на новой технологической основе: с использованием электрической энергии вместо биогенной. Еще одно направление – городское фермерство с небольшими овощными плантациями на крышах, в подвалах, заброшенных зданиях со специальным утеплением помещений и искусственным освещением. Данные концепции предполагают производство овощей по требованию, прямо с грядки, без потерь вкуса и питательных веществ. Они могут быть реализованы на основе технологии «контейнеров роста» – полностью автоматизированных систем с элементами роботизации и интерактивной среды, с контролем и слежением через сенсоры и светодиоды и управлением через смартфон. 

# ПАРАДОКС

## *OENOTHERA BIENNIS L.*

Продолжение. Начало в №2 за 2021 г.

### Часть II

**Аннотация.** Ранее мы впервые установили, что масло из семян инвазивного вида *O. biennis*, собранных в различных регионах Беларуси, не уступает мировым аналогам по составу и содержанию полиненасыщенных жирных кислот (ПНЖК), в том числе  $\gamma$ -линоленовой кислоты, и характеризуется гиполипидемическим и иммуностимулирующим действием. В настоящей работе продемонстрировано антиоксидантное и протекторное действие масла на кератиноциты человека линии HaCaT в условиях моделируемого окислительного стресса. Составлена карта распространения *O. biennis* и оценены запасы семян по регионам республики. Предполагается, что проведение широкомасштабных исследований *O. biennis* будет способствовать ограничению его экспансии в Беларуси, культивированию и стандартизации сырья для создания отечественных фитопрепаратов медицинского назначения.

**Ключевые слова:** масло *Oenothera biennis*, антиоксидантное и протекторное действие, кератиноциты человека линии HaCaT, ресурсная оценка.

**Для цитирования:** Канделинская О., Грищенко Е., Левкович А., Анисович М. Парадокс *Oenothera biennis* L.: Часть II // Наука и инновации. 2021. №3. С. 57–60. <https://doi.org/10.29235/1818-9857-2021-3-57-60>

**Ольга Канделинская,**  
ведущий научный сотрудник  
Института экспериментальной ботаники  
им. В.Ф. Купревича НАН Беларуси,  
кандидат биологических наук, доцент;  
okandy@yandex.ru

**Елена Грищенко,**  
старший научный сотрудник  
Института экспериментальной ботаники  
им. В.Ф. Купревича НАН Беларуси;  
helegreen@yandex.ru

**Анастасия Левкович,**  
старший научный сотрудник  
Института экспериментальной ботаники  
им. В.Ф. Купревича НАН Беларуси,  
кандидат биологических наук;  
a.shevkunova@mail.ru

**Марина Анисович,**  
научный сотрудник лаборатории  
профилактической и экологической  
токсикологии Республиканского  
Научно-практического центра гигиены;  
m\_anisovich@mail.ru

Энотера двулетняя – *Oenothera biennis* L. рода *Oenothera* L. семейства Кипрейные – *Onagraceae* L. является официальным растением в большинстве стран ЕС и представлена в Европейской фармакопее и в статье ВОЗ, поскольку ее семена содержат ценное масло с высоким содержанием полиненасыщенных жирных кислот (ПНЖК), в том числе  $\gamma$ -линоленовой кислоты, которые используются в медицине для профилактики и в комплексном лечении сердечно-сосудистых заболеваний, диабета, различных нарушений жирового обмена [1–5]. Однако в Государственной фармакопее Республики Беларусь

отсутствуют статьи, касающиеся семян или масла *O. biennis*, в официальной медицине нашей страны растение не используется и масло не производится. В то же время *O. biennis* натурализовалась в Беларуси, и ее распространение приобретает инвазионный характер, как и в ряде регионов России [6–8]. Вместе с тем, учитывая высокий лекарственный потенциал данного вида, представляется целесообразным разработать ограничительные меры, связанные не столько с физическим уничтожением растения, сколько с учетом потенциальной коммерческой выгоды, возникающей при заготовке его семян, получении высококачественного масла, сбалансированного

по составу ПНЖК, и разработке на его основе эффективных фитопрепаратов для медицины.

Цель данной работы – изучение антиоксидантных свойств масла, а также эколого-фитоценологических и географических особенностей *O. biennis*, произрастающей в различных регионах Беларуси.

## ОБЪЕКТ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

В работе использовали семена *O. biennis*, собранные в Минской области доцентом БГУ Г.И. Горбацевичем.

Экстракцию масла из семян *O. biennis* проводили согласно [9], оценку его антиоксидантных свойств – в условиях моделируемого окислительного стресса *in vitro* с использованием культуры кератиноцитов человека линии HaCaT. Схема опыта была следующая: отрицательный контроль – питательная среда (ДМЕМ 90% + эмбриональная телячья сыворотка 10%); положительный контроль (моделируемый окислительный стресс) – 20 мМ раствор тетрахлорметана (ТХМ), который добавляли за 2 часа до окончания эксперимента. Для оценки количества жизнеспособных кле-

ток использовали метилтетразолиевый тест (МТТ), основанный на способности митохондриальных дегидрогеназ метаболически активных клеток восстанавливать соль тетразолина (MTS) в формазан [10]. Клетки HaCaT выращивали в CO<sub>2</sub>-инкубаторе при 37 °С, 5% CO<sub>2</sub>, относительной влажности воздуха 80% в лунках 96-луночных планшетов (посевная концентрация – 50–70 тыс. клеток/мл). На вторые сутки культивирования в емкости с прикрепившимися клетками вносили образцы масла *O. biennis* в различной концентрации. После 24-часовой экспозиции измеряли суммарную активность митохондриальных дегидрогеназ клеток в каждой лунке в метилтетразолиевом тесте фотометрически. Для его проведения использовали набор CellTiter 96® AQueous One Solution Cell Proliferation Assay (MTS), Promega. Для измерения поглощения формазана клетки инкубировали с MTS в течение 2 часов в термостате, замеры проводились при  $\lambda = 490$  нм.

Эколого-фитоценологические и географические исследования популяций *O. biennis* проводили по методам полевого обследования территорий Государственного кадастра растительного мира

Республики Беларусь [11]. Луговые растительные сообщества классифицировали по системе Браун-Бланке [12]. Оценку продуктивности и запасов сырья в конкретных зарослях осуществляли по общепринятым методикам [11, 13]. Региональные запасы и возможные объемы ежегодной заготовки сырья энотеры определяли с помощью разработанного алгоритма кадастровой региональной оценки запасов растительных ресурсов [13].

Статистический анализ. В таблицах представлены средние значения и их стандартные отклонения. Достоверность оценивали по критерию *t*-Стьюдента с учетом дисперсии (F-тест), параметрического статистического метода при помощи программы Statistica 6.0. Критический уровень статистической значимости при проверке статистических гипотез принимали равным 0,05. Данные представляли в виде  $X \pm Sx$ .

## РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Установлено, что в культуре клеток кератиноцитов человека линии HaCaT масло *O. biennis* оказывало протекторное действие в условиях моделируемого окислительного стресса (табл. 1).

Согласно представленным данным, в условиях моделируемого окислительного стресса, возникающего при введении в культуру клеток кератиноцитов человека мембранотропного яда тетрахлорметана, который индуцирует генерацию активных форм кислорода, масло *O. biennis* в диапазоне концентраций 0,5–10 мкл/мл характеризовалось антиоксидантным и протекторным действием. При этом доля жизнеспособных клеток в клеточной культуре была выше на 25–30% по сравнению с контролем.

№	Вариант опыта	Количество жизнеспособных клеток, 72 часа, %
1	Масло (0,01 мкл/мл) + ТХМ	46,1±1,7
2	Масло (0,1 мкл/мл) + ТХМ	49,9±3,1
3	Масло (0,5 мкл/мл) + ТХМ	56,2±8,3
4	Масло (1 мкл/мл) + ТХМ	74,5±3,7*
5	Масло (2 мкл/мл) + ТХМ	77,4±3,2*
6	Масло (5 мкл/мл) + ТХМ	71,8±8,5*
7	Масло (7,5 мкл/мл) + ТХМ	77,4±8,4*
8	Масло (10 мкл/мл) + ТХМ	78,2±5,3*
9	Контроль (питательная среда)	100
10	Контроль (ТХМ) 20 мМ	48,3±5,6

Таблица 1. Влияние масла *O. biennis* на жизнеспособность кератиноцитов линии HaCaT в условиях моделируемого окислительного стресса

\* достоверно при  $p < 0,05$

Эколого-фитоценологические исследования позволили установить, что растения *O.biennis*, собранные в различных регионах Беларуси, относятся к категории светлюбивых. Поселяются на сухих песчаных почвах, от бедных до умеренно богатых азотом. В то же время данный вид отличается широкой экологической амплитудой, что позволяет ему занимать значительные площади. В Беларуси вид хорошо натурализовался, часто встречается по всей территории республики, особенно в западных и южных регионах. Произрастает по опушкам, вырубкам, сухим полянам, соснякам, булавоносцевым и можжевельниковым пустошам, пойменным песчаным гривам, залежам, карьерам, строительным площадкам, пустырям, по обочинам дорог, железнодорожным насыпям, берегам рек и озер. В южной части страны образует сообщества с *Artemisia campestris* L.

При проведении эколого-фитоценологических исследований на заложенных нами 32 пробных площадях в разных районах республики в Витебской, Минской, Гомельской, Гродненской и Могилевской областях *O.biennis* была отмечена в 7 луговых союзах: *Arction (lappae)* (Тх. 1937) Siss 1946 em. Gutte 1972 (на засоренных, умеренно влажных, богатых, слабокислых, нейтральных и щелочных почвах); *Arrhenatherion elatioris* (Br.-Bl. 1925) Koch 1926 (на достаточно увлажненных, но обедненных, нередко с признаками оподзоливания); *Corynephorion canescentis* Klika 1931 (на очень бедных и очень сухих, неразвитых, рыхлопесчаных грунтах); *Cynosurion cristati* Br.-Bl. et Тх. 1943 em. Тх. 1947 (на достаточно увлажненных, обедненных средне- и слабокислых почвах с влиянием фактора вытаптывания); *Dausco-*

*Melilotion (albi)* Görs 1960 em. Eliáš 1980 (на нарушенных, в основном недостаточно увлажненных, обедненных, слабо-, среднекислых и щелочных); *Festucion pratensis* Sipaylova et al. 1985 (на свежих и умеренно увлажненных, достаточно богатых, преимущественно слабокислых); *Sedo-Scleranthion (biennis)* Br.-Bl. 1955 (на бедных, сухих, мелкозернистых и рыхлопесчаных кислых). Среди ненарушенных мест произрастания энотера двулетняя чаще встречалась в союзе *Sedo-Scleranthion (biennis)* на бедных сухих землях. Как правило, проективное покрытие составляло менее 5%, лишь в союзе с *Festucion pratensis* наблюдалось 25% и 50%. В то же время отмечается, что в сообществе *O.biennis-Artemisia campestris* (союз *Dausco-Melilotion*) в юго-восточных районах страны на нарушенных местообитаниях оно может составлять 15–25%.

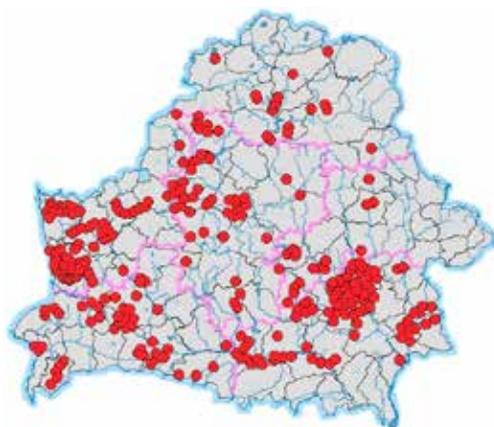
Ресурсную оценку энотеры двулетней в различных областях Беларуси проводили с учетом данных литературы, согласно которым на 1 генеративном побеге растения формируется в среднем  $84 \pm 16$  плодов, 3–7% из которых не успевают созреть. Масса семян в одной коробочке колеблется

от 0,05 до 0,17 г, причем семенная продуктивность высока и составляет около  $8,1 \pm 1,7$  г на 1 побег [9]. Проективное покрытие в популяциях, как правило, не превышает 5%, при этом средняя плотность размещения побегов около 3 экз./м<sup>2</sup>. Нами рассчитаны биологический и эксплуатационный запасы и возможные ежегодные объемы заготовки сырья в различных областях Беларуси (табл. 2).

Запасы *O.biennis* распределены по республике неравномерно. Наибольшие сырьевые ресурсы обнаружены в Брестской, Гомельской и Минской областях, наименьшие – в Витебской, Гродненской и Могилевской. Максимально возможные ежегодные заготовки ее семян сосредоточены в Гомельской области (6,2 т), минимальные – в Гродненской (0,5 т). Согласно данным собственных полевых исследований, литературы и материалам Государственного кадастра растительного мира, собраны сведения о 318 популяциях энотеры двулетней, занимающих общую площадь 120,3 га в 60 административных районах Беларуси. По результатам проведенных исследований построена карта мест произрастания растения на территории нашей страны (рисунок).

Область	Биологический запас, кг	Эксплуатационный запас, кг	Возможные ежегодные объемы заготовки, кг
Брестская	5495,2	4945,7	2472,8
Витебская	1827,4	1644,6	822,3
Гомельская	13791,0	12411,9	6206,0
Гродненская	1182,8	1064,5	532,2
Минская	6745,7	6071,1	3035,6
Могилевская	1774,1	1596,7	798,3
<b>Всего</b>	<b>30816,2</b>	<b>27734,5</b>	<b>13867,2</b>

Таблица 2. Ресурсная характеристика *O.biennis* и нормы изъятия ее сырья в различных областях Беларуси



**Рисунок.** Карта распространения *O. biennis* в Беларуси (отмечены местонахождения, включенные в Государственный кадастр растительного мира [13])

В соответствии с полученными данными, изучаемый вид чаще встречается в Гродненской области (101 место), где занимает площадь около 5,1 га, – в Гродненском (в 34 местах), Берестовицком (17) и Щучинском (14) районах. Так же широко растение распространено в Гомельской области (100 мест). В Брестской области зарегистрировано 45 популяций энотеры, в Витебской – 14, в Минской – 42, в Могилевской – 16. Наибольшие территории произрастания приходятся на Гомельскую (51,7 га), Минскую (25,9 га) и Брестскую (22,7 га)

области. В дальнейшем перечень местонаждений *O. biennis* может изменяться. В этом случае представленная карта будет приводиться в соответствие с поступающими данными.

