

ISSN 2223-2966



СОВРЕМЕННАЯ НАУКА:  
АКТУАЛЬНЫЕ ПРОБЛЕМЫ  
ТЕОРИИ И ПРАКТИКИ

## ЕСТЕСТВЕННЫЕ И ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ

№8-2 2020 (АВГУСТ)

Учредитель журнала  
Общество с ограниченной ответственностью  
**«НАУЧНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ»**

Журнал издается с 2011 года.

### Редакция:

Главный редактор  
**А.В. Царегородцев**  
Выпускающий редактор  
**Ю.Б. Миндлин**

Подписной индекс издания  
в каталоге агентства «Пресса России» — 80016  
В течение года можно произвести подписку  
на журнал непосредственно в редакции.

### Издатель:

Общество с ограниченной ответственностью  
**«Научные технологии»**

Адрес редакции и издателя:  
109443, Москва, Волгоградский пр-т, 116-1-10  
Тел/факс: 8(495) 142 8681  
E-mail: [redaktor@nauteh.ru](mailto:redaktor@nauteh.ru)  
<http://www.nauteh-journal.ru>

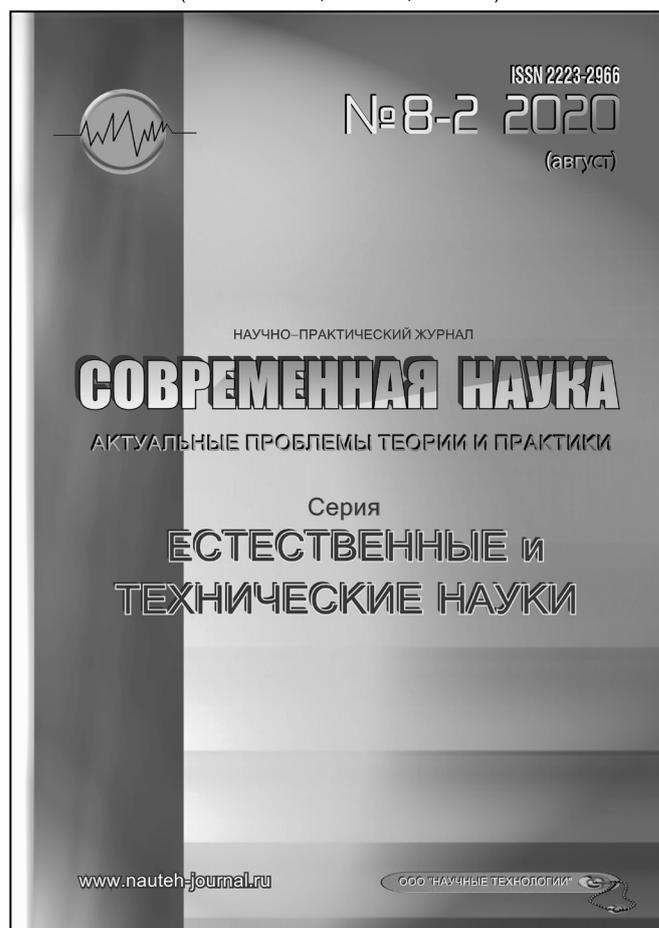
Журнал зарегистрирован Федеральной службой  
по надзору в сфере массовых коммуникаций,  
связи и охраны культурного наследия.

Свидетельство о регистрации  
ПИ № ФС 77-44912 от 04.05.2011 г.

Научно-практический журнал

Scientific and practical journal

(БАК 05.13.00, 03.02.00, 14.01.00)



### В НОМЕРЕ:

ОБЩАЯ БИОЛОГИЯ, ИНФОРМАТИКА,  
ВЫЧИСЛИТЕЛЬНАЯ ТЕХНИКА  
И УПРАВЛЕНИЕ,  
КЛИНИЧЕСКАЯ МЕДИЦИНА

Авторы статей несут полную ответственность  
за точность приведенных сведений, данных и дат.

При перепечатке ссылка на журнал  
«Современная наука:  
Актуальные проблемы теории и практики» обязательна.

Журнал отпечатан в типографии  
ООО «КОПИ-ПРИНТ» тел./факс: (495) 973-8296  
Подписано в печать 28.08.2020 г. Формат 84x108 1/16  
Печать цифровая Заказ № 0000 Тираж 2000 экз.

ISSN 2223-2966



# Редакционный совет

**Атаев Алевдин Рашитханович** — д.м.н., профессор, Дагестанский государственный медицинский университет

**Безруких Марьям Моисеевна** — д.б.н., профессор, Институт возрастной физиологии РАО

**Бекетов Сергей Валериевич** — д.б.н., ФГБНУ НИИ Пушного звероводства и кролиководства имени В. А. Афанасьева

**Белых Владимир Иванович** — д.м.н., доцент, Алтайский государственный медицинский университет Министерства здравоохранения Российской Федерации

**Грачев Николай Николаевич** — доктор высшей степени в области технических наук (DoctorHabilitatus), профессор, Московский государственный институт электроники и математики НИУ ВШЭ (технический университет)

**Гусева Анна Ивановна** — д.т.н., профессор, Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ»

**Зубкова Валентина Михайловна** — д.б.н., профессор, Российский государственный социальный университет

**Каллаев Нажмудин Омаркадиевич** — д.м.н., профессор, Дагестанский государственный медицинский университет

**Квасов Андрей Иванович** — д.т.н., профессор, Восточно-Казахстанский государственный технический университет им. Д. Серикбаева

**Корнеев Андрей Матиславович** — д.т.н., профессор, Липецкий государственный технический университет

**Корягина Наталья Александровна** — д.м.н., доцент, Пермский государственный медицинский университет им. ак. Е. А. Вагнера Министерства здравоохранения Российской Федерации

**Кравец Бронислава Борисовна** — д.м.н., профессор, Воронежский государственный медицинский университет им. Н. Н. Бурденко Министерства здравоохранения Российской Федерации

**Кулик Сергей Дмитриевич** — д.т.н., с.н.с., Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ»

**Матвеев Всеволод Борисович** — д.м.н., профессор, ФГБУ РОНЦ им. Н. Н. Блохина, член-корреспондент РАН

**Надежкин Сергей Михайлович** — д.б.н., профессор, Всероссийский НИИ селекции и семеноводства овощных культур Россельхозакадемии

**Овезов Алексей Мурадович** — д.м.н., доцент, ГБУЗ МО Московский областной научно-исследовательский клинический институт им. М. Ф. Владимирского

**Олейникова Светлана Александровна** — д.т.н., доцент, Воронежский государственный технический университет

**Рахимов Ильгизар Ильясович** — д.б.н., профессор, Казанский (Приволжский) федеральный университет

**Ромашкова Оксана Николаевна** — д.т.н., профессор, Московский городской педагогический университет

**Симаков Юрий Георгиевич** — д.б.н., профессор, Московский государственный университет им. К. Г. Разумовского (ПКУ)

**Симоненков Алексей Павлович** — д.м.н., профессор, независимый эксперт

**Трапезов Олег Васильевич** — д.б.н., в.н.с., ФИЦ «Институт цитологии и генетики СО РАН»

**Федорова Оксана Ивановна** — д.б.н., доцент, Московская государственная академия ветеринарной медицины и биотехнологии им. К. И. Скрябина

**Харитонов Михаил Анатольевич** — д.м.н., профессор, Военно-медицинская академия имени С. М. Кирова

# СОДЕРЖАНИЕ

# CONTENTS

## Общая биология

**Антоненко Д. А., Никифоренко Ю. Ю., Мельник О. А.** — Оценка токсичности сложных компостов методом биотестирования

*Antonenko D., Nikiforenko Yu., Melnik O.* — Estimation of toxicity of complex composts by the method of biotesting on corn seeds. .... 5

**Велиева С. С.** — Видовой состав и эколого-трофические особенности рода *Colletotrichum* Corda в условиях закрытого грунта ЦБС НАН Азербайджана

*Veliyeva S.* — Species composition and eco-trophic features of the genus *Colletotrichum* Corda in the greenhouse of the CBG. of the NAS of Azerbaijan ..... 10

**Дмитриева Е. Л.** — Экологическая оценка реки Псел (в пределах Курской области) по комплексу гидрологических показателей

*Dmitrieva E.* — Environmental assessment of the Psel river (within the Kursk region) by a complex of hydrological indicators. .... 18

**Караева С. Д.** — Гриб *Ganoderma lucidum* как перспективный продуцент биологически активных веществ

*Garayeva S.* — *Ganoderma lucidum* as a perspective producer of biologically active substances ..... 25

**Корниенко В. О., Кольченко О. Р., Яицкий А. С.** — Влияние наночастиц Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub> на онтогенез и морфометрические показатели кукурузы сахарной (*Zea mays* L.)

*Kornienko V., Kolchenko O., Yaitskiy A.* — Influence of Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub> nanoparticles on the ontogenesis and morphometric parameters of *Zea mays* L. .... 30

**Червинец В. М., Червинец Ю. В., Козлова Е. А., Григорьянц Э. О., Степанова Э. В., Урекешов Б. С., Насухин Ш. Б., Жанаманова Р. Н., Зевалкина Е. В.** — Современные аспекты микробиоты детей разных возрастных групп

*Chervinets V., Chervinets Yu., Kozlova E., Grigoryants E., Stepanova E., Urekeshov B., Nasukhin Sh., Zhanamanova R., Zevalkina E.* — Modern aspects of the microbiota of children of different age groups .... 37

## Информатика, вычислительная техника и управление

**Брежнев В. И.** — Гибкие комплексы для управления судовой энергетической установки

*Brezhnev V.* — Flexible systems for controlling a marine power plant. .... 42

**Бречка Д. М.** — Вопросы внедрения электронной подписи в высших учебных заведениях

*Brechka D.* — Introducing electronic signatures in higher education institutions. .... 47

**Игошев М. Г.** — Алгоритм модернизации системы управления башенным краном с маховой и балочной стрелой

*Igoshev M.* — Algorithm for modernization of a towing crane control system with a mow and baled arrow ..... 55

**Мешковский Е. О.** — Параметрическая оптимизация системного регулятора согласованного управления электроприводами четырёхколёсного мобильного робота

*Meshkovskiy E.* — Construction of a trajectory of programmed motion for coordinated control system of electric drives of a four-wheel mobile robot. .... 58

**Рыбак А. В.** — Вопросы оценки деятельности следственных подразделений. Эффективность и мотивация

*Rybak A.* — Questions of assessment of activities of investigative units. Efficiency and motivation. .... 64

## Клиническая медицина

**Будайчиев Г. А., Хижалова З. Т., Меджидова Н. М., Будайчиева М. А., Будайчиева П. М.** — Эндодонтическое лечение первого нижнего моляра со сложной анатомией корневого канала

*Budaichiev G., Hizhalova Z., Medzhidova N., Budaichieva M., Budaichieva P.* — Endodontic treatment of the first lower molar with a complex root canal anatomy. .... 69

<i>Магомедов М. М., Иманалиев М. Р., Магомедов М. А.</i> — Послеоперационные спайки брюшной полости: патофизиология и профилактика (обзор литературы) <i>Magomedov M., Imanaliev M., Magomedov M.</i> — Postoperative abdominal adhesion: pathophysiology and prevention (review) . . . . . 73	<i>Ручкин М. П., Макаревич Е. С., Маркелова Е. В., Федяшев Г. А.</i> — Клинико-амнестические и структурно-функциональные показатели у больных сахарным диабетом 2 типа с наличием нейродегенеративных изменений сетчатки <i>Ruchkin M., Makarevich E., Markelova E., Fedyashev G.</i> — Clinical, amnestic and morphofunctional parameters in patients with type 2 diabetes mellitus with neurodegeneration of retina. . . . . 87
<i>Патеев А. В., Максименя М. В., Караваева Т. М., Бакалова Ю. В., Жилыева М. С., Терешков П. П.</i> — Поиск новых маркеров развития кардиомиопатии, как путь к решению одной из медико-социальных проблем <i>Pateyuk A., Maksimenya M., Karavaeva T., Bakalova Yu., Zhilyaeva M., Tereshkov P.</i> — Searching for new markers of the development of cardiomyopathy as a way to solving one of medical and social problems . . . . 81	Информация Наши авторы. Our Authors. . . . . 91 Требования к оформлению рукописей и статей для публикации в журнале . . . . . 93

## ОЦЕНКА ТОКСИЧНОСТИ СЛОЖНЫХ КОМПОСТОВ МЕТОДОМ БИОТЕСТИРОВАНИЯ<sup>1</sup>

**Антоненко Дарья Алексеевна**

К.с.-х.н., доцент, Кубанский государственный аграрный университет имени И. Т. Трубилина (г. Краснодар)  
dasha-slav@rambler.ru

**Никифоренко Юлия Юрьевна**

К.б.н., доцент, Кубанский государственный аграрный университет имени И. Т. Трубилина (г. Краснодар)  
petuh\_yulya@mail.ru

**Мельник Ольга Александровна**

К.б.н., доцент, Кубанский государственный аграрный университет имени И. Т. Трубилина (г. Краснодар)  
melnik\_olga240781@mail.ru

### ESTIMATION OF TOXICITY OF COMPLEX COMPOSTS BY THE METHOD OF BIOTESTING ON CORN SEEDS

**D. Antonenko  
Yu. Nikiforenko  
O. Melnik**

*Summary.* Biotesting as a method of environmental research is characterized by a comprehensive approach, efficiency and effectiveness. The results of determining the phytotoxicity of three different complex composts which composed of livestock and chemical industry wastes (cattle manure and phosphogypsum) are presented in the article. Corn is selected as a test object. Significant differences between the options identified in the experiment. Composts do not adversely affect the development of plant seedlings. A favorable compost ratio has been identified.

*Keywords:* ecology, biotesting, phytotoxicity, wastes, composting, composts, germination energy, biometric indicators, toxicity index..

*Аннотация.* Биотестирование как метод экологических исследований отличается комплексностью подхода, эффективностью и оперативностью. В статье приводятся результаты определения фитотоксичности трех разных вариантов сложных компостов, составленных из отходов животноводства и химической промышленности (навоза КРС и фосфогипса) в разном их соотношении. В качестве тест-объекта выбрана кукуруза. В опыте выявлены существенные различия в питательной ценности между вариантами. Компосты не оказывают негативного влияния на развитие проростков испытываемой культуры. Отмечено более благоприятное компонентное соотношение компоста.

*Ключевые слова:* экология, биотестирование, фитотоксичность, отходы, компостирование, компосты, энергия прорастания, биометрические показатели, индекс токсичности.

**Б**иотестирование — это один из видов биоиндикации, суть которого заключается в оценке реакции живых организмов на изменяющиеся условия среды. В качестве тест-объектов могут выступать различные живые организмы — от низших до высших уровней организации. Они как маячки сигнализируют о токсичности и непригодности среды обитания. Этот метод весьма эффективен и оперативен, может заменить сложные длительные химические анализы. Часто применяется для оценки токсичности почвы, отходов, донных отложений, вод и других объектов (Мельник, Яковина, 2016; Антоненко, Горбань, 2018; Антоненко, Белюченко, 2018; Никифоренко, 2018; Мельник, 2019).

Оценка загрязнений с использованием живых организмов отличается комплексным подходом, поскольку биоиндикаторы реагируют на весь комплекс загрязнений; а химические и физико-химические способы оценки ориентированы на один конкретный элемент-загрязнитель.

На наш взгляд использование метода биотестирования при оценке токсичности отходов и компостов является подходящим экспресс-методом. В литературе встречаются похожие исследования (Михеева и др., 2014; Бойцова и др., 2017). Например, для оценки качества компоста китайскими учеными предлагается тест на всхожесть семян, который является мощным инстру-

<sup>1</sup> Исследования выполнены в рамках поддержки фундаментальных научных исследований по гранту (номер 19–416–233033 р\_мол\_а) РФФИ и администрации Краснодарского края

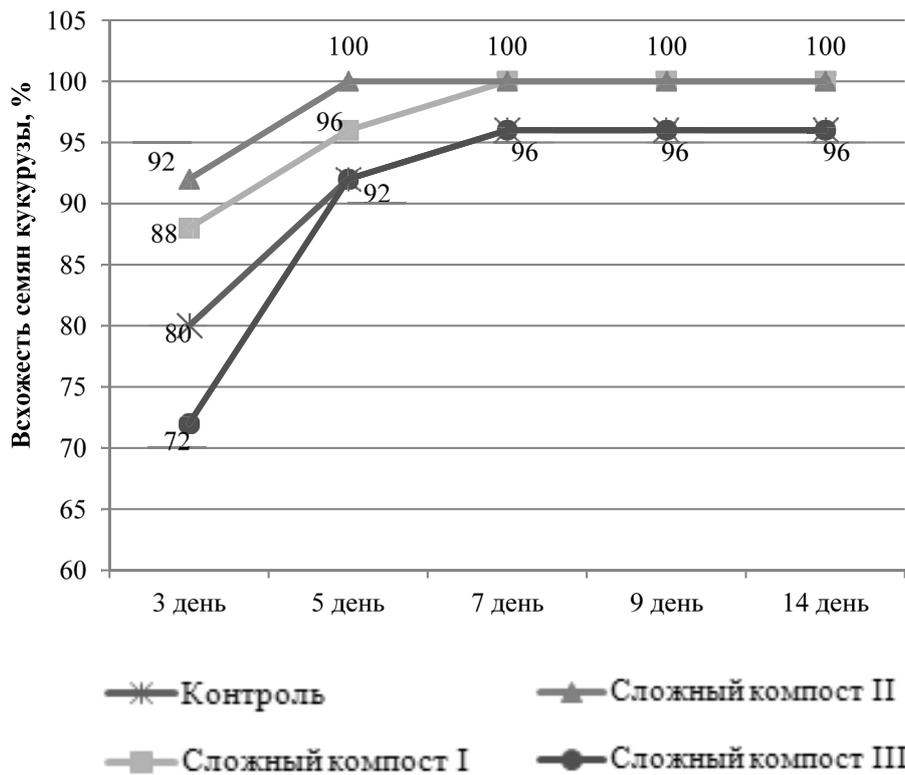


Рис. 1. Энергия прорастания семян кукурузы в результате биотестирования сложных компостов, %

ментом для изучения токсичности компоста. В качестве модельного семени для исследования фитотоксичности компоста предлагается использовать китайскую капусту (Luo et al., 2018).

В нашей работе по оценке токсичности и экологической безопасности полученных компостов мы использовали растительный объект — семена кукурузы. Выбор культуры также связан с дальнейшим проведением полевого эксперимента по оценке воздействия различных доз компостов на рост и урожайность кукурузы. Лабораторный эксперимент позволил нам оценить не только токсичность компостов, но их влияние на начальный рост и развитие выбранного тест-объекта.

**Методические аспекты исследований**

Для изучения особенностей формирования сложного компоста из полуперепревшего навоза КРС и фосфогипса был заложен опыт по компостированию, который включал 3 варианта. Три разных варианта компоста формировали в специальных емкостях для компостирования (V=500 л) путем смешивания двух основных отходов в различных соотношениях. Также с целью обеспечения лучшей аэрации в каждый из вариантов было добавлено одинаковое количество соломы люцерны.

Варианты компостов: 1) сложный компост I — полуперепревший навоз КРС + фосфогипс (в соотношении 5:1) + солома люцерны; 2) сложный компост II — полуперепревший навоз КРС + фосфогипс (в соотношении 7:1) + солома люцерны; 3) сложный компост III — полуперепревший навоз КРС + фосфогипс (в соотношении 9:1) + солома люцерны.

Компостирование проводили в весенне-летний период при температуре воздуха 20–30 °С и благоприятных условиях увлажнения. Для более эффективного взаимодействия компонентов компоста поддерживали влажность субстратов на уровне 35–40% и обеспечивали поступление кислорода путем периодического перемешивания.

Биотестирование компостов проводили в виде лабораторных опытов в чашках Петри. В качестве объекта исследования были выбраны зерна кукурузы. Для полива при проращивании кукурузы использовали водную вытяжку из различных компостов (субстрат: вода = 1: 10).

Опыт по биотестированию включал 4 варианта: 1) контроль — дистиллированная вода; 2) водная вытяжка из сложного компоста I; 3) водная вытяжка из сложного компоста II; 4) водная вытяжка из сложного компоста III.

Таблица 1. Биометрические показатели растений кукурузы и их изменение в зависимости от варианта опыта

День опыта	Вариант опыта	Длина побега кукурузы, см	Длина основного корня кукурузы, см
3 день	Контроль	0,78 ± 0,04	1,18 ± 0,06
	Сложный компост I	0,91 ± 0,04	0,87 ± 0,04
	Сложный компост II	1,12 ± 0,05	0,95 ± 0,05
	Сложный компост III	0,88 ± 0,04	0,64 ± 0,04
5 день	Контроль	5,58 ± 0,25	4,27 ± 0,20
	Сложный компост I	5,86 ± 0,26	4,21 ± 0,21
	Сложный компост II	6,87 ± 0,32	5,02 ± 0,24
	Сложный компост III	5,74 ± 0,28	4,14 ± 0,21
7 день	Контроль	7,36 ± 0,35	8,28 ± 0,40
	Сложный компост I	8,46 ± 0,40	7,98 ± 0,39
	Сложный компост II	9,21 ± 0,45	9,04 ± 0,44
	Сложный компост III	7,98 ± 0,39	7,76 ± 0,40
9 день	Контроль	8,94 ± 0,44	11,48 ± 0,54
	Сложный компост I	9,87 ± 0,47	12,70 ± 0,63
	Сложный компост II	10,84 ± 0,53	13,45 ± 0,65
	Сложный компост III	8,98 ± 0,44	11,08 ± 0,53
14 день	Контроль	10,74 ± 0,52	13,87 ± 0,68
	Сложный компост I	12,78 ± 0,62	14,16 ± 0,70
	Сложный компост II	13,55 ± 0,67	15,14 ± 0,75
	Сложный компост III	10,86 ± 0,52	12,54 ± 0,61

Повторность опыта была 5-ти краткая; в каждую чашку Петри на фильтровальную бумагу раскладывали по 5 зерен кукурузы. Полив проводили в течение двух недель с интервалом 2–3 дня в количестве 20 мл. В период проведения лабораторного опыта велись регулярные измерения следующих показателей: всхожесть семян, длина побегов, длина корней. В конце опыта определяли биомассу растений в воздушно-сухом состоянии.

### Результаты исследований и их обсуждение

Одним из важных показателей при проведении биотестирования на растениях является энергия прорастания и всхожесть семян. Энергия прорастания характеризует дружелюбность и скорость прорастания семян. Обычно она определяется в первые 3–4 дня проведения биотестирования. У нас в опыте отмечены более дружные всходы кукурузы в вариантах со сложным компостом II и сложным компостом I (92 и 88%, соответственно). Минимальные значения этого показателя выявлены в варианте со сложным компостом III — только 72% семян кукурузы проросли на 3 день опыта. На контроле энергия прорастания семян составила 80% (рисунок 1).

Всхожесть семян — количество нормально проросших семян за весь период проведения лабораторного опыта (14 дней). Результаты подсчета всхожести семян

были на высоком уровне во всех вариантах опыта. При поливе вытяжками из сложных компостов I и II нормально проросли все семена (всхожесть 100%). Причем полная всхожесть кукурузы в варианте со сложным компостом I отмечена на 5 день опыта, а в варианте со сложным компостом II — на 7 день опыта. Максимальная всхожесть на контроле выявлена на 7 день опыта и составила 96%. Аналогичное прорастание семян характерно и для варианта со сложным компостом III (рисунок 1).

Первые результаты измерений биометрических показателей растений кукурузы проводили на 3 день лабораторного опыта. Выявлено, что на контроле (дистиллированная вода) длина основного корня кукурузы была больше по сравнению с компостами, тогда как длина побега наоборот — меньше. Далее разница между вариантами несколько поменялась. Так на 5 день опыта максимальная длина побега отмечена в варианте со сложным компостом II, в остальных вариантах данный показатель был близок к контролю. Аналогичные изменения характерны и для длины основного корня кукурузы: максимум отмечен в варианте со сложным компостом II. Через неделю после закладки опыта рост побега при поливе водой несколько замедлился, тогда как при поливе вытяжками из компостов I и II — был интенсивнее. Длина побега кукурузы в варианте со сложным компостом III и на контроле через 14 дней опыта была примерно одинаковой (таблица 1).