Полученные результаты свидетельствуют о том, что, поскольку *O. biennis* в Беларуси является инвазивным видом и требуются меры по ограничению его экспансии, представляется целесообразным применять стратегию компромисса. Мы предлагаем использовать существующие запасы растительного сырья (семенного материала) дан-

ного вида, которых, по результатам предварительной ресурсной оценки, достаточно для региональных заготовок, с целью проведения широкомасштабных и систематических исследований его химического состава в зависимости от регионов естественного произрастания. Полученные результаты будут способствовать усовершенствованию стандартизации сырья *O. biennis* и одновременно – разработке экологически безопасных технологий культивирования, сбора и переработки энотеры, что в совокупности позволит организовать использование растительных ресурсов с безусловным соблюдением принципов ВОЗ в контексте контроля качества лекарственных растений и надлежащей практики их культивирования в Беларуси для создания высокоэффективных импортозамещающих фитопрепаратов медицинского назначения [14].

Работа выполнена при финансовой поддержке гранта БРФФИ №Б19-106.

**Summary.** Earlier we found for the first time that oil from the seeds of the invasive species *O. biennis*, collected in various regions of Belarus, is not inferior to world analogues in composition and content of polyunsaturated fatty acids (PUFAs), including  $\gamma$ -linolenic acid, and is characterized by hypolipidemic and immunostimulating effects. This work demonstrates the antioxidant and protective effect of the oil on human keratinocytes of the HaCaT line under simulated oxidative stress. A map of the distribution of *O. biennis* has been compiled and the stocks of seeds have been estimated in the regions of the republic. It is assumed that carrying out large-scale studies of *O. biennis* will help limit its expansion in Belarus, cultivate and standardize raw materials for the creation of domestic herbal medicines for medical purposes.

**Keywords:** *Oenothera biennis* oil, antioxidant and protective effect, human keratinocytes of the HaCaT line, resource assessment.

<https://doi.org/10.29235/1818-9857-2021-3-57-60>

## СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Evening primrose oil, refined // in: European Pharmacopoeia. 8th ed. suppl. 8.0 – Strasbourg: European Department for the Quality of Medicines. 2014. V.2. P. 2206–2207.
2. *Oleum Oenothera biennis* // in: WHO monographs on selected medicinal plants. Geneva, 2002. V.2. P.217–231.
3. Chemical Information Review Document for Evening Primrose Oil (*Oenothera biennis* L.) [CAS No. 90028–66–3] Supporting Nomination for Toxicological Evaluation by the National Toxicology Program November 2009. // [https://ntp.niehs.nih.gov/ntp/noms/support\\_docs/evening\\_primrose\\_nov2009.pdf](https://ntp.niehs.nih.gov/ntp/noms/support_docs/evening_primrose_nov2009.pdf).
4. Куцик Р.В. Энотера двулетняя. *Oenothera biennis* L. subsp. *muricata* Rouy et Gamus. (син. *Onagra biennis* L.) / Куцик Р.В., Зузук Б.М. // Провизор. 2005. Вып. 2–4. // [http://www.provisor.com.ua/archive/2005/N2/art\\_11.php](http://www.provisor.com.ua/archive/2005/N2/art_11.php).
5. Timoszuk M. Evening Primrose (*Oenothera biennis*) Biological Activity Dependent on Chemical Composition / M. Timoszuk, K. Bielawska and E. Skrzydlewska // *Antioxidants*. 2018. 7. 108. doi:10.3390/antiox7080108 // [www.mdpi.com/journal/antioxidants](http://www.mdpi.com/journal/antioxidants).
6. Дубовик Д.В. Черная книга флоры Беларуси: чужеродные вредоносные растения / Д.В. Дубовик [и др.]. – Минск, 2020.
7. Виноградова Ю.К. Чёрная книга флоры Средней России (Чужеродные виды растений в экосистемах Средней России) / Ю.К. Виноградова, С.П. Майоров, Л.В. Хорун – М., 2010 // <http://www.bookblack.ru/plant/39.htm>.
8. Тохтарь В.К. Особенности распространения и инвазивный потенциал видов рода *Oenothera* L. (subsect. *Oenothera*, *Onagraceae*) в Восточной Европе / В.К. Тохтарь, С.А. Грошенко // *Вестник ТвГУ*. 2013. Сер. Биология и экология. Вып. 31. №23. С. 114–122.

Полный список использованных источников размещен

[SEE http://innosfera.by/2018/04/Human\\_genome](http://innosfera.by/2018/04/Human_genome)

Статья поступила в редакцию 21.08.2020

# ИТОГИ И ПЕРСПЕКТИВЫ ИССЛЕДОВАНИЙ В ОБЛАСТИ ПРОБЛЕМ АЛКОГОЛИЗМА

**К 50-летию  
Института биохимии  
биологически активных соединений  
НАН Беларуси  
и 95-летию  
его основателя академика  
Ю.М. Островского**



**Игорь Семенья,**  
директор Института биохимии  
биологически активных соединений НАН  
Беларуси, доктор медицинских наук,  
профессор

**И**нститут биохимии биологически активных соединений НАН Беларуси создан в 1970 г. в г. Гродно (первоначально – в форме Отдела регуляции обмена веществ АН БССР) благодаря усилиям мощного лидера – биохимика, профессора, а впоследствии академика НАН Беларуси, заслуженного деятеля науки БССР Юрия Михайловича Островского, и группы талантливых, целеустремленных научных и научно-педагогических работников Гродненского государственного медицинского института (ГрГМУ).

В основу научной деятельности Отдела было положено междисциплинарное изучение фундаментальных аспектов витаминологии и возможностей применения витаминов, их производных, а также антивитаминов в клинической практике с целью коррекции различных нарушений. С 1973 г. стало разрабатываться второе брендовое направление – исследование биохимических аспектов действия алкоголя на организм и развития алкогольной зависимости, а также возможностей коррекции различных нарушений, вызванных его злоупотреблением. Активная работа в этой области привела к созданию в сентябре 1990 г. на базе Института филиала Всесоюзного научного центра медико-биологических проблем наркологии Минздрава СССР, который



в 1992 г., после распада Союза, был реорганизован в лабораторию медико-биологических проблем наркологии при кафедре биохимии ГрГМУ.

Ю.М. Островский способствовал формированию в Институте ряда научных школ: коферментной витаминологии и нутрициологии члена-корреспондента А.Г. Мойсенка, некоферментной витаминологии профессора В.В. Виноградова, экспериментальной гепатопатологии и гепатоассоциированных внепеченочных заболеваний профессора В.У. Буко, нейрохимии и нейроморфологии алкоголизма профессора С.М. Зиматкина, биохимии и фармакологии аминокислот и их производных профессора Л.И. Нефедова, энзимологии профессора А.И. Воскобоева, биохимии злокачественного роста профессора Р.В. Требухиной.

## Достижения в области алкогольной проблематики

За прошедшие 50 лет коллектив добился значительных успехов в изучении актуальных медико-биологических проблем алкогольной зависимости. По этой тематике было защищено 8 докторских и 22 кандидатские диссертации.

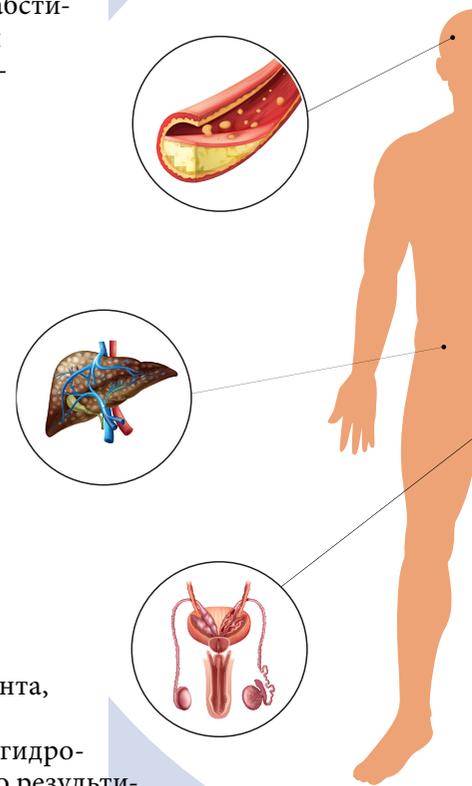
Сформулирована метаболическая концепция развития алкоголизма, суть которой в том, что эндогенные этанол (ЭЭ) и ацетальдегид являются естественными компонентами метаболизма и создают состояние функционального комфорта при их физиологических концентрациях в организме, а их врожденная, генетическая недостаточность приводит к предпочтительному потреблению экспериментальными животными растворов этилового алкоголя вместо воды в условиях свободного выбора. Уровень ЭЭ в тканях «пьющих» крыс (особенно самок) значительно ниже, чем у «непьющих», что связано с уменьшением его синтеза в печени. Факторы, снижающие потребление этанола (тиамин, тиаминдифосфат, холин, рибофлавин, глутамин), повышают содержание ЭЭ в тканях в результате уменьшения его распада, и, наоборот – причины, увеличивающие его потребление (недостаточность тиамина, введение тетрагидроизохинолинов, голодание, стресс), снижают его количество в тканях за счет угнетения его синтеза или активации катаболизма. Таким образом, существует обратная связь между уровнем эндогенного этанола и потреблением алкоголя. Хронический его прием приводит к нарушению нормальной работы биохимических систем обмена ЭЭ, что сопровождается понижением его

содержания. Это объясняет развитие алкогольной зависимости: употребление экзогенного этанола для покрытия искусственно сформированного его дефицита и, соответственно, создания состояния психического и физического комфорта [4, 12, 22, 23]. Статья Ю.М. Островского с изложением этой концепции, опубликованная в 1986 г. в журнале «Alcohol» (США), вызвала огромный интерес.

Значительный вклад в образование эндогенного этанола вносит микрофлора толстого кишечника. По уровню ЭЭ можно прогнозировать выраженность алкогольного предпочтения и тяжесть абстинентных проявлений у пациентов с зависимостью. Выявлены взаимосвязанные циркадные колебания этого показателя, концентрации 11-оксикортикостероидов в крови и тканях у крыс и величины добровольного потребления животными алкоголя [3, 16].

Исследованы особенности топографического распределения в головном мозге каталазы как основного фермента, окисляющего этанол в мозге, и альдегиддегидрогеназы. Показано, что результирующий эффект действия алкоголя на мозг зависит от локального соотношения активности этих ферментов. Избыток ацетальдегида ведет к нарушениям функции, повреждению и гибели клеток, а его недостаток инициирует влечение к выпивке. Активация альдегиддегидрогеназы при хроническом введении алкоголя может рассматриваться как один из механизмов приобретенной устойчивости к нему. Установлена важная роль цитохрома P450 2E1 в окислении этанола в мозге [5, 24].

Генетические линии крыс, предпочитающих и отвергающих алкоголь, различаются по особенностям распределения и обмена отдельных ами-



нокислот в правом и левом полушариях, стволе мозга и мозжечке. У чувствительной к алкоголю линии в левом полушарии и стволе мозга обнаружено преобладание тормозных аминокислот (гамма-аминомасляной кислоты (ГАМК), глицина, таурина) над возбуждающими (аспартат, глутамат). Крысы, отвергающие алкоголь, используют для защиты ЦНС от нейротоксического действия ацетальдегида преимущественно лизин, а чувствительные к нему – гистидин [14, 16].

Изучено состояние ряда нейротрансмиттерных систем мозга при алкогольной интоксикации. Выявлено модулирующее влияние центральных гистаминергических систем на обмен дофамина и серотонина в мозге в условиях действия этанола, исследована роль центральных холинергических систем в механизмах предпочтения и толерантности к этанолу и др. [7, 11, 16, 19].

Установлено, что «пьющие» животные отличаются от «непьющих» по ряду показателей углеводного, белкового и липидного обменов, а также содержанию свободных аминокислот в печени (таурин, треонин), плазме крови (орнитин), моче (таурин, аспартат).

В печени «пьющих» крыс снижено содержание глюкозо-6-фосфата и фруктозо-6-фосфата, что рассматривается как частичный субстратный голод в рамках углеводного обмена, и содержание общих липидов за счет фосфолипидной фракции, хотя синтез липидов у них протекает более интенсивно [10, 13, 16].

Исследован метаболизм углеводов и кетоновых тел при алкогольной интоксикации в условиях введения ингибиторов алкоголь- и альдегиддегидрогеназ. Установлено, что эффекты этанола в отношении обмена углеводов и кетоновых тел опосредуются ацетальдегидом. Значитель-

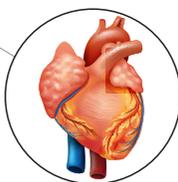
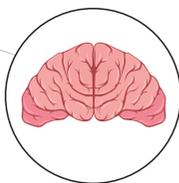
ное повышение концентрации ацетона в крови и моче у лиц с алкогольной зависимостью, принимающих дисульфирам, может быть использовано для контроля за приемом препарата [16].

Сформулирована гипотеза участия незаменимых жирных кислот (НЖК) и простагландинов (ПГ) в патогенезе алкогольного поражения печени. Ее суть сводится к тому, что хроническая алкогольная интоксикация приводит к недостаточности НЖК (снижается их потребление с пищей вследствие угнетения аппетита, нарушается всасывание в желудочно-кишечном тракте в результате развития воспалительных и других деструктивных процессов и т.д.) и, соответственно, ПГ, что в конечном итоге ведет развитию алкогольного гепатоза. Предложены подходы к профилактике и коррекции алкогольного поражения печени, направленные на устранение недостаточности НЖК и повышение содержания ПГ в органе [1].

Обнаружено, что различные отделы желудочно-кишечного тракта отличаются по чувствительности к действию алкоголя. Окислительное повреждение слизистой толстого кишечника ацетальдегидом является потенциальным фактором развития компенсаторной гиперрегенерации и в дальнейшем – канцерогенеза. В связи с тем, что естественная микрофлора толстого кишечника вносит значительный вклад в превращение этанола в ацетальдегид, она, тем самым, способствует увеличению локальной органотоксичности алкоголя и повышению риска малигнизации в слизистой оболочке [16].

При изучении влияния потребления этанола на семенники крыс установлено, что в ранние сроки после попадания спирта в организм проявляется антиоксидантный эффект, в более поздние – прооксидантный. Активация перекисного окисления липидов при острой и хронической алкогольной интоксикации может быть одним из пусковых механизмов угнетения биосинтеза тестостерона в семенниках [2].

Разработаны биохимические тесты для диагностики алкогольной зависимости, например совместное определение активностей алкогольдегидрогеназы, альдегиддегидрогеназы и гамма-глутамилтрансферазы. Выявлено, что показатели содержания в крови этанола, ацетальдегида, ацетата, метанола, ацетона, лактата и пирувата коррелируют с тяжестью алкогольного абстинентного синдрома у пациентов с зависимостью, наличием алкогольного делирия и влечением к алкоголю [16].