Таблица 2. Результаты расчета индекса фитотоксичности при биотестировании компостов

Вариант опыта	Длина проростка, см (L <sub>п</sub> )	Длина корешка, см (L <sub>к</sub> )	ИФ	Класс токсичности
Контроль	10,74	13,87	–	–
Сложный компост I	12,78	14,16	1,09	норма
Сложный компост II	13,55	15,14	1,17	стимуляция роста
Сложный компост III	10,86	12,54	0,95	норма

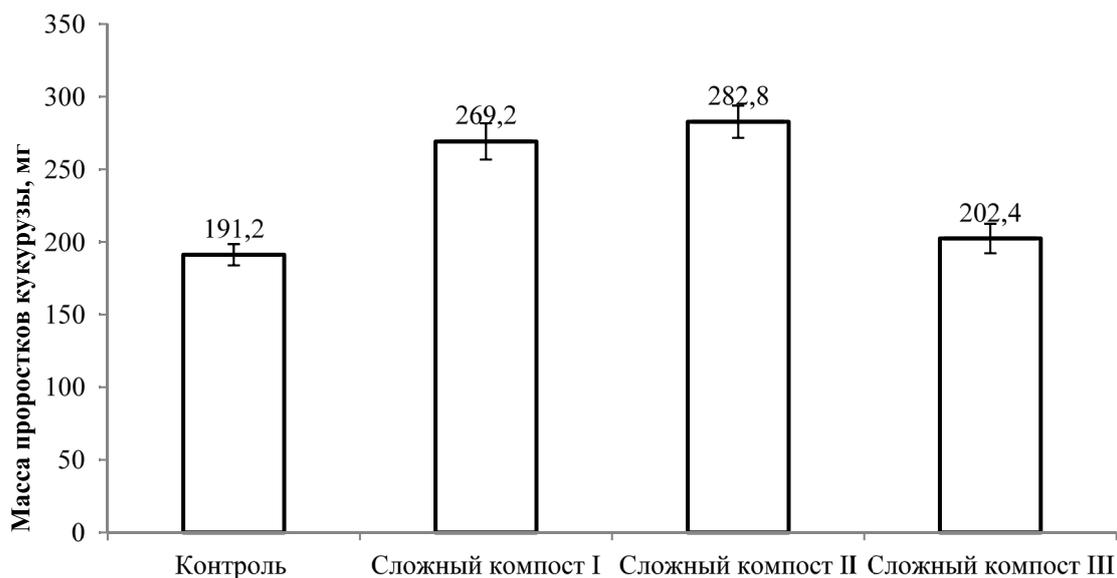


Рис. 2. Изменение массы проростков кукурузы в зависимости от компоста, мг (сухое вещество)

Длина основного корня на 9 и 14 день опыта была максимальной в вариантах со сложными компостами I и II. Отмечено, что корни в варианте со сложным компостом III развивались медленнее, на концах были незначительно повреждены, вероятно, из-за большего содержания органических веществ по сравнению с другими вариантами. Также в вариантах со сложными компостами I и II прослеживается обильный рост корневых волосков на основном и дополнительных корнях, что не выявлено на контроле и в варианте со сложным компостом III (таблица 1).

Если рассматривать два «похожих» варианта (сложный компост I и сложный компост II), то лучшими показателями в ходе биотестирования выделяется сложный компост II, где соотношение навоза и фосфогипса 7:1. Так длина побега кукурузы в этих вариантах составила 12,8 и 13,6 см соответственно, а длина основного корня — 14,1 и 15,1 см. Также для варианта II характерно наличие более длинных дополнительных корешков и обилие на них корневых волосков. По нашему мнению, заметный рост основного корня, дополнительных корешков и корневых волосков связан с добавлением в компост фосфогипса, содержащего значительную долю кальция.

Масса проростков кукурузы варьировала от 191 до 283 грамм. Причем максимум отмечен в варианте со сложным компостом II. Близкие показатели массы и несущественные различия выявлены между контролем и вариантом со сложным компостом III (191,2 и 202,4 грамм, соответственно) (рисунок 2).

В результате биотестирования выявлены однозначные изменения в длине проростка и основного корня кукурузы. Также видна заметная разница между вариантами по энергии прорастания и всхожести, массы надземной части растений. Сложные компосты I и II положительно влияют на начальный рост кукурузы. Токсичность этих удобрений не выявлена. Растения в варианте со сложным компостом III развивались иначе и биометрические показатели находились на уровне контроля. Для получения еще более наглядных результатов нами был рассчитан индекс фитотоксичности по формуле:

$$ИФ = \frac{(L_{п} + L_{к})_{опыт}}{(L_{п} + L_{к})_{контроль}}$$

где  $L_{п}$  — длина проростка, см;  $L_{к}$  — длина корешка, см.

Расшифровка: ИФ > 1,10 — стимуляция роста; ИФ = 0,91–1,10 — норма; ИФ = 0,71–0,90 — низкая токсичность; ИФ = 0,50–0,70 — средняя токсичность; ИФ < 0,50 — высокая токсичность.

Индекс фитотоксичности определяет токсичность и ее степень. Расчеты индекса с использованием биометрических замеров кукурузы показали положительные результаты. Токсичность компостов не выявлена. Наоборот, отмечено положительное воздействие на рост проростков и корешков. Особенно это касается варианта сложный компост II, где индекс фитотоксичности указывает на стимуляцию роста растений. В вариантах

сложных компост II и III стимуляции роста не отмечено, индекс фитотоксичности в норме (таблица 2).

Таким образом, результаты лабораторного опыта выявили изменения в начальном росте и развитии корешков кукурузы при поливе их водной вытяжкой из сложных компостов. Отмечено увеличение длины главного зародышевого корешка, количества боковых зародышевых корешков и корневых волосков. Биотестирование показало, что сложные компосты не угнетают рост побегов данной культуры. Наиболее благоприятное воздействие и стимуляция роста кукурузы отмечено в варианте со сложным компостом II.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Антоненко Д. А., Белюченко И. С. Оценка влияния отходов животноводства на окружающую среду методом биотестирования // Экологический вестник Северного Кавказа. — 2018. — Т. 14. — № 3. — С. 4–9.
2. Антоненко Д. А., Горбань М. А. Анализ фильтрационного осадка // Экологический вестник Северного Кавказа. — 2018. — Т. 14. — № 3. — С. 10–13.
3. Бойцова Л. В., Зинчук Е. Г., Моисеев К. Г., Пищик В. Н. Экологическая оценка почвогрунтов и сложных компостов методом биотестирования // Сборник научных трудов по материалам V Международной научной экологической конференции, посвященной 95-летию Кубанского ГАУ «Проблемы рекультивации отходов быта, промышленного и сельскохозяйственного производства». — 2017. — С. 332–335.
4. Мельник О. А. Анализ данных, полученных при проращивании ярового рапса с использованием экстрактов из фосфогипса и навоза КРС // Экологический вестник Северного Кавказа. — 2019. — Т. 15. — № 34. — С. 43–46.
5. Мельник О. А., Яковина Е. П. Влияние экстракций отходов на прорастание семян ярового рапса и горчицы белой // Международная научная экологическая конференция «Совместные посевы полевых культур в севообороте агроландшафта». — 2016. — С. 282–286.
6. Михеева И. Г., Пименова Е. В., Никитская Н. И. Биотестирование отходов ОАО «КамаБумПром» в лабораторном опыте // Материалы Всероссийской научно-практической конференции «Молодежная наука 2014: технологии, инновации». — 2014. — С. 279–281.
7. Никифорова Ю. Ю. Почвенная мезофауна агроценозов под воздействием сложного компоста // Экологический вестник Северного Кавказа. — 2018. — Т. 14. — № 2. — С. 76–81.
8. Luo Y., Liang J., Zeng G., Chen M., Mo D., Li G., Zhang D. Seed germination for toxicity evaluation compost: its Roles, Problems and Prospects // Waste Management. — 2018. — Т. 71. — С. 109–114.

© Антоненко Дарья Алексеевна (dasha-slav@rambler.ru),

Никифорова Юлия Юрьевна (petuh\_yulya@mail.ru), Мельник Ольга Александровна (melnik\_olga240781@mail.ru).

Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»

# ВИДОВОЙ СОСТАВ И ЭКОЛОГО-ТРОФИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ РОДА COLLETOTRICHUM CORDA В УСЛОВИЯХ ЗАКРЫТОГО ГРУНТА ЦБС НАН АЗЕРБАЙДЖАНА

**Велиева Сафура Сахиб кызы**

Диссертант(PhD), Институт Микробиологии НАНА,  
Азербайджан, Баку  
gshakir@mail.ru

## SPECIES COMPOSITION AND ECO-TROPHIC FEATURES OF THE GENUS COLLETOTRICHUM CORDA IN THE GREENHOUSE OF THE CBG. OF THE NAS OF AZERBAIJAN

**S. Veliyeva**

*Summary.* In the article are presented species composition of pathogenic micromycetes from the genus *Colletotrichum* Corda on the tropical plants-introducents to the greenhouse of the Central Botanical Garden of the National Academy of Sciences of Azerbaijan. In the course of research were identified 8 pathogenic anamorphic species (*Colletotrichum crassipes* (Speg.) Arx, *C. gloeosporioides* (Penz.) Penz.&Sacc., *C. destructivum* O'Gara, *C. cliviae* Yan L. Yang, *C. musae* (Berk.&M.A. Curtis) Arx, *C. orchidearum* Allesch., *C. roseolum* Henn., *C. orthianum* Kostlan) from the genus *Colletotrichum*, belonging to the Ascomycota division, the Sordariomycetes class, the Hypocreomycetidae subclass, the Glomerellales order, and the Glomerellaceae family. It was found 25 taxa of identified species of phytopathogens, which growth and development on the research plants. It was noted that the detected pathogenic micromycetes from the genus *Colletotrichum* represent the causative agents of the anthracnose disease on the vegetative and generative organs of tropical plants in the greenhouses. Described the morphology and biology features of micromycetes.

*Keywords:* *Colletotrichum* Corda, pathogenic micromycetes, anthracnose, eco-trophism, closed ground, tropical plants.

*Аннотация.* В данной статье приведен видовой состав патогенных микромицетов рода *Colletotrichum* Corda тропических растений-интродуцентов закрытого грунта ЦБС НАН Азербайджана. В ходе проведенного исследования выявлено 8 патогенных анаморфных видов (*Colletotrichum crassipes* (Speg.) Arx, *C. gloeosporioides* (Penz.) Penz.&Sacc., *C. destructivum* O'Gara, *C. cliviae* Yan L. Yang, *C. musae* (Berk.&M.A. Curtis) Arx, *C. orchidearum* Allesch., *C. roseolum* Henn., *C. orthianum* Kostlan) рода *Colletotrichum*, относящихся к отделу Ascomycota, классу Sordariomycetes, подклассу Hypocreomycetidae, порядку Glomerellales и семейству Glomerellaceae. Установлено 25 таксонов питающих растений, на которых проходит рост и развитие выявленных фитопатогенных видов. Установлено, что обнаруженные патогенные микромицеты рода *Colletotrichum* являются возбудителями болезни — антракноза на вегетативных и генеративных органах тропических растений в закрытом грунте. Описаны морфология и особенности биологии микромицетов.

*Ключевые слова:* *Colletotrichum* Corda, патогенные микромицеты, антракноз, эко-трофика, закрытый грунт, тропические растения.

## Введение

**В** настоящее время существует огромное количество научных трудов и материалов, посвященных грибным болезням сельскохозяйственных и цветочно-декоративных растений, выращиваемых в промышленных масштабах [17, 20], в то время как проблеме грибных болезней субтропических и тропических растений в условиях закрытого грунта не уделяется должного внимания [13]. Особенно это проблема актуальна для ботанических садов, где содержится большое количество видов и сортов растений [10], многие из которых сильно страдают от разных фитопатогенных микроорганизмов, в частности, микромицетов [11–12, 18]. Так, биотрофные виды микромицетов отрицательно влияют на процес-

сы жизнедеятельности растений, ослабляют их способность к перезимовке, долговечность, семенную продуктивность, снижают декоративные качества растений, а сапротрофные виды, поселяясь на ослабленных или травмированных растениях, приводят к разрушению их тканей, что ускоряет их гибель [1, 21]. Поэтому изучение видового состава патогенной микобиоты растений диктуется непосредственными научными и практическими задачами интродукции и акклиматизации.