Установлено, что витамины (тиамин, рибофлавин, пиридоксин, пантотенат, никотинамид, фолиевая кислота) в повышенных дозах благоприятно влияют на обменные процессы при алкогольной интоксикации. Пантетин и кальция пантотенат заметно ускоряют выведение этанола из организма. У пациентов с зависимостью применение комплекса витаминов заметно улучшает функции печени. Установлена высокая эффективность комбинации глутамина, липоевой кислоты и ацетилцистеина как гепатопротекторного средства при алкогольной интоксикации и для лечения проявлений абстинентного синдрома, а также комбинации  $\alpha$ -кетоглутарата, сукцината натрия и аспарагиновой кислоты при острой интоксикации и расстройствах, отмечаемых в постинтоксикационный период. Хорошие результаты получены при купировании алкогольного делирия с помощью пантетина и абстинентного синдрома лекарственным средством «Полиамин» (композиция 13 L-аминокислот), что позволило существенно сократить сроки и повысить эффективность лечения пациентов [9, 13–15].

Установлено, что синтетический гормон тиролиберин (трипептид) и его пентапептидный аналог (созданы в Институте биоорганической химии НАН Беларуси) обладают антиалкогольными, нейро- и гепатопротекторными свойствами, уменьшают потребление этанола экспериментальными животными в условиях сформированной мотивации к этому после лишения алкоголя, снижают проявления абстиненции, выраженность деструктивных морфологических изменений в коре больших полушарий и мозжечке у крыс при хронической алкогольной интоксикации [6].

Изучено гепатозащитное и антифиброзное (антициррозное) действие ряда субстанций растительного (бетулин, берберин, куркумин, масло огуречника лекарственного, сезамин, силимарин, хлорогеновая кислота и др.) и животного (урсодезоксихолевая, тауроурсодезоксихолевая кислоты и др.) происхождения, которые эффективны и при алкогольной болезни печени. Разработаны и выпускаются фармацевтической промышленностью Республики Беларусь «Биеносилим» (биен – комплекс этиловых эфиров ненасыщенных жирных кислот из липидов мицеллярного гриба *Entomophthora virulenta*; силимарин – смесь 4 изомеров флавонолигнанов плодов расторопши пятнистой) и «Урсаклин» (урсодезоксихолевая кислота). Институт принимал участие в разработке ряда лекарствен-

ных средств на основе высокоочищенных L-аминокислот и их производных, применяемых при лечении пациентов с алкогольной интоксикацией, в том числе при алкогольном поражении печени – «Таурин», «Лейцин», «Тавамин», «Триптофан», «Глицин», «Гексаминат», «Гепамин», «Нейрамин», «ГепталНАН» и др. [8, 11, 21].

Значительные достижения Института явились основанием для создания в 2015 г. на его базе Международного научного центра проблем алкоголизма. Установлены творческие связи Центра с Европейским и Международным обществами по биомедицинским исследованиям этой тематики, Национальным медицинским исследовательским центром психиатрии и наркологии им. В.П. Сербского Минздрава России, и многими другими зарубежными организациями.

В последние годы спектр исследований Института дополнен эпидемиологическими аспектами алкопотребления и алкопатологии. Так, изучено влияние повышения цен на водку на уровень ее востребованности в Беларуси и России, структуры продажи спиртосодержащих напитков на уровень суицидов. Получены новые данные о ритмологических особенностях заболеваемости алкогольными психозами в Беларуси и т.д. [17].

## Биохимия, молекулярная генетика и фармакотерапия алкогольной зависимости

В планах Института биохимии биологически активных соединений НАН Беларуси продолжать исследования в области проблем алкоголизма и развивать следующие актуальные направления.

**Изыскание средств, подавляющих алкогольную мотивацию, среди известных лекарственных препаратов, изучение механизмов их антиалкогольного действия и применения по новому показанию.**

В рамках ГПНИ «Химические материалы и технологии» (подпрограмма «Фармакология и фармация») выполнено задание «Исследование представителей классов фибратов (фенофибрат, безафибрат), тиазолидиндионов (пиоглитазон) и бигуанидов (метформин) с целью снижения алкогольной зависимости» (2019–2020 гг.). Основные эффекты указанных лекарственных средств – гиполипидемический и антидиабетический – гипогликемический. Клинические наблюдения за пациентами, страдающими нару-

шениями липидного обмена, атеросклерозом, сахарным диабетом и принимающими соответствующие лекарства, позволили обнаружить новый эффект: подавление желания употреблять алкоголь. Один из возможных его механизмов – влияние на PPAR-рецепторы головного мозга, что и изучалось в рамках данного проекта [18].

Намечено также провести сравнительный анализ химического строения известных препаратов, способных снижать алкогольную мотивацию, и других лекарств, производящихся мировой фармацевтической промышленностью, в том числе с использованием компьютерного дизайна. Потребуется и изучение возможного антиалкогольного эффекта у известных лекарств, действующих на рецепторы, через которые опосредуется подавление алкогольной зависимости.

**Поиск и исследование новых биологически активных веществ природного происхождения и соединений, полученных путем химического синтеза, с антиалкогольными свойствами:**

- подавлением алкогольной мотивации;
- снижением выраженности похмельного синдрома;
- уменьшением токсического влияния алкоголя на организм.

Продолжится сотрудничество с Институтом биоорганической химии НАН Беларуси в области скрининга синтетических пептидов на предмет выявления антиалкогольных свойств и разработки на их основе новых препаратов.

Совместно с ИБОХ НАН Беларуси и НПЦ «ЛОТИОС» планируется создание производства нового лекарственного средства на базе пентапептидного аналога тиролиберина, обладающего кроме антиалкогольных свойств способностью подавлять развитие судорожного синдрома как одного из возможных проявлений алкогольной абстиненции.

Рассматривается вопрос об углубленном изучении и дальнейшем использовании в клинической практике других эндогенных пептидов (полипептидов), влияющих, в частности, на липидный и углеводный обмен, выраженность алкогольной мотивации – грелина, амилина, нейрпептида Y и др.

**Разработка высокоспецифичных технологий лабораторной диагностики алкогольной зависимости с использованием биохимических маркеров для клинической и экспертной практики.**

Несмотря на длительную историю изучения возможных маркеров для проведения био-

химической диагностики алкогольной зависимости и интоксикации, а также большую востребованность такого анализа практическим здравоохранением и правоохранительными органами, в нашей стране до сих пор отсутствуют утвержденные методики. Их разработка – одна из важнейших задач.

В качестве возможных маркеров могут использоваться как прямые – этилглюкуронид, фосфатидилэтанол, этиловые эфиры жирных кислот; ацетальдегидные аддукты с аминокислотами, пептидами, ДНК, дофамином (сальсолинол) и другими метаболитами, так и непрямые – карбогидратдефицитный трансферрин, 5-гидротриптофол и др. при обязательном учете их количественных соотношений в организме.

Особый интерес представляют аддукты ацетальдегида с различными метаболитами, в частности соединение сальсолинол, обладающее морфиноподобными свойствами.

**Изучение влияния остро и хронического употребления алкоголя на активность генов, ассоциированных с возникновением различных заболеваний:**

- онкологических (рак пищевода, желудка, печени, поджелудочной железы, толстой кишки, гортани, легких, молочной железы, предстательной железы и др.);
- алкогольной болезни печени (жировой гепатоз, стеатогепатит, фиброз, цирроз);
- алкогольной кардиомиопатии.

**Выявление генетических маркеров предрасположенности к развитию алкогольной зависимости, связанных с обменом этанола в организме и функционированием рецепторных систем головного мозга, регулирующих эффекты действия алкоголя на психику.**

Представляет интерес изучение в белорусской популяции когорты лиц с алкогольной зависимостью и устойчивых к ней по критериям полиморфизма генов, определяющих:

- обмен этанола в организме (гены алкогольдегидрогеназы, альдегиддегидрогеназы, каталазы, цитохрома P-450 и др.);
- синтез, количественное распределение и функциональную активность отдельных рецепторов в ткани головного мозга, связанных с эффектами действия алкоголя на психику (эйфория, психическая зависимость): рецептор нейрокинина-1(NK1R), ГАМКа-рецепторы (GABA A), Toll-подобный рецептор-3 (TLR3) и др.

**Экспериментальное обоснование рецептур новых линий водок со сниженной токсичностью.**

В рамках сотрудничества с ОАО «Гродненский ликеро-водочный завод» и НПЦ по продовольствию НАН Беларуси планируется разработка новых линий водок, содержащих в своем составе биологически активные вещества растительного происхождения, позволяющие:

- *уменьшить токсическое влияние алкоголя на организм;*
- *снизить проявления похмельного синдрома;*
- *улучшить вкусовые качества продукции;*
- *сократить частоту развития алкогольной зависимости.*

Готовится заявка на проект по изучению токсических свойств самодельного алкоголя, производимого в разных регионах Беларуси, и составлению карты районирования суррогатов алкоголя по степени токсичности. Собрана их коллекция из разных регионов республики (несколько десятков образцов) для проведения химического и биологического анализа.

С частным фармацевтическим предприятием проведены исследования по разработке рецептур растворимых шипучих таблеток для снятия (облегчения) похмельного синдрома. Их выпуск запланирован в 2021 г.

В связи с тем, что алкоголизм часто сопровождается тяжелыми поражениями печени (стеатогепатит, фиброз, цирроз, рак) и развитием сахарного диабета, будет продолжаться работа по изучению и внедрению в клиническую практику и пищевую промышленность (создание специализированных продуктов питания с соответствующими добавками) соединений природного происхождения, обладающих гепатозащитным и антифиброзным (антициррозным) действием, а также проявляющих антидиабетическую активность.

Одно из перспективных соединений, обладающее одновременно гепатозащитным и антидиабетическим действием, – лупановый тритерпеноид бетулин, выделенный из коры березы и чаги. Выраженный антидиабетический эффект выявлен у антоцианидинов краснокочанной капусты и др. [20, 21].

Разработка коллектива авторов Института биохимии биологически активных соединений НАН Беларуси и ГрГУ по восстановлению клеток печени при хронических диффузных заболеваниях органа, в том числе алкогольном стеатогепатите, комплексом биологически активных соединений, обладающих антиоксидантным и противовоспалительным действием, включена НАН Беларуси в ТОП-10 научных результатов за 2020 г.

Кроме того, кандидатская диссертация «Регуляция функциональной активности митохондрий печени крыс комплексами включения полифенолов с  $\beta$ -циклодекстринами», выполненная преподавателем ГрГУ Татьяной Ильич, в том числе, в Институте биохимии биологически активных соединений НАН Беларуси, с использованием модели алкогольного стеатогепатита у крыс, признана ВАК победителем ежегодного конкурса на лучшую докторскую и кандидатскую диссертации в номинации «Естественные науки» за 2020 г.

В 2021 г. в Институте основные исследования в области проблем алкоголизма будут ориентированы на изучение структурно-функционального состояния митохондрий головного мозга, состава макро- и микроэлементов в сердце при алкогольном абстинентном синдроме; выяснение витаминно-микроэлементных взаимоотношений в организме в условиях хронической алкогольной интоксикации, их роли в патогенезе алкогольной кардиомиопатии (с разработкой технологий профилактики и коррекции нарушений индивидуальными и комбинированными средствами метаболической терапии природного происхождения с нейро- и кардиопротекторными свойствами); исследование гепатопротекторной активности метаболитических предшественников никотинамидадениндинуклеотида и т.д.

Накопленный опыт, достигнутые успехи и актуальность решаемых задач дают основания уже сейчас считать Институт крупным научным центром по решению фундаментальных и прикладных проблем алкогольной зависимости. ■

## СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Буко В.У. Простагландины при алкогольном поражении печени. – Минск, 1991.
2. Буко В.У. Метаболические последствия алкогольной интоксикации / В.У. Буко, О.Я. Лукивская, А.М. Хоха. – Минск, 2005.
3. Пронько П.С. Взаимосвязь суточных ритмов уровня эндогенного этанола и 11-оксикортикостероидов в организме крыс / П.С. Пронько [и др.] // Весці АН БССР. Сер. біял. навук. 1987. №2. С. 79–82.
4. Зиматкин С.М. Недостаточность тиамин в организме как предпосылка и следствие повышенного потребления алкоголя / С.М. Зиматкин, Т.И. Зиматкина, Ю.М. Островский // Весці АН БССР. Сер. біял. навук. 1996. №3. С. 75–79.
5. Зиматкин С.М. Альдегиддегидрогеназная система мозга: связь с устойчивостью и влечением к алкоголю / Успехи совр. биол. 1991. Т. 52., №5. С. 654–666.
6. Бородина К.В. [и др.] Исследование влияния тиролиберина и его аналога Gpr-His-Pro-Gly-Pro-NH<sub>2</sub> на токсичность этанола при хронической алкогольной интоксикации // Актуальные медико-биологические проблемы алкогольной и других химических зависимостей: сб. науч. ст. междунар. научно-практич. конф., Гродно, 3–4 октября 2019 г. / Минск, 2019. С. 16–21.

Полный список использованных источников размещен

 [SEE http://innosfera.by/2021/03/alcoholism](http://innosfera.by/2021/03/alcoholism)

# РАЗЛИЧИЯ ПАРАМЕТРОВ НЕПАРНЫХ ВЕТВЕЙ БРЮШНОГО ОТДЕЛА АОРТЫ У МУЖЧИН С РАЗЛИЧНЫМИ ТИПАМИ ТЕЛОСЛОЖЕНИЯ

УДК 611.132-055.1-056.23



**Вячеслав Гришечкин,**  
студент лечебного факультета Гомельского государственного медицинского университета, medical student member of the American college of surgeons; slava.kefir.grishechkin@gmail.com



**Даниил Введенский,**  
заведующий курсом оперативной хирургии и топографической анатомии Гомельского государственного медицинского университета, кандидат медицинских наук, доцент; vdv2032@mail.ru

Основным источником кровоснабжения органов брюшной полости и забрюшинного пространства являются ветви брюшной аорты. Она располагается на передней поверхности позвоночника несколько левее срединной плоскости, а на уровне IV поясничного позвонка делится на правую и левую общие подвздошные артерии [4, 7, 10]. Ее непарные ветви – чревный ствол, верхняя и нижняя брыжеечные артерии. Устье чревного ствола располагается на уровне нижнего края XII грудного позвонка, что совпадает примерно с верхним краем поджелудочной железы [9]. Однако описаны случаи его отхождения на уровне верхнего края I поясничного позвонка [1, 2].

**Аннотация.** Авторами проведен анализ компьютерных сканов брюшной части аорты и ее непарных ветвей у взрослых мужчин различных типов телосложения, определенных согласно классификации В.Н. Шевкуненко и значению индекса Пинье. Выявлены особенности морфометрических параметров этих сосудов, зависящие от телосложения пациентов, а также установлено, что индекс Пинье обеспечивает большее количество различий сравниваемых параметров, в том числе зависящих от типа и степени развития абдоминальной жировой клетчатки.

**Ключевые слова:** брюшная аорта, непарные ветви брюшной аорты, классификация В.Н. Шевкуненко, индекс Пинье, тип телосложения.

**Для цитирования:** Гришечкин В., Введенский Д. Различия параметров непарных ветвей брюшного отдела аорты у мужчин с различными типами телосложения // Наука и инновации. 2021. №3, С. 67–71. <https://doi.org/10.29235/1818-9857-2021-3-67-71>

Верхняя брыжеечная артерия (ВБА) отходит от передней стенки аорты либо незначительно отклоняется к ее правой или левой стенке на уровне от XII грудного позвонка до межпозвоночного диска между I–II поясничными позвонками [3].

Нижняя брыжеечная артерия (НБА) отходит от дистального отдела аорты на уровне II–IV поясничных позвонков [6], по данным большинства авторов – от нижнего края III [3].

Следует отметить, что в литературе сведения об основных морфометрических параметрах непарных ветвей представлены недостаточно подробно [5, 7, 9]. В основном приводятся данные об их изменении в зависимости от пола

и возраста [8, 11–13]. В ряде работ освещены изменения сосудистой морфологии ветвей брюшной аорты после оперативных вмешательств [14].

Целью исследования было изучение особенностей морфометрических параметров непарных ветвей аорты у мужчин с различными типами телосложения.

## МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Был проведен анализ 93 компьютерных сканов непарных ветвей аорты у мужчин. Согласно принятой в анатомии классификации типов телосложения В.Н. Шевкуненко, все исследованные пациенты были разделены на три группы: I – с долихоморфным; II – мезоморфным; III – брахиморфными типами телосложения. Для их определения использовался индекс телосложения: отношение длины туловища к длине тела, умноженное на 100%. Значение менее 28,5 соответствовало долихоморфному типу; более 31,5 – брахиморфному, остальные – мезоморфному типу.

Также применялся индекс Пинье, являющийся показателем крепости телосложения, который определялся по формуле  $P - (M + ОГК)$ , где  $P$  – рост человека,  $M$  – вес тела;  $ОГК$  – объем грудной клетки в покое. М.В. Черноуцкий (1929) использовал его для определения типа конституции. Согласно предложенной им классификации, у нормостеников индекс Пинье равен 10–30, астеников – больше 30, гиперстеников – меньше 10, в соответствии с чем все обследованные пациенты также были поделены на три группы.

Каждому исследуемому выполнялась мультисрезовая спиральная компьютерная томография на компьютерном томографе «LightSpeed 16 Pro» фирмы «General Electric». Толщина реконструктивного среза получаемых изображений 0,5 мм. Проводилось болюсное внутривенное контрастирование с использованием «Visipaque» для оценки сосудов (КТ-ангиография). Анализ полученных данных осуществлялся на индивидуальной компьютерной рабочей станции врача-рентгенолога «AW VolumeShare 7» с использованием специализированного программного пакета для изучения сосудистой системы (Vascular: Aorta CT). Морфометрические параметры (длина сосудов, углы их отхождения, диаметр и т.д.) были получены в наиболее репрезентативных для каждого параметра проекциях (двухмерной, криволинейной, мультипланарной, максимальной интенсивности, объемном рендеринге).

Статистическая обработка результатов выполнена с помощью пакета прикладных программ «Statistica» 13.3. trial. Нормальность распределения числовых знаков определялась с помощью теста Лиллиефорса. Результаты представлены в формате  $(M \pm SD)$ , где  $M$  – средняя арифметическая,  $SD$  – стандартное отклонение. Для выявления значимости различия между средними величинами определялся  $t$ -критерий Стьюдента. Результаты анализа считались статистически значимыми при значении коэффициента  $p < 0,05$ .

## РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Анализ результатов показывает, что статистически значимые различия ( $p > 0,05$ ) у мужчин различных типов телосложения согласно классификации В.Н. Шевкуненко имеются по 9 параметрам (табл. 1).

Максимальных значений диаметр чревного ствола достигает у брахиморфов. Диаметр селезеночной артерии и наибольший диаметр НБА статистически достоверно различаются только между крайними типами телосложения: первый параметр – на 0,4 мм, второй – на 0,6 мм. В то же время диаметр левой желудочной артерии имеет достоверные различия также между группами долихо- и мезоморфов, а также брахи- и мезоморфов. Диаметр общей печеночной артерии и наибольший диаметр ВБА не имеют статистически достоверных различий между выделенными группами. Однако при этом наибольшая разница в диаметре ВБА на уровне 5 мм дистальнее устья подвздошно-ободочной артерии наблюдается между мезо- и брахиморфами (0,4 мм).

Длина основного ствола НБА достоверно больше у брахиморфов по сравнению с другими типами телосложения. Различия в значениях данного показателя составляют 14,1 мм между крайними формами. При этом длина чревного ствола и основного ствола ВБА типовых особенностей не имеют.

Расстояние между центрами устьев нижней брыжеечной и дистальнее расположенной почечной артерии достигает наибольших значений у долихоморфов. Его средние значения в данной группе составляют  $63,8 \pm 2,1$  мм, в то время как у брахиморфов –  $56,6 \pm 1,5$  мм. Расстояние между центром устья НБА и бифуркацией аорты имеет динамику. Так, его средние значения в группе доли-

хоморфов на 6,1 мм меньше, чем у брахиморфов. Следует отметить, что из изученных угловых параметров достоверно отличается только угол отхождения ВБА, а угол отхождения чревного ствола не имеет выраженных типовых особенностей.

По индексу Пинье статистически значимые различия у мужчин различных типов телосложения имеются по 13 параметрам (табл. 2).

Наибольший диаметр чревного ствола, а также диаметры левой желудочной и печеночной артерий имеют достоверные различия только между крайними типами телосложения, в то время как значения диаметра ВБА на разных уровнях и наибольшего диаметра НБА статистически отличаются во всех выделенных группах.

В процентном соотношении наибольшая разница характерна для диаметров верхней и нижней брыжеечных артерий. Так, наибольший

диаметр НБА на 41,2%, а диаметр ВБА на 36,1% больше (на уровне 5 мм дистальнее устья подвздошно-ободочнокишечной артерии) при гиперстеническом типе телосложения по сравнению с астеническим. В то же время разница в значении диаметра левой желудочной артерии между крайними группами составляет 21,9%, диаметра селезеночной артерии – 15,8%, а наибольшего диаметра чревного ствола всего 9,3%.

Длина и чревного ствола, и основного ствола НБА и ВБА также имеют выраженные типовые особенности. При этом, если первые два параметра достоверно больше у лиц гиперстенического типа, то значения длины основного ствола ВБА в среднем на 6,1 мм больше у астеников.

Расстояние между центрами устьев верхней брыжеечной и проксимальнее расположенной почечной артерий также различается

МОРФОМЕТРИЧЕСКИЙ ПАРАМЕТР	ТИП ТЕЛОСЛОЖЕНИЯ		
	Долихоморфный (n=27)	Мезоморфный (n=31)	Брахиморфный (n=35)
Длина ЧС, мм	25,0±0,9	26,2±0,9	27,3±0,9
Наибольший диаметр ЧС, мм	7,5±0,3	8,2±0,2	8,5±0,2*
Угол отхождения ЧС, °	34,8±3,2	41,7±2,3	41,1±2,5
Диаметр селезеночной артерии, мм	6,1±0,1#	6,7±0,3	6,5±0,1*
Диаметр общей печеночной артерии, мм	5,6±0,2	5,4±0,2	5,8±0,2
Диаметр левой желудочной артерии, мм	3,3±0,1#	3,6±0,1×	4,1±0,1*
Расстояние между центрами устьев ЧС и ВБА, мм	19,3±0,3	18,1±0,4	19,1±0,5
Длина основного ствола ВБА, мм	201,3±3,8	204,9±3,3	207,3±2,8
Наибольший диаметр ВБА (начальные отделы), мм	7,9±0,1	8,2±0,2	8,3±0,1
Диаметр ВБА на уровне 5 мм дистальнее устья подвздошно-ободочно-кишечной артерии, мм	5,1±0,2#	4,7±0,1×	5,3±0,2
Угол отхождения ВБА, °	51,3±4,2	53,2±3,0×	63,4±2,9*
Аорто-мезентериальное расстояние, мм	15,3±1,1	16,8±0,9	18,2±1,2
Расстояние между центрами устьев ВБА и проксимальнее расположенной почечной артерии, мм	9,9±1,0	12,2±1,1	9,2±0,9
Расстояние между центрами устьев ВБА и НБА, мм	74,8±2,1	79,1±2,1	74,1±1,5
Длина основного ствола НБА, мм	54,0±2,0	57,8±2,6	68,1±4,7*
Наибольший диаметр НБА (начальные отделы), мм	3,8±0,1×	4,2±0,1	4,4±0,1*
Расстояние между центрами устьев НБА и дистальнее расположенной почечной артерии, мм	63,8±2,1	61,9±1,7#	56,6±1,5*
Расстояние между центром устья НБА и бифуркацией аорты, мм	39,7±1,8	41,3±1,6#	45,8±1,2*

Таблица 1. Морфометрическая характеристика непарных ветвей аорты у мужчин в зависимости от типа телосложения по В.Н. Шевкуненко

\* – различия с группой долихоморфов; # – различия с группой мезоморфов; × – различия с группой брахиморфов (p<0,05)

МОРФОМЕТРИЧЕСКИЙ ПАРАМЕТР	ТИП ТЕЛОСЛОЖЕНИЯ		
	Астенический (n=16)	Нормостенический (n=30)	Гиперстенический (n=47)
Длина ЧС, мм	22,3±1,2#	26,8±1,0	27,0±0,8*
Наибольший диаметр ЧС, мм	7,5±0,1#	8,1±0,2	8,2±0,2*
Угол отхождения ЧС, °	29,1±2,0#	40,3±2,5	41,7±2,2*
Диаметр селезеночной артерии, мм	5,7±0,2#	6,3±0,2	6,6±0,1*
Диаметр общей печеночной артерии, мм	5,6±0,3	5,5±0,2	6,1±0,2
Диаметр левой желудочной артерии, мм	3,2±0,1#	3,8±0,1	3,9±0,1*
Расстояние между центрами устьев ЧС и ВБА, мм	18,2±0,5	19,0±0,5	19,3±0,4
Длина основного ствола ВБА, мм	213,1±3,3#	198,2±3,1×	207,0±2,8
Наибольший диаметр ВБА (начальные отделы), мм	7,1±0,2#	7,8±0,1×	8,5±0,3*
Диаметр ВБА на уровне 5 мм дистальнее устья подвздошно-ободочно-кишечной артерии, мм	4,3±0,1#	5,1±0,1×	5,6±0,2*
Угол отхождения ВБА, °	33,1±3,7#	56,3±2,9	64,1±2,5*
Аорто-мезентериальное расстояние, мм	8,3±0,6#	17,1±0,6	19,5±1,2*
Расстояние между центрами устьев ВБА и проксимальнее расположенной почечной артерии, мм	8,3±1,1	10,2±0,9	11,3±0,8
Расстояние между центрами устьев ВБА и НБА, мм	73,7±3,2	77,6±1,1	75,1±1,7
Длина основного ствола НБА, мм	50,2±2,6#	57,4±1,9	62,3±2,5*
Наибольший диаметр НБА (начальные отделы), мм	3,4±0,1#	4,3±0,1×	4,8±0,1*
Расстояние между центрами устьев НБА и дистальнее расположенной почечной артерии, мм	63,8±2,7	63,7±1,6×	57,2±1,5*
Расстояние между центром устья НБА и бифуркацией аорты, мм	39,9±2,7	41,1±1,6	44,2±1,2

Таблица 2. Морфометрическая характеристика непарных ветвей аорты у мужчин в зависимости от типа телосложения по индексу Пинье

\* – различия с группой астенического типа; # – различия с группой нормостенического типа; × – различия с группой гиперстенического типа (p<0,05)

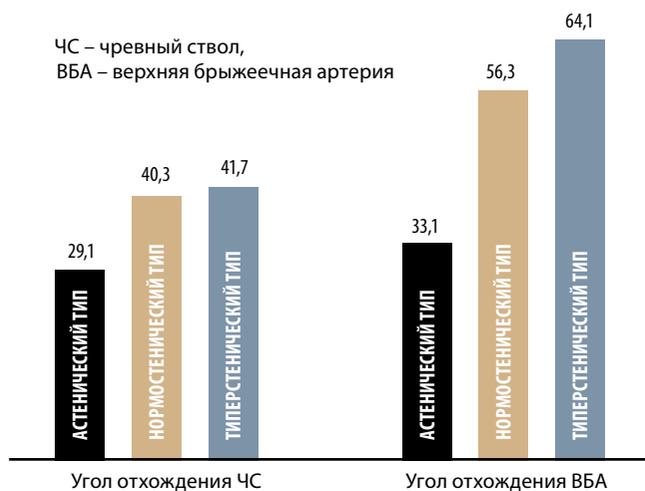


Рисунок. Средние значения изученных угловых параметров в зависимости от типа телосложения по индексу Пинье.

между нормо- и гиперстениками (на 6,5 мм), а также между гипер- и астениками (на 6,6 мм).

Аорто-мезентериальное расстояние достоверно различается между нормо- и астениками (на 8,8 мм) и между гипер- и астениками (на 11,2 мм).

В отличие от групп, выделенных согласно классификации В.Н. Шевкуненко, в группах, систематизированных по значению индекса Пинье, различия наблюдаются по всем угловым параметрам. Так, угол отхождения чревного ствола в группе нормостеников в среднем на 11,2° больше, чем у астеников (в процентном отношении – на 38,5%), а у гиперстеников – на 12,6°, чем у астеников (на 43,3% больше). Различия в значениях угла отхождения ВБА между крайними типами телосложения по Пинье достигают 31°, что в процентном соотношении составляет 93,7% (рисунок).

## ВЫВОДЫ

Сравнительный анализ линейных и угловых параметров непарных ветвей брюшной аорты показал наличие достоверных различий у представителей разных типов телосложения. Наиболее информативные данные получены при использовании индекса Пинье.

При их интерпретации следует обратить внимание на то, что классификация В.Н. Шевкуненко отражает в большей степени линейные параметры тела, а индекс Пинье – еще и объемные (обхват груди, массу тела). Поэтому последний обеспечивает большее количество различий сравниваемых параметров, в том числе зависящих от типа и степени развития абдоминальной жировой клетчатки. Вероятно, данное обстоятельство объясняет тот факт, что между типами телосложения по В.Н. Шевкуненко имеется меньше статистически достоверных различий по параметрам непарных ветвей брюшной части аорты – отличается только угол отхождения верхней брыжеечной артерии, а между конституциональными типами, выделенными с использованием индекса Пинье, существенные различия наблюдаются по всем угловым параметрам.