Надо отметить, что видовой состав возбудителей заболеваний того или иного растения в разных климатических зонах имеет свою специфику [4–5, 7]. Поэтому первостепенное значение для решения практических вопросов по защите растений, в том числе интродуцен-

тов, имеют исследования по инвентаризации паразитных грибов в конкретных местных условиях. Только уточнение видового состава фитопатогенных грибов и особенностей их развития позволяют научно обосновать необходимость защитных мероприятий.

Как отмечалось выше, грибные болезни субтропических и тропических растений в настоящее время в мире изучены недостаточно. В условиях Азербайджанской Республики данный вопрос вообще не исследован, даже несмотря на то, что в коллекции ЦБС НАН Азербайджана насчитывается 294 видов субтропических и тропических растений [2].

В этой связи, целью представленной работы явилось изучение грибных болезней тропических растений в закрытом грунте Азербайджана. Учитывая многочисленность грибных болезней и их возбудителей, в ходе работы исследовались патогенные виды грибов рода *Colletotrichum* Corda, которые вызывают антракноз различных растений [14–15, 18–19].

#### Объекты и методы исследований

Объектами исследования являются возбудители болезни антракноза тропических растений в закрытом грунте в сухих субтропических зонах Азербайджана. Изученные возбудители антракноза являются представителями анаморфных видов рода *Colletotrichum* Corda.

Идентификация и описание микромицетов, относящихся к роду *Colletotrichum*, осуществлялись на основе методов и подходов, использованных в работе различных авторов [9, 16]. Названия грибов, их синонимы и систематическое положение приведены в соответствии с базой данных Интернет-ресурса CABI Bioscience Database [8].

Названия тропических растений приведены по Б. Н. Головкину, В. Н. Чекановой, Г. И. Шаховой и др. [3], а также по Т. М. Черевченко, С. Н. Приходько, Т. К. Майко и др. [6].

Идентификацию микромицетов проводили в Институте Микробиологии НАН Азербайджана. В работе использовали бинокулярные микроскопы МБС-9 и "OMAX 40X-2500X LED Digital Lab Trinocular Compound Microscope".

#### Обсуждение и результаты

В результате анализа микологического состава коллекции тропических растений, выращиваемых в закрытом грунте Центрального ботанического сада НАН Азербайджана, выявлено 8 патогенных видов

(*Colletotrichum crassipes* (Speg.) Arx, *C. gloeosporioides* (Penz.) Penz.&Sacc., *C. destructivum* O'Gara, *C. cliviae* Yan L. Yang, *C. musae* (Berk.&M.A. Curtis) Arx, *C. orchidearum* Allesch., *C. roseolum* Henn., *C. orthianum* Kostlan) рода *Colletotrichum*.

Систематическое положение микромицетов рода *Colletotrichum*: Fungi, Ascomycota, Pezizomycotina, Sordariomycetes, Hypocreomycetidae, Glomerellales, Glomerellaceae, *Colletotrichum*.

В результате проведенного миколого-трофического анализа коллекции тропических растений закрытого грунта было установлено 25 таксонов питающих растений, на которых происходит рост и развития выявленных видов патогенных микромицетов рода *Colletotrichum*.

Ниже приводится список видов патогенных микромицетов, развивающихся на надземных органах (вегетативных и генеративных) тропических растений закрытого грунта (Таблица 1).

***Colletotrichum crassipes* (Speg.) Arx**, *Phytopathologische Zeitschrift* 29 (4): 448 (1957)  
=*Gloeosporium crassipes* Speg., *Rivista di Viticoltura e di Enologia di Conegliano* 2:405 (1878)

**Морфология.** Анаморфный микромицет *Colletotrichum crassipes* представлен конидиями на коротких конидиеносцах в специальных конидиальных ацервулах. Они выступают на поверхность субстрата в виде плоских подушечек. Конидиеносцы этого патогенного микромицета короткие, расположены скученно, по краям конидиального ложа находятся темные щетинки. Конидии одноклеточные, бесцветные, серповидной, цилиндрической формы размером 10,4–19,5x3,6–6,7 мкм.

**Биологические особенности микромицета.** Микромицет вызывает пятнистость органов тропических растений. На зараженных органах происходит спороношение. Первые признаки болезни появляются в первой декаде мая и до второй декады июня. При этом, на надземных органах растений формируются сплошной налет в виде темно-коричневых пятен с концентрическими кругами. В течение вегетационного периода патоген закрытого грунта распространяется конидиями во время полива и при сквозном проветривании. Микромицеты *C. Crassipes* могут развиваться при температуре от +4,5–50С до 29–310С. Оптимальная влажность составляет 88–98%. При относительной влажности около 55–65% активность микромицета снижается.

**Питающие растения.** *Phoenix dactylifera* L., *Chamaerops humilis* L., *Vallota speciosa* Dur., *Ananas*

Таблица 1. , Микробиоты, развивающиеся на надземных органах тропических растений закрытого грунта ЦБС НАН Азербайджана

№	Виды патогенных микробиот	Питающие растения	Семейства растений
1.	<i>Colletotrichum crassipes</i>	<i>Phoenix dactylifera</i> , <i>Chamaerops humilis</i> ; Vallota speciosa; Ananas comosus variegatus;	Arecaceae Amaryllidaceae Bromeliaceae
2.	<i>C.gloeosporioides</i>	Parodia magnifica, Rebutia krainziana, R. minuschula Persea americana; Citrus limon, Fortunella margarita; Opuntia lindheimeri, Op. linguiformis, Op. macracantha, Mammillaria prolifera; Anthurium andreaeanum, Zantedeschia aethiopica	Cactaceae Lauraceae Rutaceae Cactaceae Araceae
3.	<i>C.destructivum</i>	Anthurium scandens	Araceae
4.	<i>C. cliviae</i>	Clivia miniata	Amaryllidaceae
5.	<i>C. musae</i>	Musa basjoo; Aspidistra elatior	Musaceae Liliaceae
6.	<i>C. orchiderum</i>	Cattleya hybrida, Cymbidium hybridum, Coelogyne cristata, Dendrobium nobile, Stanhopea tigrina	Orchidaceae
7.	<i>C. roseolum</i>	Cattleya hybrida, Cymbidium hybridum, Coelogyne cristata, Dendrobium nobile, Stanhopea tigrina	Orchidaceae
8.	<i>C. orthianum</i>	Cattleya hybrida, Cymbidium hybridum, Coelogyne cristata, Dendrobium nobile, Stanhopea tigrina	Orchidaceae

*comosus* (L.) Merr. *variegatus* hort, *Parodia magnifica* (F. Ritter) F.H. Brand, *Rebutia krainziana* Kesseir, *R. minuschula* K. Schum.

**Общее распространение.** Широко распространен по миру.

***C. gloeosporioides* (Penz.) Penz.&Sacc.,** Atti dell'Istituto Veneto Scienze 2:670 (1884)

= *Vermiculariagloeosporioides* Penz., Michelia 2 (8): 450 (1882)

**Морфология.** Конидии образуются во время влажной погоды и заражают здоровые ткани растений через брызги воды. Ацервулы представляют собой гимениальный слой, состоящий из тесно сидящих конидиеносцев. Конидиеносцы удлинённые, бесцветные, палочкообразные, расположены тесным плотным слоем и большей частью субэпидермально, на поверхности поражённой ткани выступают только конидии. Конидии возникают акрогенно друг за другом и легко отделяются от конидиеносцев. Конидии одноклеточные, бесцветные, удлинённые, реже эллипсоидальные с закруглёнными концами, 6,7–10,9x2,7–3,0 мкм.

**Биологические особенности микробиоты.** *C. Gloeosporioides* является одним из широко распро-

страненных и вредоносных возбудителей антракнозов на тропических растениях закрытого грунта Азербайджана. Этот микробиот вызывает гниение вегетативных и генеративных органов тропических растений. Первые признаки болезни появляются в мае и до первой декады июня. При этом, на органах растений формируются пятна — от небольших красноватых коричневых круглых пятен до больших черных пятен неправильной формы с концентрическими гнилыми кольцами. Болезнь может возникать в течение всего вегетационного сезона, если создаются благоприятные условия для ее развития. *C. gloeosporioides* является гемибиотрофом, то есть он занимает промежуточное положение между биотрофами и сапрофитами.

**Питающие растения.** *Persea americana* Mill., *Citrus limon* (L.) Burm., *Fortunella margarita* Swingle, *Opuntia lindheimeri* Engelm., *Op. linguiformis* Griffiths, *Op. macracantha* Griseb., *Mammillaria prolifera* (Mill.) Haw., *Anthurium andreaeanum* Lind., *Zantedeschia aethiopica* Spreng.

**Общее распространение.** Азербайджан, Грузия и субтропические зоны.

***C.destructivum* O'Gara,** Mycologia 7 (1): 38 (1915)

**Морфология.** Конидии яйцевидные, светлые, одноклеточные, продолговатые, размером 3,1–5,2x2,4–3,6 мкм. Короткие конидиеносцы образуются в сероватых подушечках-ложках без щетинок.

**Биологические особенности микромицета.** Микромицет зимует в форме мицелий в пораженных органах. Весной образуется конидиальное спороношение и телеоморфа. Первые признаки болезни появляются в первой декаде мая и до первой декады июня. В местах поражения образуется мицелий. На эпидермисе пораженной ткани растений образуется ацервула конидиеносцев с конидиями. Конидии прорастают при температуре от +100С до +39–400С и высокой влажности.

**Питающие растения.** *Anthurium scandens* Engl.

**Общее распространение.** Субтропические и тропические зоны.

*C. cliviae* Yan L. Yang, Zuo Y. Liu, K.D. Hyde & L. Cai, Fungal Diversity 39: 133 (2009)  
= *Colletotrichum cliviicola* Damm & Crous, Studies in Mycology 92: 11 (2018)

**Морфология.** Конидии бесцветные, продолговатые, одноклеточные. Характерный признак ацервулы микромицета — бурые щетинки с утолщениями к основанию и заостренными верхними концами.

**Биологические особенности микромицета.** Инфекция на листьях *C. cliviae* вначале проявляется в виде незначительных обесцвеченных, быстро увеличивающихся в размерах, затем сливающихся пятен. Поражение обычно начинается с края листа, затем распространяется до центральной жилки. При благоприятных условиях болезнь может распространиться на все листья и вызывать их увядание.

Процесс образования конидиального спороношения длится в течение всего времени, пока инфекция не распространится по всему листу. Ацервулы представляет собой гимениальный слой, состоящий из тесно сидящих конидиеносцев, расположенных на более или менее плотном сплетении грибных гиф.

**Питающие растения.** *Cliviaminiata* Rgl.

**Общее распространение.** Субтропические и тропические зоны.

*C. musae* (Berk. & M.A. Curtis) Arx, Phytopathologische Zeitschrift 29 (4): 446 (1957)  
= *Myxosporium musae* Berk. & M.A. Curtis, Grevillea 3 (25): 13 (1874); = *Gloeosporium musarum* Cooke & Masee, Grevillea 16 (77): 3 (1887)

**Морфология.** Конидии мелкие, одноклеточные и изогнутые. Конидиеносцы короткие, бесцветные. В ложках микромицета отсутствуют щетинки.

**Биологические особенности микромицета.** *C. musae* зимуют обычно в форме мицелия в пораженных побегах. Весной на мицелии образуется конидиальное спороношение и телеоморфа. В течение вегетационного периода конидии патогена закрытого грунта распространяются во время полива и при сквозном проветривании. В местах пораженных органов образуется мицелий. Конидии прорастают при температуре от +110С до +390С и высокой влажности.

**Питающие растения.** *Musa basjoo* Sieb. et Zucc., *Aspidistra elatior* Blume

**Общее распространение.** Тропические зоны.

*C. orchidearum* Allesch., Rabenhorst's Kryptogamen-Flora, Pilze — Fungi Imperfecti 1(7): 563 (1902)

**Морфология.** Конидии продолговатые, яйцевидные, иногда удлинено-овальные, одноклеточные, бесцветные. Конидиеносцы цилиндрические, в основном короткие.

**Биологические особенности микромицета и патогенез.** *C. orchidearum* зимуют в форме мицелия в пораженных побегах. Весной образуется конидиальное спороношение и телеоморфа. Конидии в условиях закрытых грунта распространяются путем капельножидкой влаги. В местах поражения образуется мицелий. На эпидермисе пораженной ткани растений образуется ложе конидиеносцев с конидиями. Конидии прорастают при температуре от +100С до +390С и высокой влажности.

**Питающие растения.** *Cattleya hybrida* hort., *Cymbidium hybridum* hort., *Coelogyne cristata* Ldl., *Dendrobium nobile* Ldl., *Stanhopea tigrina* Batem.

**Общее распространение.** Широко распространен по миру.

*C. roseolum* Henn., Hedwigia 44: 176 (1905)

**Морфология.** Мицелий расположен в межклетниках растительных тканей и образуется в вегетационный период. Конидии продолговатые, немного серповидные. На верхнем конце часто утолщены и сужены в форме клювика. Размеры: 14,1–31,6x5,2–7,9 мкм. Конидиеносцы конические, утончающиеся в верхней части. Размеры 11,8–16,7x1,4–3,2 мкм.

**Биологические особенности микромицета.** На инфицированных органах микромицеты развивают спо-

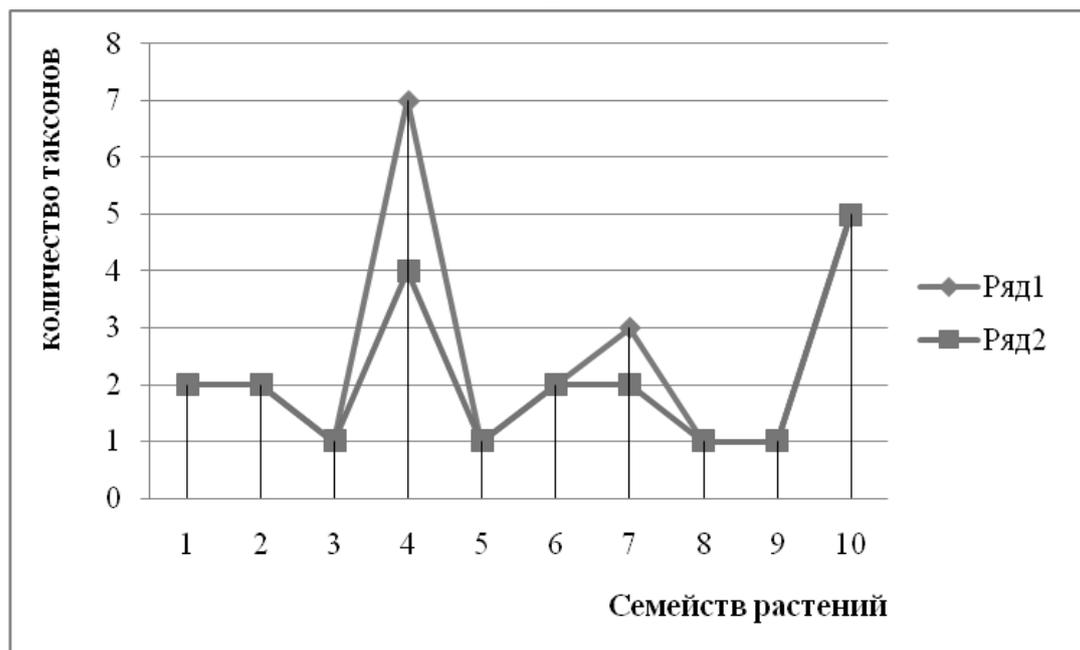


Рис. 1. Распределение таксонов коллетотрихальных микромицетов с учетом питающих тропических растений:

1. *Arecaceae*; 2. *Amaryllidaceae*; 3. *Bromeliaceae*; 4. *Cactaceae*; 5. *Lauraceae*;  
 6. *Rutaceae*; 7. *Araceae*; 8. *Musaceae*; 9. *Liliaceae*; 10. *Orchidaceae*.  
 1 — количество видов; 2 — количество родов

роношение в форме многочисленных подушечек, располагающихся концентрическими кругами или сливающимися в сплошной налет. Микромицеты развиваются при температуре от +4,50С до +300С. Оптимум от +19,50С-+220С до +25,50С-+290С. Оптимальная влажность 88–97%. Особенно интенсивно микромицет развивается в теплых и влажных условиях.

**Питающие растения.** *Cattleya hybrida* hort., *Cymbidium hybridum* hort., *Coelogyne cristata* Ldl., *Dendrobium nobile* Ldl., *Stanhopea tigrina* Batem.

**Общее распространение.** Широко распространен в тропических зонах.

*C. orthianum* Kostlan, Festschr. 70. Geburtstag A. Orth.: 113 (1905)

**Морфология.** Конидии одноклеточные, бесцветные, продолговатые, серповидно-изогнутые. Размеры: 14,30x5,1–8,3 мкм. Конидиеносцы одноклеточные, бесцветные, палочковидные, суженные в верхней части. Размеры: 11,9–17x2,7–3,2 мкм. Размер микроконидии 5,1–6,8x1,4,5–2,3 мкм.

**Биологические особенности микромицета.** Микромицет вызывает пятнистость листьев, представитель се-

мейства *Orchidaceae*. Микромицет *C. orthianum* имеет форму подушечек, расположенных в эпидермисе, которые открываются неравномерно. Первые признаки болезни появляются в начале (первая декада) мая и до третьей декады июня.

Проявление болезни можно заметить на нижних более старых листьях, затем болезнь постепенно переходит на вновь отрастающие листья и листовые влагалища, при благоприятных условиях может распространиться на большинство листьев и вызывать их увядание.

**Питающие растения.** *Cattleya hybrida* hort., *Cymbidium hybridum* hort., *Coelogyne cristata* Ldl., *Dendrobium nobile* Ldl., *Stanhopea tigrina* Batem.

**Общее распространение.** Широко распространен в тропических зонах.

Возбудителями болезни антракноза в закрытом грунте Центрального ботанического сада часто поражаются растения из семейств *Cactaceae* (7; 28,0% от общего числа зараженных видов растений), *Orchidaceae* (5; 20,0%), *Araceae* (3; 12,0%). Реже можно обнаружить виды рода *Colletotrichum* на растениях семейств *Arecaceae*, *Amaryllidaceae*, *Rutaceae* (2; 8,0%), *Bromeliaceae*, *Lauraceae*, *Musaceae*, *Liliaceae* (1; 4,0%) (Рис. 1).

Таблица 2. Абсолютное и относительное количество видов растений, питающих микромицетов рода *Colletotrichum*

Название видов патогенных микромицетов рода <i>Colletotrichum</i>	Название родов питающих растений	Число видов питающих растений	
		абсолютное, шт.	относительное, %
<i>C.gloeosporioides</i>	<i>Opuntia</i>	3	12,0
<i>C. crassipes</i>	<i>Rebutia</i>	2	8,0
<i>C. crassipes</i>	<i>Parodia</i>	1	4,0
<i>C.gloeosporioides</i>	<i>Mammillaria</i>	1	4,0
<i>C.gloeosporioides, C.destructivum</i>	<i>Anthurium</i>	2	8,0
<i>C.gloeosporioides</i>	<i>Zantedeschia</i>	1	4,0
<i>C. crassipes</i>	<i>Phoenix</i>	1	4,0
<i>C. crassipes</i>	<i>Chamaerops</i>	1	4,0
<i>C. crassipes</i>	<i>Vallota</i>	1	4,0
<i>C. cliviae</i>	<i>Clivia</i>	1	4,0
<i>C. crassipes</i>	<i>Ananas</i>	1	4,0
<i>C.gloeosporioides</i>	<i>Persea</i>	1	4,0
<i>C.gloeosporioides</i>	<i>Citrus</i>	1	4,0
<i>C.gloeosporioides</i>	<i>Fortunella</i>	1	4,0
<i>C. musae</i>	<i>Musa</i>	1	4,0
<i>C. musae</i>	<i>Aspidistra</i>	1	4,0
<i>C. orchiderum, C. roseolum, C. orthianum</i>	<i>Cattleya</i>	1	4,0
<i>C. orchiderum, C. roseolum, C. orthianum</i>	<i>Cymbidium</i>	1	4,0
<i>C. orchiderum, C. roseolum, C. orthianum</i>	<i>Coelogyne</i>	1	4,0
<i>C. orchiderum, C. roseolum, C. orthianum</i>	<i>Dendrobium</i>	1	4,0
<i>C. orchiderum, C. roseolum, C. orthianum</i>	<i>Stanhopea</i>	1	4,0
Итого: 8 вид	21 род	25	100

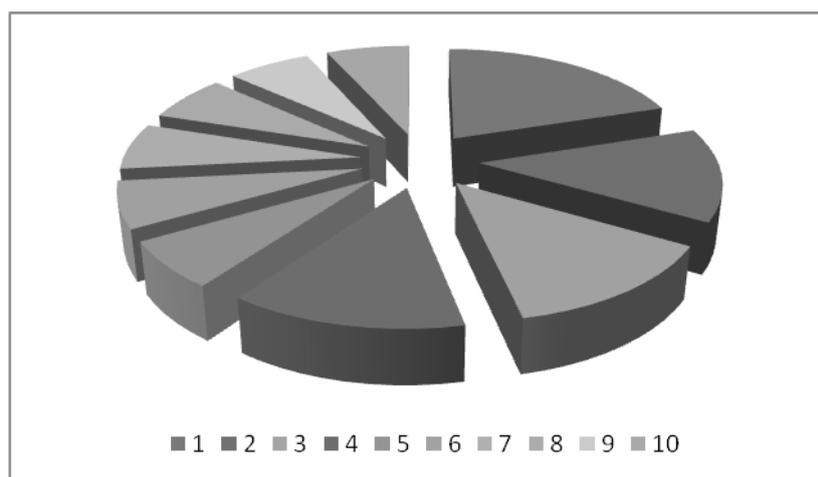


Рис. 2. Распределение таксонов коллетотрихальных микромицетов с учетом общего числа видов по семействам питающих тропических растений:  
 1 — Orchidaceae — 37,5% (3 вида); 2 — Cactaceae- 25,0% (2 вид); 3 -Amaryllidaceae- 25,0% (2 вида); 4 — Araceae — 25,0% (2 вида); 5 — Arecaceae– 12,5% (1 вид); 6 — Rutaceae — 12,5% (1 вид); 7 — Bromeliaceae- 12,5% (1 вид); 8 — Lauraceae — 12,5% (1 вид); 9 — Musaceae- 12,5% (1 вид); 10 — Liliaceae — 12,5% (1 вид).

При анализе родовой насыщенности питающих растений обнаруживается, что в большей степени антракнозу подвержены роды *Opuntia* (3 видов растений; 12,0% от общего числа видов растений), *Rebutia*, *Anthurium* (2; 8,0%). Остальные роды представлены одним видом питающих растений (4,0%) (Таблица 2).

В результате исследования установлено, что выявленные патогенные виды коллетотрихальных грибов заразили разные виды тропических растений: *Colletotrichum crassipes* встречается на *Phoenix dactylifera*, *Chamaerops humilis*, *Vallota speciosa*, *Ananas comosus variegatus*, *Parodia magnifica*, *Rebutia krainziana*, *R. minuschula*; *C. gloeosporioides* — на *Persea americana*, *Citrus limon*, *Fortunella margarita*, *Opuntia lindheimeri*, *Op. linguiformis*, *Op. macracantha*, *Mammillaria prolifera*, *Anthurium andreaeanum*, *Zantedeschia aethiopica*; *C. orchiderum*, *C. roseolumi* *C. orthianum* — на *Cattleya*

*hybrida*, *Cymbidium hybridum*, *Coelogyne cristata*, *Dendrobium nobile*, *Stanhopea tigrina*; лишь некоторые обладают узкой специализацией растений-хозяев: *Colletotrichum destructivum* встречается на *Anthurium scandens*; *C. cliviae* — на *Clivia miniata*.

Наибольшее число патогенных микромицетов обнаружено на представителях семейства *Orchidaceae* (3 возбудителя антракноза; 37,5% от общего числа видов) и семейств *Cactaceae*, *Amaryllidaceae*, *Araceae* (2; 25,0%). На остальных растениях микромицеты данного рода представлены одним видом (12,5%) (Рис. 2).