Следует отметить, что различные варианты строения непарных ветвей брюшной

аорты и их морфометрических характеристик имеют не только анатомический интерес, но и клиническое значение при проведении ангиографии, оперативных вмешательств на органах гастропленопанкреатодуоденальной зоны, химиоэмболизации и лимфодиссекции. Также данные сведения необходимы для более точной интерпретации результатов рентгенологических методов исследований. ■

■ **Summary.** The article studies the features of the morphometric parameters of unpaired branches of the abdominal aorta in men with different types of physique. An analysis was made of computer scans of the abdominal part of the aorta and its unpaired branches in adult men with different body types, according to the classification by V.N. Shevkunenko and According to Pignet index. When using the index V.N. Shevkunenko from the studied angular parameters reliably differs only the angle of discharge of the superior mesenteric artery, in groups systematized by the Pignet index, differences are observed in all angular parameters. Due to the fact that the classification by V.N. Shevkunenko reflects to a greater degree the linear parameters of the body, and the Pignet index is also voluminous (chest girth, body weight), the latter provides a greater number of differences in the compared parameters of the abdominal aorta and its unpaired branches, including those depending on the type and degree of development of the abdominal fat fiber.

■ **Keywords:** abdominal aorta, unpaired branches of the abdominal aorta, classification V.N. Shevkunenko, Pignet index, body type.

■ <https://doi.org/10.29235/1818-9857-2021-3-67-71>

## СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Бархатов И.В., Бархатова Н.А. Эхографические способы диагностики и нормальные показатели кровотока в непарных висцеральных ветвях брюшной аорты // Вестник новых медицинских технологий. 2016.
2. Великорецкий А.Н. Оперативное лечение рака поджелудочной железы. – М., 1959.
3. Сапин М.П. Анатомия человека. – М., 1997.
4. Семиошко Н.В. Вариантная анатомия ветвления чревного ствола и прилежащих к нему лимфатических узлов // Педиатрический вестник Южного Урала. 2015. №1. С. 37–42.
5. Da Silveira L.A., Silveira F.B.C., Fazan V.P.S. Arterial diameter of the celiac trunk and its branches: anatomical study // Acta Cirurgica Brasileira. 2009. №24 (1). P. 43–47.
6. Gangam R.R., Lakmala V. A morphometric study of branching pattern of Inferior Mesenteric artery // International Journal of Pharma and Bio Sciences. 2016. №7 (2). P. 19–25.
7. Joh J.H., Ahn H.J., Park H.C. Reference Diameters of the Abdominal Aorta and Iliac Arteries in the Korean Population // Yonsei Medical Journal. 2013. №54 (1). P. 48–54.
8. Länne T., Sonesson B., Bergqvist D., Bengtsson H., Gustafsson D. Diameter and compliance in the male human abdominal aorta: Influence of age and aortic aneurysm // European Journal of Vascular Surgery. 1992, №6 (2). P. 178–84.
9. Malnar D., Klasan G., Miletić D., Bajek S., Vranić T.S., Arbanas J., Bobinac D., Coklo M. Properties of the Celiac Trunk – Anatomical study // Coll. Antropol. 2010. №34 (3). P. 917–921.
10. Solberg S., Forsdahl S.H., Singh K., Jacobsen B.K. Diameter of the Infrarenal Aorta as a Risk Factor for Abdominal Aortic Aneurysm: The Tromsø Study, 1994–2001 // European Journal of Vascular and Endovascular Surgery. 2010. №39 (3). P. 280.
11. Songür A., Toktaş M., Alkoç O., Acar T., Uzun İ., Baş O., et al. Abdominal Aorta and Its Branches: Morphometry – Variations In Autopsy Cases // European Journal of General Medicine. 2010. №7. P. 321–325.
12. Tanka M., Abazaj E. Anatomical variations of celiac trunk anatomy and their clinical importance // Int. J. of science and research. 2013. №4 (12). P. 12–14.
13. White R.D., Weir-McCall J.R., Sullivan C.M., Mustafa S.A.R., Yeap P.M., Budak M.J., et al. The Celiac Axis Revisited: Anatomic Variants, Pathologic Features, and Implications for Modern Endovascular Management // RadioGraphics. 2015. №35(3). P. 879–898.
14. Winston C.B., Lee N.A., Jarnagin W.R., Teitcher J., DeMatteo R.P., Fong Y., et al. CT Angiography for Delineation of Celiac and Superior Mesenteric Artery Variants in Patients Undergoing Hepatobiliary and Pancreatic Surgery // American Journal of Roentgenology. 2007. №1 (189). P. 13–19.

Статья поступила в редакцию 10.07.2020

SEE <http://innosfera.by/2021/03/aorta>

# ВЫБОР МЕТОДОВ ФИКСАЦИИ КОСТНЫХ ФРАГМЕНТОВ ПРИ АУТОПЛАСТИКЕ ДЕФЕКТОВ ДЛИННЫХ ТРУБЧАТЫХ КОСТЕЙ

**Дмитрий Ладутько,**

врач-хирург микрохирургического отделения Минской областной клинической больницы

**Владимир Подгайский,**

доктор медицинских наук, профессор, заведующий кафедрой пластической хирургии и комбустиологии БелМАПО

**Юрий Ладутько,**

кандидат медицинских наук, доцент кафедры травматологии и ортопедии БелМАПО

**Олег Кезля,**

доктор медицинских наук, заведующий кафедрой травматологии и ортопедии БелМАПО

**Андрей Пекарь,**

врач-хирург микрохирургического отделения Минской областной клинической больницы

**Антон Селицкий,**

старший преподаватель кафедры травматологии и ортопедии БелМАПО

**Аннотация.** В статье оценивается эффективность разных методов фиксации костных фрагментов после трансплантации малоберцовой кости в крупный дефект длинных трубчатых костей. В исследовании, где изучались степень гипертрофии трансплантата, скорость его сращения с ложем и количество послеоперационных осложнений в разных условиях его механической стимуляции, приняли участие две группы пациентов. Участникам первой примененный метод позволял давать раннюю механическую нагрузку на трансплантат, а второй – исключал. Авторы приходят к выводу, что скорость сращения трансплантируемой малоберцовой кости с костным пострезекционным ложем не зависит от способа фиксации конечности, но ранняя послеоперационная нагрузка стимулирует скорость гипертрофии трансплантата и значительно снижает вероятность развития полных стрессовых переломов в дальнейшем.

**Ключевые слова:** дефект кости, васкуляризованная трансплантация малоберцовой кости, гипертрофия, стрессовые переломы.

**Для цитирования:** Ладутько Д., Подгайский В., Ладутько Ю., Кезля О., Пекарь А., Селицкий А. Выбор методов фиксации костных фрагментов при аутопластике дефектов длинных трубчатых костей // Наука и инновации. 2021. №3. С. 72–79. <https://doi.org/10.29235/1818-9857-2021-3-72-79>

Замещение дефектов длинных трубчатых костей, часто связанных с перенесенной травмой, доброкачественными и злокачественными новообразованиями костной ткани, развитием посттравматического и гематогенного остеомиелита, – одна из наиболее сложных проблем реконструктивно-восстановительной хирургии.

Даже небольшие дефекты протяженностью более 3 мм заполняются рубцовыми тканями, во многих случаях препятствующими образованию новой костной ткани и создающими механическое препятствие для сращения отломков [1]. Дефект крупного размера обычно составляет более 5 см, однако его размер определяется в контексте разных сегментов конечностей как произведение диаметра кости на коэффициент 2–2,5 [2].

Использование васкуляризованного костного трансплантата малоберцовой кости для замещения дефектов длинных трубчатых костей стало признанным методом хирургического лечения. Его положительный исход во многом зависит от скорости сращения трансплантата с ложем, а также степени его гипертрофии в послеоперационном периоде, что увеличивает прочность кости и позволяет избежать многих осложнений. Кроме того, различные методы остеосинтеза создают разные механические условия для трансплантата в послеоперационном периоде. Работ, касающихся долгосрочного наблюдения за такими пациентами и комментирующих физиологические процессы, протекающие в трансплантате, немного, и часто они противоречивы [3–8].

Целью исследования было проанализировать влияние разных методов фиксации костных фрагментов после трансплантации малоберцовой кости в крупный дефект длинных трубчатых костей на результаты лечения. Для этого изучалась степень гипертрофии трансплантата, скорость его сращения с реципиентным ложем и количество послеоперационных осложнений в разных условиях его механической стимуляции.

## Материалы и методы исследования

Ретроспективному анализу подвергнуты 20 случаев замещения крупных дефектов плечевой (6 пациентов) и большеберцовой костей (14 пациентов) методом свободной аутотрансплантации малоберцовой кости. Все операции были выполнены в отделении микрохирургии Минской областной клинической больницы с 1994 по 2018 г. Средний размер дефекта плечевой кости составлял 15 см (от 9 до 23 см), большеберцовой – 14,6 см (от 8 до 21 см). Период наблюдения пациентов – от 1 года до 13 лет после операции.

Все пациенты ранее проходили лечение в других учреждениях. В среднем прошло 33 месяца (от 1 месяца до 5 лет) с момента их первоначального обращения за медицинской помощью до проведения свободной васкуляризированной костной пластики в Республиканском центре пластической и реконструктивной микрохирургии. В течение этого интервала времени пациенты перенесли от одной до 8 операций.

Результаты лечения оценивались как клиническими, так и рентгенологиче-

скими методами как минимум через год после трансплантации малоберцовой кости. Рентгенограммы или КТ изучались на предмет доказательств сращения, гипертрофии и таких осложнений, как стресс-переломы. Для подтверждения костного сращения обоих концов трансплантата с реципиентным ложем проводилась рентгенография сегмента конечности в 2 проекциях. Присутствие пароссальной костной мозоли на рентгенограммах в переднезадней и боковой проекциях, нечеткой или отсутствующей линии контакта трансплантата с реципиентным костным ложем являлось доказательством их сращения. Стрессовые переломы были задокументированы и подтверждены рентгенологически даже в случаях бессимптомного течения.

Гипертрофию трансплантата малоберцовой кости оценивали с использованием индекса, предложенного de Boer H.H. and Wood M.V. [9]. Максимальная и минимальная ширина трансплантированной малоберцовой кости на послеоперационных рентгеновских пленках были измерены с помощью штангенциркуля. Среднее значение этих величин было записано как «исходный диаметр малоберцо-

вой кости». Затем в той же проекции измеряли диаметр проксимального конца реципиентной кости у места контакта с трансплантатом. Эту процедуру повторяли при последующих наблюдениях для получения «конечного диаметра» малоберцовой и реципиентной кости в той же проекции.

Достоверными признаками гипертрофии считалось значение индекса более 20%. Это связано с тем, что малоберцовая кость имеет треугольную форму в поперечном сечении, и при рентгенологическом контроле поворот ее в любую сторону на 10 градусов может привести к увеличению ее ширины на 20% [10].

Все осложнения в послеоперационном периоде были разделены на ранние (до 30 суток после операции) – глубокие и поверхностные нагноения ран, частичный или полный некроз лоскутов, тромбозы сосудистой ножки трансплантата, и поздние (более 30 суток) – миграция костного трансплантата, отсутствие сращения, стрессовые переломы. Также они были классифицированы как основные, если требовали дальнейшей хирургической коррекции, и второстепенные – все остальные.

**Индекс гипертрофии рассчитывался по формуле:**

$$\text{х\% гипертрофии} = \frac{\text{индекс 2} - \text{индекс 1}}{\text{индекс 1}} \times 100\%,$$

$$\text{где индекс 1} = \frac{\text{диаметр трансплантата после операции}}{\text{диаметр реципиентной кости после операции}}$$

$$\text{индекс 2} = \frac{\text{диаметр трансплантата при последующем обследовании}}{\text{диаметр реципиентной кости при последующем обследовании}}$$

Вид осложнений	1-я группа (n-10)	2-я группа (n-10)
<b>Ранние послеоперационные осложнения (≤30 дней)</b>		
Тромбоз вены сосудистой ножки трансплантата	2	2
Вывихи трансплантата	-	1
<b>Поздние послеоперационные осложнения (≥30 дней)</b>		
Полные стрессовые переломы трансплантата		3
Неполные (бессимптомные) стрессовые переломы трансплантата	1	
Итого	3	6

Таблица 1. Вид и частота послеоперационных осложнений у пациентов двух клинических групп

Пациенты в зависимости от испытываемых трансплантатом механических нагрузок в послеоперационном периоде были разделены на 2 группы.

Первая состояла из 10 участников (8 мужчин и 2 женщины, средний возраст 20,6 года). Метод послеоперационной фиксации сегмента оперированной конечности позволял давать раннюю механическую нагрузку (стимуляцию) на сам трансплантат и дозированную компрессию на стыке с ложем дефекта.

У всех пациентов был критический дефект большеберцовой кости, в 3 случаях по причине открытых переломов костей голени, осложнившихся хроническим посттравматическим остеомиелитом большеберцовой кости, в 3 – вследствие неоднократного оперативного лечения врожденного ложного сустава и в 4 – после сегментарной резекции большеберцовой кости по поводу доброкачественных (3 случая) и злокачественного новообразования. Средний размер дефекта составлял 14,2 см (от 8 до 21 см). В 7 случаях для его замещения использовался костно-кожный трансплантат малоберцовой кости и в 3 – комбинация костно-мышечного малоберцового трансплантата и торакодорзального лоскута.

Для остеосинтеза применялся аппарат Илизарова, обеспечивающий стабильную фиксацию фрагментов пострезекционного костного ложа и трансплантата с возможностью ранней дозированной нагрузки на нижнюю конечность. В 8 случаях фиксация в стабильно-динамическом режиме производилась сразу одновременно с трансплантацией малоберцовой кости и в 2 случаях отсроченно, через 10–15 дней после заживления послеоперационных ран. Аппарат Илизарова демонтировался при появлении рентгенологических признаков сращения концов трансплантата с костным ложем и гипертрофии трансплантата более 20%. Период наблюдения пациентов составил от 2 до 13 лет после операции.