Появление этих возбудителей болезни антракноза в нашей стране (Азербайджана) связано с завозом зараженных черенков и растений из-за рубежа, где эта культура выращивается для озеленения закрытого грунта как красивое декоративное растение.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Афонин А. Н., Грин С. Л., Дзюбенко Н. И., Фролов А. Н. (ред.) Агроэкологический атлас России и сопредельных стран: экономически значимые растения, их вредители, болезни и сорные растения, 2008. <http://www.agroatlas.ru>
2. Гасымов Ш. Н. Коллекционный фонд тропических и субтропических растений Центрального ботанического сада. // "Интродукция и акклиматизация растений" (Труды Центрального Ботанического сада НАН Азербайджана), Баку, 2004. Том IV, с. 142–148.
3. Головкин Б. Н., Чеканова В. Н., Шахова Г. И. и др. Комнатные растения: Справочник. — М.: Лесн. пром-сть, — 1989. — 431 с.
4. Кузнецова Н. П., Падукова А. М. Вредители тропических и субтропических растений закрытого грунта Сибирского ботанического сада // Бюл. ГБС. — 1998. Вып. 176. — С. 165.
5. Проценко Е. П., Сёлочник Н. Н., Миско Л. А. О патогенной микрофлоре тропических и субтропических растений Главного ботанического сада АН СССР // Защита растений от вредителей и болезней. — М.: ГБС АН СССР, — 1974. Т. 3. — С. 93–122.
6. Черевченко Т. М., Приходько С. Н., Майко Т. К. и др. Тропические и субтропические растения закрытого грунта: Справочник. — Киев: Наук. думка, — 1988. — 412 с.
7. Ampt E. A., van Ruijven J., Raaijmakers, J.M. et al. Linking ecology and plant pathology to unravel the importance of soil-borne fungal pathogens in species-rich grasslands. // Eur J Plant Pathol., 2019, 154, 141–156.
8. <https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/21655979.2019.1649520> CABI Bioscience Database — <http://www.mycobank.org> (по состоянию на 10.05.2020)
9. Cannon P.F., Damm U., Johnston P.R., Weir B.S. *Colletotrichum* — current status and future directions. // Studies in Mycology, — 2012. 73: 181–213. <https://doi.org/10.3114/sim0014>
10. Chen G, Sun W. The role of botanical gardens in scientific research, conservation, and citizen science. // Plant Divers. 2018;40(4):181–188.
11. Crous P.W., Hawksworth D. L., Wingfield M. J. Identifying and naming plant-pathogenic fungi: Past, present, and future. // Annual Review of Phytopathology — 2015, 53, — pp. 247–267.
12. Damm U., Barroncelli R., Cai L., Kubo Y., O'Connell R., Weir B., Yoshino K., Cannon P.F. *Colletotrichum*: species, ecology and interactions. // IMA Fungus — 2010. 1:161–165.
13. Everett K. R. Anthracnose and Stem-End Rots of Tropical and Subtropical Fruit—New Names for Old Foes. In: Prusky D, Gullino ML (eds.) Post-harvest Pathology, // Springer International Publishing — 2014. — pp. 55–70.
14. Guo M., Pan Y. M., Dai Y. L., Gao Z. M. First report of brown blight disease caused by *Colletotrichum gloeosporioides* on *Camellia sinensis* in Anhui Province, China. // Plant Disease. — 2014. 98(2): 284–284. <https://doi.org/10.1094/PDIS-08-13-0896-PDN>
15. Kenny M. K., Galea V. J., Price T. V. Germination and growth of *Colletotrichum acutatum* and *Colletotrichum gloeosporioides* isolates from coffee in Papua New Guinea and their pathogenicity. // Australasian Plant Pathology — 2012 (online, doi:10.1007/s13313-012-0117-7)
16. Kirk P. M., Cannon P. F., Minter D. W. Stalpers J. A. Dictionary of the fungi, 10th edn. CABI publishing. Wallingford (UK), 2008, 600p.
17. Lazarovits G., Turnbull A., Johnston-Monje D. Plant health management: biological control of plant pathogens. In: Van Alfen NK, editor. Encyclopedia of agriculture and food systems. New York, NY: Academic Press; 2014. p. 388–399.
18. Liu F., Wang M., Damm U., Crous P.W., Cai L. Species boundaries in plant pathogenic fungi: a *Colletotrichum* case study. // BMC Evolutionary Biology — 2016, 16, article 81.

19. O'Connell R.J., Thon M. R., Hacquard S., Amyotte S. G., Kleemann J., Torres M. F. et al. Lifestyle transitions in plant pathogenic *Colletotrichum* fungi deciphered by genome and transcriptome analyses.//*Nat Genet.*, 2012;44(9):1060–1065.
20. Savary S., Ficke A., Aubertot J. N., and Hollier C. (2012). Crop losses due to diseases and their implications for global food production losses and food security.//*Food Secur.* 2012, 4, 519–537.
21. Shuping D. S.S., Eloff J. N. The use of plants to protect plants and food against fungal pathogens: a review.// *Afr J Tradit Complement Altern Med.*, 2017;14(4):120–127.

© Велиева Сафура Сахиб кызы (gshakir@mail.ru).

Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»



Г. Баку

## ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА РЕКИ ПСЁЛ (В ПРЕДЕЛАХ КУРСКОЙ ОБЛАСТИ) ПО КОМПЛЕКСУ ГИДРОЛОГИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ

### ENVIRONMENTAL ASSESSMENT OF THE PSEL RIVER (WITHIN THE KURSK REGION) BY A COMPLEX OF HYDROLOGICAL INDICATORS

*E. Dmitrieva*

*Summary.* In the course of our own research, we can conclude that the deterioration of the hydrological regime of the Psel river can lead to an extremely difficult and unstable ecological situation both of the river itself and its valley. The main problems of deterioration of the hydrological regime of the PSL can be attributed to a drop in the water level and a decrease in the flow rate in the river, which will lead to the following consequences: rapid overgrowth of aquatic vegetation, lowering the water level in tributaries of the PSL, floodplain and riverine swamps, lakes, which causes a sharp decrease in the area of open mirrors of the Ples and, accordingly, a decrease in almost all groups of birds of the water, wetland and water-coastal complex.

*Keywords:* ecological assessment, river Psel, hydrological indicators, anthropogenic activity, hydrological regime, ecological situation.

*Дмитриева Екатерина Леонидовна*

*К.б.н., доцент, Курский государственный университет  
sv-dmitr@yandex.ru*

*Аннотация.* Ухудшение гидрологического режима реки Псёл может привести к крайне тяжелой и нестабильной экологической обстановке как самой реки, так и ее долины. К основным проблемам ухудшения гидрологического режима Псла можно отнести падение уровня воды и уменьшение скорости течения в реке, которые приведут к следующим последствиям: быстрому зарастанию водной растительностью, что вызовет ухудшение кислородного режима (вплоть до заморов рыбы) и изменение видового состава численности рыб реофильной группы; понижению уровня воды в притоках Псла, пойменных и прирусловых болотах, озерах, что приведет к резкому уменьшению площадей открытых зеркал плесов и соответственно уменьшению практически всех групп птиц водного, водно-болотного и водно-берегового комплекса.

*Ключевые слова:* экологическая оценка, река Псёл, гидрологические показатели, антропогенная деятельность, гидрологический режим, экологическая обстановка.

Существенной частью экологических, социальных и экономических проблем целого ряда государств в начале XXI в. стали проблемы трансграничных воздействий, вызываемых хозяйственной и иной деятельностью, осуществляемой на территории других стран и оказывающих негативное влияние на состояние окружающей среды, здоровье и безопасность населения. В настоящее время наиболее распространенными и острыми в этом отношении являются воздействия, связанные с изменением допустимых уровней гидрохимического и гидрологического режимов трансграничных рек.

В соответствии с нормами международного права реки, пересекающие или разделяющие территории двух или нескольких государств, могут быть трансграничными, пограничными и международными. По данным ООН, в мире насчитывается более 260 рек, принадлежащих нескольким государствам.

В Курской области река Псёл является второй по величине после Сейма и является единственной в области рекой первого порядка — притоком Днепра. Общая длина Псла — 717 км, средний расход воды в устье 55 м<sup>3</sup>/с.

Общая площадь бассейна — 22,8 тыс. км<sup>2</sup>. В пределах области Псёл имеет длину около 170 км, с площадью бассейна около 5 тыс. км<sup>2</sup>. Исток реки Псёл расположен в Российской Федерации на границе Белгородской и Курской областей около села Пригорки, которое расположено в Прохоровском районе Белгородской области. Через территорию Украины река протекает, пересекая Сумскую и Полтавскую область по Приднепровской низменности. Псёл втекает в Днепродзержинское водохранилище [1]. Долина реки пересекается многочисленными старицами, а в низовьях река течет по заболоченной равнине.

Псёл принимает значительное количество, как левых, так и правых притоков. Наиболее крупными из левых притоков являются речки Солотина, Ивня, Пена, Бобравка, Илек, а из правых — Запселец, Суджа, Воробжа. В местах близкого подхода Псла к Обоянской водораздельной гряде (в Обоянском и Беловском районах) в Псел впадает значительное количество небольших правобережных притоков, «разрезающих» водораздельную гряду — Трубеж, Усланку, Туровку, Каменку, Рыбинку, Долгий, Корочку, Беличку, Конопельку, Смердицу. Эти притоки, несмотря на незначительную площадь водосбора, оказывают



Рис. 1. Створ № 1 (космоснимок, место створа обозначено красной точкой)



Рис. 2. Створ № 2 (космоснимок, место створа обозначено красной точкой)

большое значение на Псел из-за относительно большого падения (до 0,5 м/км), протекания по территориям с высокой плотностью эрозионного расчленения (около 1,5 км/км<sup>2</sup>) и максимальной его глубиной (от 80 до 100 м). Максимальной по области также является и плотность оврагов (до 4 овражных вершин/км<sup>2</sup>). Важным фактором является южная экспозиция Обоянской водораздельной гряды и ее значительная остепенность. Поэтому при оптимальной совокупности нескольких факторов (высоты снегового покрова, «дружной» весны, с солнечным дневным временем суток) разлив на реке Псел начинается значительно быстрее, чем на других реках области,

вода в течение нескольких дней доходит до максимальных отметок, но также быстро и спадает. Немалую роль в этом играют именно небольшие притоки правобережья, текущие с Обоянской водораздельной гряды.

Для проведения исследований по определению гидрологического состояния реки Псел нами на участке от с. Песчаное до с. Гуево были выбраны три створа. Первый створ — 300 метров ниже по течению автодорожного моста через Псел между с. Белица и Гирьи (Беловский р-н). Второй — 100 метров ниже по течению автодорожного моста через Псел между с. Уланок и с. Борки (Суд-

Таблица 1. Гидрологическая характеристика реки Псёл

	с. Белица			с. Борки			с. Плехово		
	1	2	3	1	2	3	1	2	3
1. Ширина русла (м)	43	40	42	26	26	26	31	30	31
2. Глубина (м)									
а) максимальная	1,76	1,4	1,7	3,12	2,72	3,0	2,64	2,4	2,55
б) минимальная	0,1	0,02	0,07	1,2	1,0	1,17	1,82	1,75	1,8
в) средняя	1,18	0,82	1,06	2,12	1,78	2,05	2,08	1,82	2,0
3. Скорость течения (м/с)									
а) максимальная	0,28	0,31	0,43	0,32	0,34	0,37	0,27	0,30	0,33
б) минимальная	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,08	0,26	0,26	0,28
в) средняя	0,18	0,19	0,22	0,16	0,18	0,19	0,30	0,30	0,32



Рис. 3. Створ № 3 (космоснимок, место створа обозначено красной точкой)

жанский район) и третий — 100 метров ниже по течению автодорожного моста через Псёл между с. Плехово и г. Суджа (Суджанский район).

Створ № 1 (географические координаты: 51° 06'42,8» северной широты 35° 33'25,7» восточной долготы): мелководный перекал, зарастающий в летний период. Основное течение проходит под левым берегом по фарватеру узкой струей. Имеется мертвая зона под правым берегом на мелководье. Береговая линия пологая, дно песчаное (рис. 1).

Створ № 2 (географические координаты: 51° 06'54,5» северной широты 35° 23'59,2» восточной долготы): типичный участок русла реки Псёл. Основная струя проходит от середины к левому берегу, ближе к правому берегу над максимальной глубиной имеется обратное течение и далее — мертвая зона. Береговая линия обрывистая, дно глинистое (рис. 2).