Во второй группе из 10 пациентов (6 женщин и 4 мужчины) влияние механической нагрузки на трансплантат было исключено в силу трансплантации его в дефект плечевой кости (6 случаев) или сведено к минимуму при замещении дефекта большеберцовой кости. Средний возраст пациентов составил 24,8 года (от 14 до 35 лет), средний размер дефекта плечевой кости – 14,3 см (от 9 до 18 см), а большеберцовой 15,75 см (от 12 до 18 см). При-

чинами дефектов были злокачественные (4 случая) и доброкачественные (2 случая) новообразования костей, хронический остеомиелит (3 случая) и один открытый перелом с крупным дефектом кости. В 4 случаях для замещения дефекта кости произведена трансплантация костно-мышечного, в 5 – костно-кожного лоскутов малоберцовой кости и в одном – комбинация малоберцового и торакодорзального лоскутов. Для фиксации трансплантата в 4 случаях применялся на костный остеосинтез пластиной LCP в режиме стабильной фиксации (2 случая с дефектом плечевой и 2 – большеберцовой костей) или трансплантация малоберцовой кости сочеталась с одновременным перемещением под нагрузку малоберцовой кости этого же сегмента конечности (1 случай). В остальных 5 использовалось сочетание интрамедуллярного и трансоссального остеосинтеза спицами Илизарова. В послеоперационном периоде применялась внешняя иммобилизация конечности гипсовой повязкой с исключением механической нагрузки не только до появления признаков сращения концов трансплантата с костным ложем, но и до достоверно значимой гипертрофии трансплантата. Период наблюдения пациентов – от 1 года до 8 лет после операции.

## Результаты

Сращение трансплантата с реципиентной костью достигнуто у всех пациентов в двух группах. Средний срок консолидации в 1-й группе составил 4,6 мес. (от 3 до 8 мес.), во 2-й – 4,7 мес. (от 2 до 17 мес.).

В раннем послеоперационном периоде (от 12 часов до 4 суток

после вмешательства) среди основных осложнений в обеих группах преобладали тромбозы сосудистой ножки трансплантатов, которые потребовали хирургического восстановления проходимости венозного русла. В одном случае у пациента из второй группы дислокация трансплантата через 5 дней после операции из костного ложа плечевой кости потребовала открытой репозиции и фиксации фрагментов плечевой кости на костной пластинной. Инфекционных осложнений не наблюдалось (табл. 1).

В позднем послеоперационном периоде (от 2 до 20 месяцев) отмечались осложнения, потребовавшие дополнительных хирургических вмешательств только у 2-й группы пациентов. В одном случае пациентке 16 лет с саркомой Юинга большеберцовой кости через год понадобилась повторная операция из-за стрессового перелома трансплантата со смещением (дефект большеберцовой кости 16 см). Индекс гипертрофии трансплантата составлял 29%. После свободной костной аутопластики консолидация концов трансплантата наступила через 5 месяцев.

#### Клиническое наблюдение 1.

Пациентка 16 лет. Диагноз: саркома Юинга средней трети правой большеберцовой кости (рис. 1 А, Б).

Была проведена резекция диафиза большеберцовой кости с аутопереносом участка малоберцовой кости на сосудистой ножке в позицию дефекта, операция дополнена перемещением дистального конца малоберцовой кости на дистальный фрагмент большеберцовой кости, остеосинтезом двумя пластинами LCP (рис. 2 А, Б).

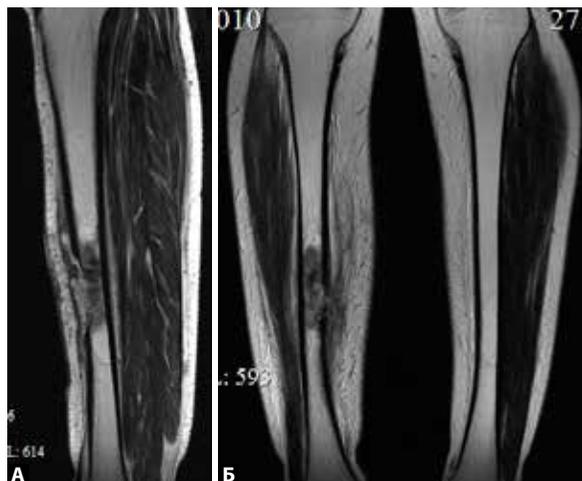


Рис. 1 А, Б. КТ пациентки 16 лет с саркомой Юинга средней трети правой большеберцовой кости



Рис. 2 А, Б. Послеоперационные рентгенограммы голени в двух проекциях



Рис. 3 А, Б. Рентгенограммы голени в двух проекциях после операции. Индекс гипертрофии трансплантата 29%

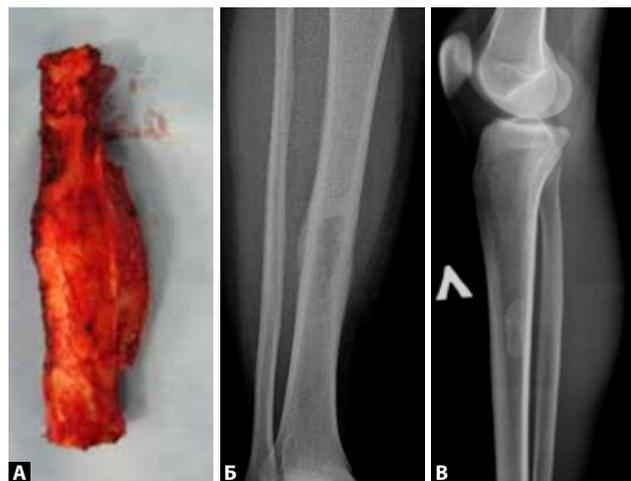
При осмотре через год диагностирован полный стрессовый перелом трансплантата малоберцовой кости по поводу чего пациентке были проведены транспозиция-медиализация проксимального конца малоберцовой кости, свободная костная аутопластика и остеосинтез двумя пластинами LCP (рис. 3 А, Б).

Сращение трансплантата с реципиентной костью достигнуто к 17 месяцам со дня трансплантации малоберцовой кости. Дана полная нагрузка на конечность. Через 3,5 года индекс гипертрофии 70% (рис. 4).



Рис. 4. Рентгенограмма правой голени через 17 месяцев после операции

Рис. 5 А. Удаленный сегмент большеберцовой кости. Рис. 5 Б, В. Рентгенограммы костей голени в 2 проекциях до операции



Во втором случае стресс-перелом наблюдался у пациента 23 лет с посттравматическим дефектом большеберцовой кости 15 см, осложненным остеомиелитом. Срок сращения трансплантата с ложем составил 4 месяца. Через 20 месяцев со дня операции констатирован стресс-перелом трансплантата без смещения отломков. Индекс гипертрофии составлял только 19%. Перелом фиксирован аппаратом Илизарова с положительным исходом.

В третьем случае стрессовый перелом трансплантата малоберцовой кости наступил у пациента 29 лет после 6 месяцев со дня имплантации его в дефект большеберцовой кости размером 18 см. Индекс гипертрофии – 45%.

Таким образом, частота возникновения стресс-переломов во второй группе составила 30% на фоне незначительной степени гипертрофии трансплантата (от 19% до 45%).

Только в одном случае у пациента 1-й группы отмечены бессимптомные неполные стрессовые переломы малоберцового трансплантата, обнаруженные на поздних рентгенограммах: через 15 месяцев (индекс гипертрофии 97%) и через 23 месяца на двух уровнях трансплантата (индекс гипертрофии 120%). Все они срослись без вмешательства. Причиной стрессовых переломов авторы считают недостаток механической прочности ауто-трансплантата к моменту начала весовой нагрузки конечности в послеоперационном периоде.

### Клиническое наблюдение 2.

Пациентка 25 лет. Диагноз: остеогенная саркома большеберцовой кости (рис. 5 А, Б, В).

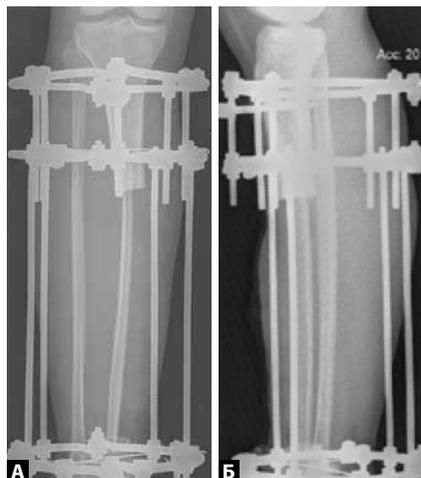


Рис. 6 А, Б. Рентгенограммы голени в 2 проекциях после резекции диафиза большеберцовой кости с транспозицией в образовавшийся дефект малоберцового трансплантата на питающей ножке



Рис. 7 А, Б. Рентгенограммы голени в 2 проекциях. Индекс гипертрофии 97%

Номер группы пациентов	Средние сроки сращения трансплантата с реципиентной костью	Среднее значение индекса гипертрофии трансплантата через 1 год после операции
1-я группа (n-10)	4,6 мес	95,9% (от 71% до 147%)
2-я группа (n-10)	4,7 мес	31,4% (от 0% до 66%)

Таблица 2. Средние сроки сращения трансплантата с реципиентной костью и индекс его гипертрофии через год после операции

Была произведена резекция диафиза большеберцовой кости с транспозицией в образовавшийся дефект малоберцового трансплантата на питающей ножке (величина дефекта 21 см) (рис. 6 А, Б). Затем последовала иммобилизация костей голени аппаратом Илизарова.

Через 3 месяца появились рентгенологические признаки сращения трансплантата с костным ложем. Аппарат Илизарова демонтирован. Продолжена иммобилизация конечности тугором с дозированной постепенно возрастающей нагрузкой весом тела (от 30% до полной).

При контрольном осмотре через 15 месяцев на фоне отсутствия жалоб выявлен стрессовый перелом трансплантата. Иммобилизация тугором и полная нагрузка на конечность продолжена (рис. 7 А, Б).

При осмотре через 23 месяца так же на фоне отсутствия жалоб выявлен второй стрессовый перелом трансплантата. Иммобилизация тугором прекращена, дана полная нагрузка на конечность (рис. 8 А, Б).

При контрольном осмотре через 3 года со дня операции пациент жалоб не предъявляет. Имеется полный объем движений в коленном суставе (рис. 9 А, Б).

Таким образом, не найдена зависимость скорости сращения трансплантата от дозированной механической нагрузки на него, обусловленной применением различных методов послеоперационной фиксации трансплантата. Поздние осложнения в виде его полных стрессовых переломов встречались только во второй группе пациентов (3 случая) и были обусловлены увеличением механической нагрузки на трансплантат при



Рис. 8 А, Б. Рентгенограммы голени в 2 проекциях. Индекс гипертрофии трансплантата 120%

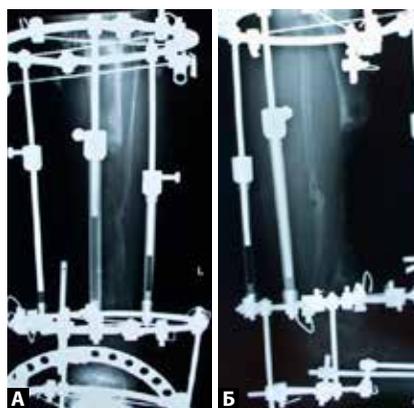


Рис. 10 А, Б. Рентгенограммы голени в 2 проекциях после удаления инфицированного трансплантата большеберцовой кости



Рис. 9 А, Б. Рентгенограммы голени в 2 проекциях через 3 года после операции. Индекс гипертрофии трансплантата 193%

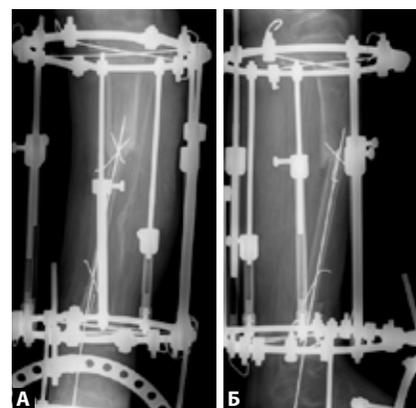


Рис. 11 А, Б. Рентгенограммы после операции: транспозиция малоберцовой кости с мягкотканым компонентом на питающей ножке в позицию дефекта большеберцовой кости

недостаточной степени гипертрофии последнего (табл. 2).

Одним из преимуществ использования васкуляризированной малоберцовой кости в качестве реконструктивного варианта является ее способность к гипертрофии. Считается, что на это влияют несколько факторов, в том числе механическая нагрузка [11–14], возраст [14, 16] и хорошая васкуляризация

надкостницы [14, 15]. Предыдущие авторы часто не определяли гипертрофию количественно, и никто не давал ее сравнительную оценку в зависимости от применяемого метода фиксации трансплантата в костном дефекте. Нами обнаружено, что малоберцовая кость гипертрофировалась во всех случаях реконструкции нижней конечности, где имелась ранняя механическая нагрузка



Рис. 12 А, Б. Рентгенограммы голени в 2 проекциях через 8 месяцев со дня операции



Рис. 13 А, Б. Рентгенограммы голени в 2 проекциях. Дефект большеберцовой кости 18 см



Рис. 14 А, Б. Рентгенограммы после операции



Рис. 15. Рентгенограммы голени в 2 проекциях через 4 месяца: признаки сращения трансплантата с костным ложем. Индекс гипертрофии 32%



Рис. 16 А, Б. Стрессовый перелом трансплантата через 6 месяцев после операции. Индекс гипертрофии 45%

на нее через реципиентную кость в 1-й группе пациентов, где среднее значение индекса гипертрофии трансплантата к 1 году после операции составило 95,9% (от 71% до 147%).

### Клиническое наблюдение 3.

Пациент 14 лет оперирован по поводу ОБК левой больше-

берцовой кости. Произведена резекция диафиза с аллопластикой дефекта большеберцовой трансплантатом. Через 6 месяцев трансплантат удален в связи с инфекционным процессом и лизисом трансплантата. Дефект большеберцовой кости составил 15 см, с дефектом мягких тканей голени 6 см на 12 см (рис. 10 А, Б).

После заживления послеоперационной раны пациенту проведена транспозиция малоберцовой кости с мягкотканым компонентом на питающей ножке в позицию дефекта большеберцовой кости. Фиксация голени в аппарате Илизарова (рис. 11 А, Б).

При контрольном осмотре пациента функция конечности восстановлена. Индекс гипертрофии трансплантата 79% (рис. 12 А, Б).

У пациентов 2-й группы, где механическая стимуляция трансплантата практически отсутствовала, гипертрофия его достоверно не регистрировалась или значительно отставала от сравниваемой группы пациентов. Среднее значение индекса гипертрофии составило 31,4% (от 0% до 66%) (табл. 2).

### Клиническое наблюдение 4.

Пациент 29 лет с некрозом мягких тканей голени (30 см) и большеберцовой кости (12 см), наступившим после термической травмы.

Дефект кости после неоднократных некрэктомий составил 18 см (рис. 13 А, Б).

Пациенту проведена ауто-трансплантация малоберцового и торакодорзального лоскутов в позицию дефекта правой голени, остеосинтез пластиной LCP (рис. 14 А, Б).

Через 4 месяца наступило сращение трансплантата с реципиентным ложем (рис. 15).