Створ № 3 (географические координаты: 51° 07'55,3» северной широты 35° 17'56,2» восточной долготы): участок русла в поперечном разрезе близок к прямоугольнику, глубина начинается практически сразу от береговой линии, с максимальной амплитудой не более 0,8 метра. Скорость течения на поверхности практически одинакова по всей ширине створа. Береговая линия обрывистая, дно глинисто-песчаное, по всей ширине заросшее до поверхности воды стрелолистом в летний период (рис. 3).

Замеры проводились в июле (во второй и третья декаде), во второй декаде октября и первой декаде ноября. Замеры на всех створах делались в течение одного светового дня. В связи с выпадением ливневых гроздовых дождей во второй половине июля и колебаниями уровня воды, замеры проводились трижды, после чего были выведены средние показатели. В осенний период выпадение осадков было незначительным, поэтому прово-

дились замеры одноразовые. Для проведения замеров выбирались дни с минимальной скоростью ветра (штилевые).

Ширина реки определялась с помощью маркированного троса, глубина выверялась глубомером через каждые 2 метра. Скорость течения на поверхности определялась с помощью поплавка, погруженного в вертикально в воду на 8/10 своего объема. Точки замера скорости течения соответствовали точкам промера глубин. В каждой точке проводилось по три замера, для фиксирования времени проплыва использовался стандартный секундомер [2]. Итоговое время определялось по усредненному показателю. Результаты исследований отражены в таблице 1.

Выбранные створы в целом соответствовали средним показателям русла Псла на данном участке. От с. Песчаное до с. Гuevo русло реки имеет среднюю ширину до 35–40 метров. В ряде случаев наблюдаются расширения до 60–70 метров. Колебания глубин, чередования плесовых участков и перекаатов имеют широкую вариативность.

Относительно широкий и глубокий плесовый участок от ж/д моста у с. Белица до х. Сосновый бор (средняя ширина 50–55 метров, глубина от 3 до 5 метров) протяженностью около 2 км сменяется на относительно узкий и мелководный участок (ширина до 40 метров, глубина 1,5–2,5) идущий до с. Спальное. Под с. Спальное расположен мелководный перекаат, после чего до с. Борки идет сильно меандрированное русло стандартной шириной от 25 до 30 метров, с глубинами по фарватеру 2–2,5, но с ямными участками на поворотах до 7–9 метров. Под с. Борки снова река образует мелководный перекаат, после чего русло приобретает стандартные параметры. Через 1,5 км русло резко расширяется до 100–120 метров и глубинами 4–6 метров. Примерно через 2 км русло реки снова переходит в стандартные размеры и так протекает почти до с. Гuevo. Перед Гuevo наблюдается резкое расширение Псла до 80–100 метров и увеличение глубин по фарватеру, что возможно было связано и с долгим функционированием водяной мельницы и плотины под с. Гuevo.

Так же имеются и другие следы человеческой деятельности. Ниже моста между с. Плехово и г. Суджа образован котлован в результате работы земснаряда в 2002 году. Вымытая котловина доходила до 150–200 метров в диаметре и достигала более 12 метров в глубину. Также было частично до 2006 года зарегулировано русло Псла у с. Крупец (остатки плотины смыло в половодье 2006 года, замыв при этом зимовальную яму глубиной до 7 метров). В 2007 году было начато строительство переливной плотины у с. Уланок, которое осталось до кон-

ца незавершенным, но в какой-то степени выполняющее функцию подпора.

Необходимо отметить, что общий уровень и расход воды на реке Псел стал неуклонно снижаться за последние годы.

По данным гидрологического поста у г. Обоянь средний годовой расход воды за последние 5 лет был около 3,8 м<sup>3</sup>/с, что ниже среднестатистического (4,1 м<sup>3</sup>/с). Например, средний годовой расход воды доходил до 5,5 м<sup>3</sup>/с, с 1991 по 1995 до 4,3 м<sup>3</sup>/с, с 1995 до 2005 года составил около 4,2 м<sup>3</sup>/с.

Аналогично и падение уровня воды, особенно заметное в меженный период. Если среднегодовой уровень за последние 5 лет понизился до 25 см, то уровни в период межени до 52 см.

Аналогичная ситуация наблюдается и на всех притоках Псла, часть из которых стала полностью пересыхать в летний период (р. Бобравка, р. Гирьяной, р. Беличка и др.).

Некоторый подъем уровня воды при уменьшении расхода в летнее время обусловлен интенсивным зарастанием русла водной растительностью, в какой-то степени выполняющей роль подпорных плотин. Зарастание русла Псла до 80–90% отмечено повсеместно, кроме плесовых участков и отдельных ямных с глубинами более 4,5–5 метров за счет захватывания стрелолистом.

Колебания уровня воды часто связаны не с количеством выпадающих осадков, а антропогенным влиянием, особенно в осенний период. Это обусловлено наличием на притоках Псла большого количества прудов, особенно на правом берегу. Так, на системе притоков Трубеж, Усланка, Туровка, Каменка, Рыбинка, Стригосла, Долгий, Корочка, Беличка, Воробжа расположено более 50 прудов. Мощные прудовые системы созданы и на левобережных притоках Псла (Пенке, Бобравке, Ильке). Большая часть данных прудов сегодня находятся в различной форме собственности, при этом наблюдается постоянный сброс воды с большинства из них в осенний период.

Количество осадков, выпадающее на площади водосбора Псла также имеет общие тенденции к уменьшению до 35–40%.

К основным причинам, вызывающим ухудшение гидрологического режима рек из-за недостаточного питания можно отнести:

- а) естественные — наступление межвековой тепло-засушливой климатической фазы, прогнозируемой еще в середине 80-х годов 20-го века с пред-

полагаемым пиком в 2018–2020 годах; спрямление русла реки за счет образовавшихся меандров, особенно интенсивно в районе сел Песчаное, Гирьи, Белица, Спальное;

- б) антропогенные — полное прекращение лесомелиоративных мероприятий, уход от травопольной системы земледелия и переход на «рыночные» культуры — сахарную свеклу, кукурузу, подсолнечник (пропашные), а также сою. Все эти культуры яровые, с поздней вегетацией, что приводит кроме влагопотерь из-за осенней вспашки и отсутствия травяного покрова в поздне-осенний и зимний периоды, мощной влагопотери в период апреля и начала-середины мая из-за поздней вегетации. Пахотные пространства, не имеющие защиты от температуры и весенних суховеев, почти полностью теряют почвенную влагу. Выпадающие в период второй половины июня-начала июля осадки не в состоянии насытить почву, что предотвращает проникновение воды в питающие реки горизонты. Вместо летних паводков, типичных ранее для начала-середины июля наступает непрекращающаяся межень, идущая от середины апреля до конца августа, иногда до конца сентября.

По имеющимся данным, полученным в ходе проведения собственных исследований и данным дистанционного зондирования, практически все посевные площади представлены посевами яровых культур.

Переход большей части прудовых хозяйств в частные руки обуславливает полную нестабильность годового стока в связи с постоянными экономическими и юридическими проблемами у собственников.

«Наложение» естественных климатических факторов на условия, вызванные нестабильной социально-экономической обстановкой, особенно из-за ориентировки мелких фермерских хозяйств на спросы «рынка», привели к крайне тяжелой и нестабильной экологической обстановке как самого Псла, так и его долины.

Основные проблемы ухудшения гидрологического режима Псла связаны с падением уровня воды и уменьшением скорости течения (и расхода воды) в Псле которые приводят:

- ◆ к быстрому зарастанию водной растительностью, что вызывает ухудшение кислородного режима (вплоть до заморов рыбы); постоянному накоплению илов в русле, что еще усиливает зарастание и обмеление реки; ухудшению кислородного режима;
- ◆ к изменениям видового состава и численности рыб реофильной группы: жерех, елец, голавль, судак, численность которых интенсивно падает;

- ◆ к понижению уровня воды в притоках Псла, пойменных и прирусловых болотах, озерах, что вызывает резкое уменьшение площадей отрытых зеркал плесов и соответственно уменьшению практически всех групп птиц водного, водно-болотного и водно-берегового комплекса, в первую очередь уток, чаек, пастушковых (лысуха, камышница), за исключением птиц, гнездящихся на зарослях водной растительности (камышовок);
- ◆ к наличию больших площадей высохших пойм, заросших осоками, что провоцирует местное население к постоянному пусканию палов, как в весенний (гнездовой), так и в поздне-летний периоды как по самим поймам, так и при сжигании стерни, после чего палы переходят на пойму.

Отсутствие половодья и общее падение уровня воды в Псле и притоках, а также дальнейшее обсыхание поймы еще более усиливает тенденции к ее освоению:

1. под растениеводство и выпас скота;
2. под различные типы застроек (без согласования с органами местного самоуправления), в том числе в водоохранной зоне и прибрежной полосе;
3. под создание подпоров местным населением, не имеющих экологических проектов, не предусмотренных никакими планами и несущих постоянную угрозу срыва и резкого падения уровня воды;
4. для быстрого и массового истребления водных биоресурсов, особенно в зимний период самыми варварскими способами (глушение взрывчатыми веществами, использование электрического тока, химических веществ, битье острой, стрельба из ружья щук в период нереста, более редким является багрение в зимний период);
5. для массового подъезда к реке на автотранспорте и их мытья, данная тенденция процветает повсеместно. Массовый прессинг приводит к тому, что берега реки почти на всем протяжении представляют собой одну большую свалку пластика, битого стекла и другого бытового мусора. Неоднократно отмечались факты завоза и сброса на берега и в русло реки мешков с мусором.

Кроме того, повсеместно отмечена тенденция использования различных плавсредств с подвесными моторами, в том числе катеров и гидроциклов, которые подвозятся на автомобилях с прицепами, что с учетом ширины русла и возможности разрушения береговой линии недопустимо.

Также отмечено большое количество пищевых отходов, что привлекает постоянно бродячих кошек, собак, врановых птиц. Обычными постройками на бере-



Рис. 4. Место отдыха с концентрацией бытового мусора у Плеховского моста



Рис. 5. Бытовой мусор на береговой линии Псла

гах стали различные столики, скамейки, навесы вокруг которых массово концентрируется бытовой и пищевой мусор (рис. 4–5).

В связи с продолжающимся наступлением межлевой тепло-засушливой циклической фазы и невозможностью регулирования севооборота из-за полного перехода сельского хозяйства в руки мелких собственников (фермерских, а также и большей части прудовых хозяйств), улучшение питания реки с помощью лесомелиорации, столь эффективно показавшее себя в период 50-х — 80-х годов двадцатого века, даже теоретически невозможно.

Поэтому единственным решением для повышения уровня воды в реке Псел и предотвращении быстрого сброса воды в весенний период является создание каскада переливных подпоров на месте спрямленных русел — промытых меандров. Только на территории Беловского и Суджанского районов необходимо установление таких сооружений не менее чем в девяти местах (1 подпор между с. Лошаковка и Песчаное, установка 2 подпоров у с. Песчаное, 1 подпор между с. Песчаное и Суходол, 1 подпор между с. Гирьи и Белица, 1 подпор у с. Крупец, 1 подпор у с. Спальное, 1 подпор между с. Спальное и Борки, 1 подпор у с. Борки) с условием подъема воды от 0,5 до 1 метра, с учетом того, что сегодня уровень на Псле находится от 0,5 до 0,7 метра ниже обычных меженных.

Перекрытие основных спрямленных русел будет способствовать:

1. замедлению сброса воды в период весеннего половодья и сезонных паводков;
2. к равномерному подъему уровня воды на всем протяжении реки;
3. улучшению аэрация реки в зимний период из-за непосредственного сброса воды через переливные подпоры;

4. подъему и стабилизации уровня воды в притоках, пойменных и прирусловых болотах;
5. подъему уровня воды и увеличению средней глубины, что предотвратит зарастание водной растительностью, а также даст более благоприятные условия для распространения и увеличения численности ихтиофауны, в первую очередь наиболее ценных видов: леща, судака, жереха, щуки и т.д.;
6. миграции рыб при наличии постоянного функционирования «длинных» русел, в том числе и нерестовые;
7. к исключению заиливания реки.