Через 6 месяцев со дня операции констатирован стресс-перелом трансплантата при нестабильности пластины. Проведено удаление пластины с остеосинтезом перелома аппаратом Илизарова (рис. 16 А, Б).

## Выводы

Скорость сращения трансплантируемой малоберцовой кости с костным пострезекционным ложем не зависит от применяемых методов фиксации конечности в послеоперационном периоде.

Отсутствие механической нагрузки на трансплантат через реципиентную кость при применении накостного остеосинтеза или одновременном медиальном перемещении малоберцовой кости этого же сегмента конечности ведет к замедленной скорости гипертрофии трансплантата и увеличению встречаемости полных стрессовых переломов последнего.

Применение аппарата Илизарова для фиксации фрагментов пострезекционного костного ложа и трансплантата в стабильно-динамическом режиме позволяет давать раннюю послеоперационную нагрузку на нижнюю конечность, стимулирует скорость гипертрофии трансплантата и снижает вероятность развития полных стрессовых переломов. ■

■ **Summary.** The aim of the study was to analyze the effect of different methods of fixing bone fragments after transplantation of the fibula into a large defect of long tubular bones on the results of treatment. The study included 10 patients (group 1) with major tibia defects in whom the method of postoperative fixation of the segment of the operated limb allowed to give an early mechanical load on the graft itself and 10 patients (group 2) where the impact of mechanical load on the graft was excluded due to its transplantation into the hummers defect (6 cases) or minimized when replacing the tibia defect (4 cases). The degree of graft hypertrophy, the rate of its fusion with the recipient bed, and the number of postoperative complications under different conditions of mechanical stimulation of the fibula graft were studied. The rate of fusion of the graft with the recipient bed in both groups of patients was the same, but the incidence of complete stress fractures of the fibula graft in the second group was three times higher than in the first and was 30%, against the background of a slight degree of graft hypertrophy (from 19% to 45%). The use of the Ilizarov device for fixing fragments of the post-resection bone bed and graft in a stable and dynamic mode allows to give an early postoperative load on the lower limb, stimulates the rate of graft hypertrophy and reduces the likelihood of developing complete stress fractures.

■ **Keywords:** bone defect, vascularized fibula grafts, hypertrophy, stress fractures

■ <https://doi.org/10.29235/1818-9857-2021-3-72-79>

## СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Ручкина И.В., Осипова Е.В., Дьячков. А.Н. Рентгеноденситометрические особенности формирования регенерата в костном дефекте, изолированном от мягких тканей резорбируемым материалом (экспериментальное исследование) // Гений Ортопедии. №4. 2003. С. 35.
2. Gugala Z., Lindsey R.W., Gogolewski S. New approaches in the treatment of critical-size segmental defects in long bones // Macromolecular Symposia. 2007. P. 253, 147–161.
3. Houdek M.T., Bayne C.O., Bishop, Allen Thorp Shin, Alexander Yong-Shik. The outcome and complications of vascularised fibular grafts. // The bone & joint journal. 2017. Vol. 99-B, №1. PP. 134–138.
4. Falder S., Sinclair J.S., Rogers C.A., GTownsend P.L.. Long-term behaviour of the free vascularised fibula following reconstruction of large bony defects // British Journal of Plastic Surgery. Vol. 56–6. PP. 571–584.
5. Zelenski N., Brigman B.E, Levin LS, Erdmann D., Eward W.C. The vascularized fibular graft in the pediatric upper extremity: a durable, biological solution to large oncologic defects // Sarcoma. 2013.
6. Родоманова Л.А. Возможности реконструктивной микрохирургии в раннем лечении больных с обширными посттравматическими дефектами конечностей: дис.д. м.н. – СПб. 2010.
7. Тихилов Р.М., Кочиш А.Ю., Родоманова Л.А., Разоренов В.Л., Козлов И.В. Современные тенденции пластики лоскутами с осевым типом кровоснабжения на нижней конечности // Вестник травматологии и ортопедии им. Н.Н. Приорова. 2007. №2. С. 71–75.
8. Keating J.F., Simpson A.H., Robinson C.M. The management of fractures with bone loss // J Bone Joint Surg Br. 2005. 87(2). P. 142.
9. De Boer H.H., Wood M.B. Bone changes in a vascular fibular graft // Journal of Bone and Joint Surgery. UK. 1989. №71(3). P. 374–378.
10. De Boer H.H. Vascularized fibular transfer // Thesis, Leiden. The Netherlands. 1988.
11. Woo SLY, Kuei S.C., Amiel D. et al. The effect of prolonged physical training on the properties of long bone: a study of Wolff's law // J Bone Joint Surg. 1981. №63-A. P. 780–787.
12. Jones H.H., Priest J.D., Hayes W.C., Tichenor C.C., Nagel D.A. // Humeral hypertrophy in response to exercise // J. Bone Joint Surg. 1977. №59-A. P. 204–208.
13. Mizumoto S., Tamai S., Goshima J. et al. Experimental study of vascularized tibiofibular graft in inbred rats: a preliminary report // J Reconstr Microsurg. 1986. №3. P. 1–9.
14. Bos K.E., Besselaar P.P., Eijken L.W., Raaymakers, ELFB // Failure of hypertrophy in revascularized fibula grafts due to stress protection // Microsurgery. 1996. №17. P 366–370.
15. Huang W.C. How does the age factor influence the hypertrophy of vascularized bone grafts? An experimental study // J Nara Med Assoc. 1988. №39. P 756–772.
16. Lee K.S., Chung H.K., Kim K.H. Vascularized osteocutaneous fibular transfer to the tibia // Int Orthop (SICOT). 1991. №15. P. 199–203.

Статья поступила в редакцию 25.06.2020

 <http://innosfera.by/2021/03/autoplasty>

# БЕЛОРУССКИЕ ПУБЛИКАЦИИ В СИСТЕМЕ *SCIFINDER-N*



**Оксана Сикорская,**  
завотделом научного формирования фондов Центральной научной библиотеки им. Я. Коласа НАН Беларуси



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

**О**бъективная оценка состояния и перспектив развития отечественной науки на основе изучения библиометрических данных информационно-поисковых реферативных систем стала востребованной в деятельности не только научных библиотек, но и административных органов исследовательских учреждений.

Авторами уже был проведен ряд работ по определению основных тенденций научной

продуктивности ученых Беларуси с целью выявления актуальных научных направлений по двум наиболее авторитетным наукометрическим базам данных (БД) – Web of Science (Clarivate Analytics) и Scopus (Elsevier) [2–5].

Необходимо отметить, что в указанных системах важным фактором является представленная в них мультидисциплинарность, которая в некоторой степени негативно отражается на формировании целостной картины отрас-

левого распределения белорусских публикаций. Например, участие ученых нашей страны в проекте по созданию Большого адронного коллайдера вывело в лидеры организации физического профиля как по числу публикаций, так и по их цитируемости.

Цель настоящей статьи – анализ публикационной активности научных учреждений Беларуси химического профиля на основе информационно-поисковой системы SciFinder-n компании Chemical

Abstracts Service – ведущего мирового провайдера химической информации.

SciFinder-n представляет собой единую платформу, на которой размещены сразу 6 БД: библиографические Chemical Abstracts Plus (химические науки) и MedLine (биомедицина), структурно-химические Registry (химические соединения) и CASReact (химические реакции), справочные ChemCats (объединенный каталог коммерчески доступных веществ) и ChemList (правовая информация по химическим веществам). Система SciFinder-n предназначена в первую очередь для специалистов в области химии, химической технологии и материаловедения, биохимии и биомедицины, включая фармацевтику. Кроме того, в SciFinder-n много смежной с названными дисциплинами информации по физике, геологии, металлургии, медицине и др. [1].

Библиографическая информация, представленная в системе SciFinder-n, помимо авторов, названия и источника публикации содержит контролируемые (индексируемые) термины (предметные заголовки, ключевые слова) для наиболее точной характеристики содержания публикации.

В отличие от индексов научного цитирования Scopus и Web of Science, принцип функционирования которых заключается в реферировании статей из наиболее авторитетных научных журналов (Scopus – более 24 тыс. названий, Web of Science – более 20 тыс.), отбор информации для SciFinder-n происходит путем специально разработанной технологии стандартизированного индексирования органических и неорганических соеди-

нений, при котором приоритет отдается отражению наиболее ценной химической информации. Группа независимых экспертов-индексаторов анализирует полные тексты публикаций, в которых фигурирует определенное вещество, делает выбор из стандартизированных ключевых слов (концепций), веществ, биологических объектов, процессов, материалов, реакций из первоисточников и добавляет в SciFinder-n индексные термины – ключевые слова и регистрационные номера веществ (CAS RN) согласно критериям новизны и/или значимости. Процесс обновления содержания базы данных происходит непрерывно. В системе SciFinder-n индексируется более 10 тыс. названий наиболее авторитетных журналов по химическим и смежным наукам из 185 стран мира.

Приведенные в настоящей статье результаты по анализу белорусских публикаций получены автоматически по запросам «SciFinder-n → References → Advanced Search → Organizations». Organization Name: Belarus\*, Belorus\*, Bielorus\*, Byelorus\* с логическим оператором «Or». Представленные в системе белорусские документы в области химических наук имеют высокую научную ценность, так как прошли несколько этапов экспертной проверки.

#### Результаты и их анализ.

На октябрь 2020 г. в SciFinder-n представлена библиографическая информация 50 427 публикаций из нашей страны. Специальные программные надстройки позволяют распределять массив документов по таким параметрам, как тип, язык документа, организация, название источника и т.д.

Языковая структура публикаций белорусских авторов в SciFinder-n показывает, что больше всего работ издано на русском языке – 27 841 (55,2% от общего числа отечественных публикаций) и на английском – 21 334 (42,3%). Также представлены работы на белорусском языке (944), немецком (89), украинском (32), японском (30), французском (28), польском (25) и др.

При анализе распределения белорусских документов по источникам значительное количество отражено в базах данных патентов (4414 в патентной базе СССР, 1075 – Российской Федерации, 538 – Евразийской патентной организации), в материалах конференций (Proceedings of SPIE-The International Society for Optical Engineering – 676 документов), а также периодических изданиях.

Как видно из *таблицы*, наибольшее число публикаций отечественных ученых представлено в журналах, учредителями которых выступают Национальная академия наук Беларуси и Российская академия наук. Статьи также выходили в авторитетных научных журналах таких издательств, как Elsevier (Steroids), Springer Nature (Fibre Chemistry), Wiley-Blackwell (European Journal of Organic Chemistry) и др.

По данным SciFinder-n, начиная с 1992 г. в системе отмечен рост потока белорусских публикаций в области химических наук, наибольшее число статей (1609) отражено в 2000 г. (*рисунок*). Самым ранним белорусским документом стала работа «The solubility of salts in saturated solutions of other salts of different composition»,

опубликованная в 1927 г. в журнале «Вестник Белорусской государственной сельскохозяйственной академии» учеными-химиками И.И. Красиковым и И.Т. Ивановым.

По типу документов основная часть белорусских публикаций представлена журнальными статьями – 41 549 (82,3%). Также включены 6261 патент, 1993 публикации материалов конференций, 1412 обзоров, 521 препринт и т.д.

В SciFinder-n встроена функция «Top Count», которая авто-

матически распределяет результаты поиска и на их основе выстраивает рейтинги авторов/организаций. В топе белорусских исследователей встречаются как заслуженные ученые прошлых лет (В.В. Печковский – 381 публикация, Г.Л. Старобинец – 326, В.В. Свиридов – 326), так и действующие в области химических и междисциплинарных наук (химическая физика, материаловедение и др.): В.Е. Борисенко – 330 публикаций, Ф.Ф. Комаров – 320, В.С. Гурин – 296.

Однако при ручной верификации поиска наиболее публикуемых белорусских авторов в системе обнаруживаются совсем иные данные. В числе самых продуктивных авторов-химиков в SciFinder-n – ученые Национальной академии наук Беларуси (В.Е. Агабеков – 527 публикаций, В.А. Хрипач – 410, С.А. Усанов – 316, Н.Г. Козлов – 391, Е.А. Дикусар – 299).

При распределении массива публикаций по ведомственной принадлежности нужно учитывать, что организации

№ пп	Название журнала в SciFinder-n (с вариантами написания)	Официальное название журнала / учредитель	Число статей
1	Vestsi Natsyyanal'nai Akademii Navuk Belarusi, Seryya Khimichnykh Navuk + Vestsi Akademii Navuk Belarusi, Seryya Khimichnykh Navuk + Vestsi Akademii Navuk BSSR, Seryya Khimichnykh Navuk	Весці Нацыянальнай акадэміі навук Беларусі. Серыя хімічных навук / Национальная академия наук Беларуси	3135
2	Journal of Applied Spectroscopy + Journal of Applied Spectroscopy (Translation of Zhurnal Prikladnoi Spektroskopii) + Zhurnal Prikladnoi Spektroskopii	Journal of Applied Spectroscopy = Журнал прикладной спектроскопии / Институт физики им. Б.И. Степанова НАН Беларуси	2077
3	Doklady Natsional'noi Akademii Nauk Belarusi + Doklady Akademii Nauk Belarusi + Doklady Akademii Nauk BSSR	Доклады Национальной академии наук Беларуси / Национальная академия наук Беларуси	2040
4	Vestsi Natsyyanal'nai Akademii Navuk Belarusi, Seryya Biyalagichnykh Navuk + Vestsi Akademii Navuk Belarusi, Seryya Biyalagichnykh Navuk + Vestsi Akademii Navuk BSSR, Seryya Biyalagichnykh Navuk	Весці Нацыянальнай акадэміі навук Беларусі. Серыя біялагічных навук / Национальная академия наук Беларуси	1045
5	Vestsi Natsyyanal'nai Akademii Navuk Belarusi, Seryya Fizika-Tekhnichnykh Navuk + Vestsi Akademii Navuk Belarusi, Seryya Fizika-Tekhnichnykh Navuk + Vestsi Akademii Navuk BSSR, Seryya Fizika-Tekhnichnykh Navuk	Весці Нацыянальнай акадэміі навук Беларусі. Серыя фізіка-тэхнічных навук / Национальная академия наук Беларуси	1037
6	Journal of Engineering Physics and Thermophysics + Journal of Engineering Physics and Thermophysics (Translation of Inzhenerno-Fizicheskii Zhurnal) + Inzhenerno-Fizicheskii Zhurnal	Journal of Engineering Physics and Thermophysics = Инженерно-физический журнал / Институт тепло- и массообмена им. А.В. Лыкова НАН Беларуси	932
7	Optics and Spectroscopy + Optika i Spektroskopiya + Optics and Spectroscopy (Translation of Optika i Spektroskopiya)	Optics and Spectroscopy = Оптика и спектроскопия / Физико-технический институт им. А.Ф. Иоффе Российской академии наук	671
8	Russian Journal of Organic Chemistry + Zhurnal Organicheskoi Khimii + Russian Journal of Organic Chemistry (Translation of Zhurnal Organicheskoi Khimii)	Russian Journal of Organic Chemistry = Журнал органической химии / Российская академия наук	621
9	Vestsi Natsyyanal'nai Akademii Navuk Belarusi, Seryya Fizika-Matematichnykh Navuk + Vestsi Akademii Navuk Belarusi, Seryya Fizika-Matematichnykh Navuk + Vestsi Akademii Navuk BSSR, Seryya Fizika-Matematichnykh Navuk	Весці Нацыянальнай акадэміі навук Беларусі. Серыя фізіка-матэматычных навук / Национальная академия наук Беларуси	594
10	Inorganic Materials + Izvestiya Akademii Nauk SSSR, Neorganicheskie Materialy + Inorganic Materials (Translation of Neorganicheskie Materialy)	Inorganic Materials = Неорганические материалы / Российская академия наук	550

Таблица. Журналы, индексируемые в системе SciFinder-n, в которых белорусские авторы наиболее часто публиковали результаты исследований

в системе SciFinder-n отражены с неоднозначной идентификацией на английском языке. Так, НАН Беларуси имеет много вариантов написания: National Academy of Sciences of Belarus, National Academy of Sciences, Belorussian National Acad. of Sci., Academy of Sciences, Acad. Sci., AN Belarus, Nats. Akad. Nauk Belorussii, Белорусский государственный университет – Belarussian State University, Belorussian State University, BGU и т.д. Это усложняет поиск и библиометрический анализ публикационной активности научных учреждений.

Исходя из данных автоматической функции «Top Count of Organization», лидерами среди отечественных организаций по числу размещенных в SciFinder-n документов стали: Национальная академия наук Беларуси, на которую приходится 47% публикаций; Белорусский государственный университет – 31%; Белорусский государственный технологический университет – 12%; Белорусский национальный технический университет – 7,8%.

Наравне с определением количества публикаций одним из ключевых критериев оценки исследовательской деятельности ученого, организации или страны является количество цитирований.

Всего от общего числа белорусских документов в SciFinder-n 20% публикаций имеют 93 070 ссылок, среднее цитирование одной публикации – 1,84, индекс Хирша – 103. Наибольшее число цитирований получили документы на английском языке, так как он выступает официальным языком международной коммуникации. Чаще всего на статьи ссы-

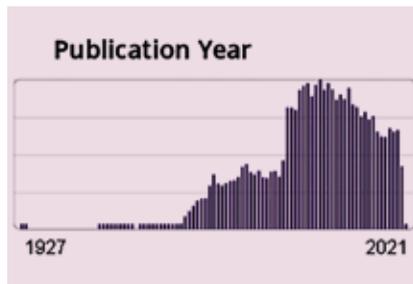


Рис. Распределение белорусских публикаций в SciFinder-n по годам

лались ученые академий наук России, Украины, университетов США, Китая. Также высока доля самоцитирования авторов.

Самая цитируемая публикация Беларуси, выявленная в SciFinder-n, – «Common Genetic Variation in Circadian Rhythm Genes and Risk of Epithelial Ovarian Cancer (EOC)» по состоянию на октябрь 2020 г. имеет 932 ссылки. Статья опубликована в 2015 г. в журнале «Journal of genetics and genome research» международным авторским коллективом, в числе которого – Н. Антоненкова, представитель Республиканского научно-практического центра онколо-

гии и медицинской радиологии им. Н.Н. Александрова.

Как уже отмечалось выше, в SciFinder отражены публикации не только по химии, но и по другим наукам, в том числе медицине и здравоохранению, что объяснимо прикладным характером исследований, проводимых белорусскими учеными.

По результатам проведенного анализа по изучению количественного и качественного вклада белорусских публикаций в системе SciFinder-n можно сделать вывод, что наблюдается устойчивый рост белорусских публикаций и их цитирования.

Выступая в качестве альтернативного варианта для получения библиометрических данных в области химических наук, информационно-поисковая система SciFinder-n является непревзойденным авторитетным источником химической информации на мировом уровне. Для белорусских ученых-химиков быть представленным в указанной базе данных – хорошая возможность заявить о себе на международной научной арене. ■

#### СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Кузнецова Т.В., Трескова П.П. Отражение публикационной активности институтов химического профиля УРО РАН в системе SciFinder-n // Библиосфера. 2018. №2. С. 77–84.
2. Сикорская О.Н. Анализ тематической направленности белорусских публикаций в мировой структуре на примере базы данных SCOPUS / О.Н. Сикорская, М.А. Бовкунович // Развитие информатизации и государственной системы научно-технической информации (РИНТИ-2015): доклады XIV Междунар. науч. конф., 19 ноября 2015 г. – Минск, 2015. С. 345–349.
3. Сикорская О.Н. Показатели публикационной активности Национальной академии наук Беларуси в SCOPUS (2012–2016 гг.) / О.Н. Сикорская, М.А. Бовкунович // Наукометрия: методология, инструменты, практическое применение: сборник научных статей. – Минск, 2018. С. 218–240.
4. Сикорская О.Н. О направлениях научно-технического развития Республики Беларусь / О.Н. Сикорская, М.А. Бовкунович // Научно-техническая информация. Сер. 1. 2019. №7. С. 14–21.
5. Сикорская О.Н. Роль библиотеки в повышении видимости публикаций научных организаций НАН Беларуси в SCOPUS и WEB OF SCIENCE / О.Н. Сикорская, М.А. Бовкунович, О.Н. Чикун // Библиотеки в информационном обществе: сохранение традиций и развитие новых технологий: доклады III Междунар. науч. конф., 6–7 декабря 2018 г. / БелСХБ – Минск, 2018. С. 112–119.

*Tamara Myslyva, Branislava Sheliuta, Alesia Kutsayeva*

**Precision technologies:  
World experience and  
prospects for Belarus** ..... 4

This article analyses the world experience in the precision technologies introduction and its prospects for Belarus.

*Anatoli Takun, Sviatlana Makrak, Sviatlana Takun*

**Methodological aspects  
of the digital technology efficiency  
in precision agriculture** ..... 11

The article presents the research results on the methodological substantiation of the digital technology efficiency in precision farming, which are focused on the cross-cutting and cumulative effect of the precision farming systems, depending on the stage of the digital economy development.

*Vasili Yadchanka*

**From mechanization to robotization** ..... 17

The article analyses the issues of agricultural machinery providing with precision instruments, presents the developments of the Scientific and Practical Center of the National Academy of Sciences of Belarus for Agricultural Mechanization in the field of creating individual elements of the precision farming system.

*Alesia Kutsayeva, Gennady Barkovsky*

**Digital land management  
in the agro-industrial complex** ..... 21

The paper analyzes the areas of the on-farm land management in the context of the innovative approaches to land management in Belarus, in particular, a precision farming system introduced into the agricultural production.

*Elena Yuzefovich, Dzianis Ramantsevich*

**Basic elements of precision farming** ..... 26

The authors show the precision farming technologies, their elements taken separately or in combination, provide an increase in the profitability of production and a decrease in the negative impact on the environment.

*Siarhei Saroka, Aliaksandr Zhukouski*

**The precision farming prospects  
development for the plant protection** ..... 31

The article considers the main lines of the precision farming development in the field of plant protection from hazardous organisms. The authors show how the advanced technologies can be used to monitor the phytosanitary situation in crops, as well as the respective means of protection.

*Tatyana Neparko, Dmitry Zhdanko*

**Agricultural innovative education** ..... 35

The article considers the problems of the precision farming technologies assimilated by the farmers, which change the traditional approaches to agricultural work, and training of agricultural specialists with higher education.

*Natalia Lopatova*

**Cybersecurity as a driver of business growth** ..... 38

The article considers the necessary strategic management of cyber risks arising in the information space against the background of the expanding landscape of digital threats. The key aspects of the effective information security programs have been identified.

*Alesya Solovei*

**Support programs for women scientists.  
Foreign experience and opinion  
of Belarusian researchers** ..... 42

There was made a brief overview of foreign special programs (scholarships, grants) for women scientists. The author gives the opinion of women scientists of the National Academy of Sciences of Belarus about the need for such programs to raise the scientific efficiency with an allowance for gender specificity and "double burden".

*Tatsiana Zhdanovich*

**Crystal harbor** ..... 47

It's an essay about the young chemist Tatiana Glevitskaya and her desire to make the world cleaner by finding new ways of liquid separation.

*Andrei Chaikouski*

**Main trends in providing the  
population with vegetable products** ..... 51

The article gives a review of the latest global trends in the development of vegetable growing and the contribution of Belarusian scientists to the cultivation of plants that provide healthy nutrition for the population.

*Volha Kandelinskaya, Helena Grischenko,  
Anastasia Levkovich, Marina Anisovich*

**OENOTHERA BIENNIS L. paradox: Part II** ..... 57

It's a continued study of antioxidant and protective properties of biennial evening primrose oil, as well as the prospects for obtaining phytopreparations based on it in Belarus.

*Igor Semenenya*

**Results and prospects of research  
in the field of alcoholism problems** ..... 61

The author presents the most important R&D data in the field of medicobiological problems of alcoholism based on the results of the 50-year activity of the Institute and the prospects for the development in this area.

*Vyacheslav Grishechkin, Daniil Vvedensky*

**Differences in the parameters  
of the unpaired branches of the abdominal  
aorta in men with different body types** ..... 67

As a result of the abdominal part of the aorta and its unpaired branches in adult men computer scans analysis, the authors revealed the features of these vessels parameters, depending on the physique of patients, which is important for angiography, surgical interventions and interpretation of the X-ray studies results.

*Dmitry Ladutko, Vladimir Podgaysky, Yuri Ladutko,  
Oleg Kezlya, Andrey Pekar, Anton Selitsky*

**The choice of methods for fixing bone fragments  
in autoplasty of long tubular bone defects** ..... 72

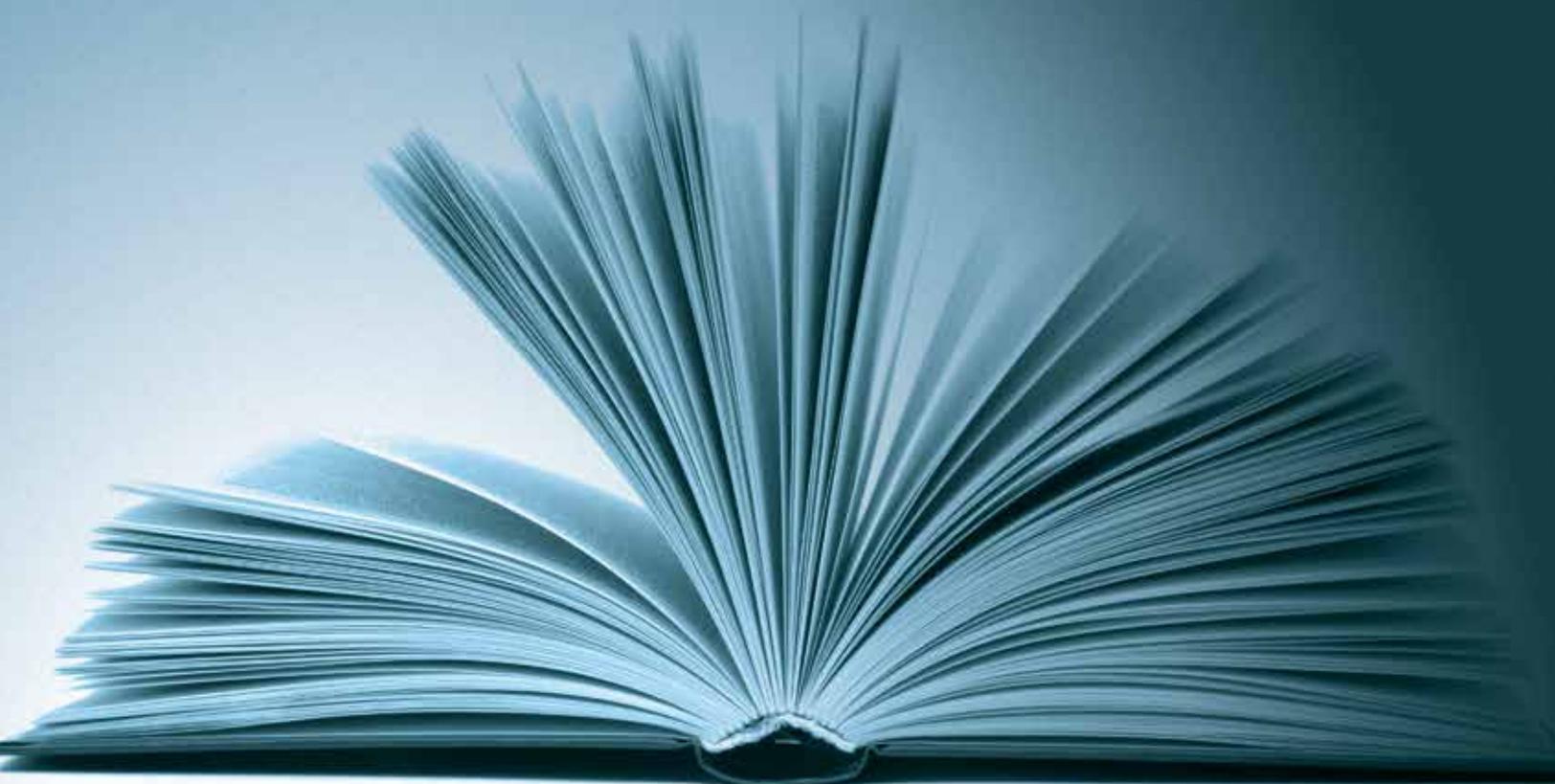
According to the results of the study, it was shown that the fusion rate of the transplanted fibula with the bone bed does not depend on the method of limb fixation, but early postoperative loading accelerates the process and reduces the likelihood of developing complete stress fractures in the future.

*Oksana Sikorskaya, Maria Bovkunovich*

**Belarusian publications in the SciFinder-n system** ..... 80

How to evaluate the dynamics of the scientific institutions' productivity in Belarus based on the results of bibliometric analysis of publications in the SciFinder-n information system.

*С 1926 года вместе  
с белорусской  
наукой*



# МИР НАУЧНОЙ КНИГИ

**Издательский дом «Белорусская наука»**

ул. Ф. Скорины, 40, 220141, г. Минск, Беларусь  
+375 17 369 94 02 • +375 17 396 83 27 • [info@belnauka.by](mailto:info@belnauka.by) • <http://belnauka.by>

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



научно-практический журнал  
**Наука  
и инновации**

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

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

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

ПОДПИСНЫЕ  
ИНДЕКСЫ:  
00753  
007532