Целесообразно одновременно с предлагаемыми выше мероприятиями рекомендовать следующее:

- ◆ создание зимовальных ям (глубиной от 10 метров), за счет искусственного углубления русла (как пример, участок ниже моста на трассе Суджа-Плехово);
- ◆ углубление русла на протяжении до 1,5–2 км (на участке Лошаковка — Песчаное; под с. Песчаное; под с. Белица, под с. Спальное);
- ◆ облесение береговой линии Псла на всем ее протяжении и полное облесение островов у с. Песчаное (5 островов), у с. Спальное, у с. Борки, а также части береговых линий притоков Псла;
- ◆ прекращение выпаса скота по поймам как самого Псла, так и его притоков;
- ◆ ограничение доступа автотранспорта к реке;
- ◆ выведение из потенциально опасных зон животноводческих комплексов и полигонов по утилизации бытовых отходов;
- ◆ борьба со всеми видами рыбного и другого браконьерства.

Внедрение предложенных мероприятий будут способствовать восстановлению и экологической реабилитации реки Псел.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Доклад о состоянии и охране окружающей среды на территории Курской области в 2018 году // Администрация Курской области <http://adm.rkursk.ru>.
2. Руководство по гидробиологическому мониторингу пресноводных экосистем / под ред. В. А. Абакумова. СПб.: Гидрометеиздат, 1992. 317 с.

© Дмитриева Екатерина Леонидовна (sv-dmitr@yandex.ru).

Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»

## ГРИБ *GANODERMA LUCIDUM* КАК ПЕРСПЕКТИВНЫЙ ПРОДУЦЕНТ БИОЛОГИЧЕСКИ АКТИВНЫХ ВЕЩЕСТВ

### GANODERMA LUCIDUM AS A PERSPECTIVE PRODUCER OF BIOLOGICALLY ACTIVE SUBSTANCES

*S. Garayeva*

*Summary.* The xylomycobiota of the forests located in the Greater Caucasus of the Republic of Azerbaijan was assessed by the species composition, ecological-trophic relations, distribution on the individual tree species and as a potential producer of BAM. As a result of researches carried in the forests were found 51 species of fungi, of which 84.3% cause white, 15.7% brown rot, and 5.9% are attributed to true biotrophs, 3.9% — to true saprotrophs, 90, 2% — to polytrophs. It was found that among the recorded fungi are also found species with high growth rates in the vegetative phase, and among the metabolites synthesized by them take part those which have biological activity. Firstly were determined that metabolites synthesized by mushrooms are perspective to use in food, feed and medical purposes.

*Keywords:* forest ecosystems, xylo-trophic macromycetes, ecolo-trophic relations, vegetative phase, biological activity.

*Кареева Севиндж Джамаледдин кызы*

*М.н.с., Институт микробиологии НАНА, г. Баку  
azmbi@mail.ru*

*Аннотация.* Проведена оценка ксиломикобиоты лесов, расположенных на Большом Кавказе Азербайджанской Республики, на предмет её видового состава, экологических и трофических связей, распределения по отдельным видам деревьев и потенциала как продуцента БАВ. В результате в исследованных лесах был обнаружен 51 вид грибов, из которых 84,3% вызывают белую, 15,7% -бурую гнили, 5,9% отнесены к истинным биотрофам, 3,9% — к истинным сапротрофам, а 90, 2% -к политрофам. Было установлено, что среди грибов, распространение которых было зарегистрировано, встречаются также виды с высокой скоростью роста в вегетативной фазе, а некоторые синтезируемые ими метаболиты проявляют биологическую активность. Метаболиты, синтезируемые грибами рода *Ganoderma*, были первоначально определены как перспективные для использования в кормовых, пищевых, медицинских целях.

*Ключевые слова:* лесные экосистемы, ксилотрофные макромицеты, эко-ло-трофическая связь, вегетативная фаза, биологическая активность.

**В** соответствии с темпами современного развития усиливается вмешательство человека в природу и природные ресурсы. В результате большинство природных ценозов превращаются в антропогенно-трансформированные антропогенные ценозы. Результат этой трансформации проявляется в болезнях, катаклизмах и других неприятных явлениях, и эта тенденция развивается по восходящей линии. Предотвращение этого, устранение негативных последствий антропогенного воздействия на окружающую среду, обеспечение здоровья человека в соответствии с меняющимися требованиями современного мира является одной из интересующих и волнующих всех сегодня задач [11]. По этой причине в течение длительного времени в направлении решения этих проблем проводятся обширные исследования, делаются попытки оздоровления экологической обстановки окружающей среды, укрепления иммунной системы человека, одним словом, ведется поиск средств, позволяющих устранить негативные последствия антропогенного воздействия. Исследования в этой области, особенно связанные со здоровьем человека, сосредоточены на биологически, в том числе, фармакологически активных веществах, укрепляющих иммунную систему. Не случайно интерес к разработке

лекарственных средств на основе природных источников растет день ото дня, а изучение природных источников лекарственных средств становится особой областью исследований [4, 8].

В классическом смысле продуценты биологически активных веществ (БАВ), полученные из биологических систем и характеризующиеся как органические вещества, которые в небольших количествах оказывают существенное влияние на биологические процессы в живых организмах, включают виды, принадлежащие ко всем таксономическим группам клеточных организмов [12]. Так, среди продуцентов БАВ, которые в настоящее время используются для разных целей в разных областях, есть виды, относящиеся к бактериям, грибам, растениям и животным.

Грибы, составляющие 5–6% от известных на сегодняшний день науке примерно 2-х миллионов живых существ на Земле [13], привлекают внимание как продуценты биологически активных веществ и в качестве естественных источников являются одними из самых исследуемых в последнее время живых организмов. Так, наличие у них широкого спектра экологических функ-

ций в природе, высокой скорости роста в вегетативной фазе, способности синтезировать БАВ, отличающейся широтой как эффекта воздействия, так и ассортимента, высокой возможности использования сложных растительных остатков при культивировании и т.д. повышает интерес к ним.

Грибы, различаясь по многим особенностям не только между собой, но и от других живых существ, характеризуются также разнообразием таксономических и экологических аспектов [1, 10], а ксилотрофы, выделяемые как экологическая группировка, находятся в центре внимания [15]. Таким образом, ввиду того, что ксилотрофные грибы находятся в центре внимания последних исследований и в настоящее время широко изучаются в мировой практике как продуценты БАВ [16–19] и на их основе создан процесс производства, их удельный вес среди грибов продолжает расти. *Schizophyllum commune*, *Ganoderma lucidum*, *Inonotus obliquus*, *Lentinis edodes*, *Pleurotus ostreatus* и другие ксилотрофные грибы в настоящее время относятся к числу грибов, используемых как в фундаментальных научных исследованиях, так и для практических целей в промышленных масштабах. Плодовые тела, образованные ксилотрофными грибами в естественных условиях, в основном, широко распространены в лесных экосистемах, и проведенные исследования показывают, что на показатели, характеризующие их как продуценты БАВ, влияют также экологические условия их распространения. Это позволяет отметить, что поиск целевого продукта в конкретной экосистеме, т.е. штаммов характеризующихся более активными, по крайней мере, более высокими количественными показателями БАВ различного назначения, все еще сохраняет свою актуальность. По этой причине продолжаются работы в этом направлении.

Ксилотрофные макромицеты наиболее широко распространены в лесных экосистемах и, несмотря на меньшую степень распространения на территории Азербайджанской Республики, здесь также обнаруживаются ксилотрофные макромицеты, и в проведенных до настоящего времени исследованиях выявлено 212 видов этих грибов [9]. Хотя и можно указать конкретную цифру количества видов ксилотрофных макромицетов для Азербайджана, но невозможно привести конкретную цифру их числа в мире и в лучшем случае эта цифра предположительно не превышает 2000 видов.

Число видов ксилотрофных макромицетов как продуцентов БАВ, изученных в мире, в том числе на территории Азербайджанской Республики, составляет небольшую часть видов, известных сегодня науке. Интересно, что грибы, изучаемые во многих мировых научных центрах, являются штаммами одного и того же вида. Одним словом, небольшое количество видов ксилотрофных ма-

кромицетов стали предметом исследования, и это число нельзя считать достаточным для оценки потенциала, присущего ксилотрофным макромицетам в целом.

По этой причине представленная работа посвящена характеристике видового состава ксилотрофной биоты лесов территории Азербайджанской Республики, созданию коллекции культур, состоящей из быстрорастущих чистых культур и первоначальной оценке их потенциала как продуцентов БАВ.

## Материалы и методы

11,8% территории Азербайджанской Республики покрыто лесами, из которых 49% расположены на Большом Кавказе, 15% в Талышских горах, 34% на Малом Кавказе и 2% в Кура-Аразской низменности [14]. Учитывая, что большая часть лесов расположена на Большом Кавказе, целесообразно было провести исследования именно здесь.

Отбор проб для исследования проводился в соответствии с маршрутным методом. Ширина маршрута составила 5–6 м, а длина — 100–2000 м. Были зарегистрированы все плодовые тела (ПТ) ксилотрофных макромицетов, встречающихся на растущих вдоль маршрута деревьях. При определении частоты встречаемости считалось целесообразным регистрировать на одном дереве 1 ПТ одного вида гриба независимо от их количества. При расчете приблизительного количества ПТ, образуемого грибами в течение года, учитывались все плодовые тела.

Информация, необходимая для характеристики ПТ (участок, первоначальное морфологическое описание, субстрата, биологического состояния субстрата и т. д.), указывалась на месте и помещалась в бумажные конверты. Последующий анализ ПТ проводился в лаборатории, использовался также метод микроскопического исследования.

Идентификация грибов проводилась на основе морфологического описания ПТ и данных, полученных в ходе лабораторного анализа (форма базидий, форма и размер базидиспор, структура и размер гименофора, гифальная система) и использовались известные определители [2, 7].

Для получения чистой культуры использовались ПТ, образуемые грибами в естественных условиях [6]. Для этого от слегка очищенной спиртом гименофорной части ПТ, взятого в естественных условиях, отрезают кусок и переносят в питательную среду (2–30В агаризованное сусло -АС), инкубируют в термостате при 280 С. Начиная с 3-го дня инкубации из развившегося на питательной среде материала берется визуально гомогенная часть

Таблица 1. Общая характеристика таксономической принадлежности и распределения по субстратам зарегистрированных в ходе исследования ксилотрофных макромицетов отдела *Bazidiomycota*

Класс	Порядок	Семейство	Род и вид
Agaricomycetes	Polyporo-ales	Polyporaceae	<i>Cerrena unicolor</i> , <i>Fomes fomentarius</i> , <i>Fomitopsis annosa</i> , <i>F.cytisina</i> , <i>F.officinalis</i> , <i>F.pinicola</i> , <i>F.rosea</i> , <i>Hirschioporus pargamenus</i> , <i>Lentinus strigosus</i> , <i>Lenzites betulina</i> , <i>Polyporus squamosus</i> , <i>P.vaporarius</i> , <i>P.varius</i> , <i>Рыснопорус cinnabarinus</i> , <i>Trametes heteromorpha</i> , <i>T.hirsutum</i> , <i>T.ochracea</i> , <i>T.pubescens</i> , <i>T.versicolor</i> , <i>T.zonata</i> , <i>Tyromyces amorphous</i>
		Meruliaceae	<i>Bjerkandera adusta</i> , <i>Heteroporus biennis</i> , <i>Rigidoporus ulmarius</i>
		Fomitopsidaceae	<i>Daedalea quersina</i> , <i>Laetiporus sulphureus</i>
		Ganodermataceae	<i>Ganoderma applanatum</i> , <i>G.lucidum</i> , <i>G.resinaseum</i>
		Phanerochaetaceae	<i>Abortoporusbiennis</i> , <i>Hyphoderma setigerum</i>
	Hymenochaetales	Hymenochaetaceae	<i>Inonotus cuticularis</i> , <i>I.hispidus</i> , <i>I.pini</i> , <i>I.radiatus</i> , <i>Phellinus contiguus</i> , <i>Ph.gilvus</i> , <i>Ph. Igniarius</i> , <i>Ph.pini</i> , <i>Ph.pomaceus</i> , <i>Ph.robustus</i> , <i>Ph.tremulae</i>
	Agari-cales	Pleurotaceae	<i>Pleurotus cornucopiae</i> , <i>Postreatus</i>
		Schizophyllaceae	<i>Schizophyllum commune</i>
		Phyalacriaceae	<i>Armillariamellea</i> , <i>Flammulina velutipes</i>
		Pluteaceae	<i>Pluteus leoninus</i>
	Russu-lales	Stereaceae	<i>Stereum gausapatum</i> , <i>S.hirsutum</i>
		Peniophoraceae	<i>Peniophora gigantea</i>

и переносится в новую питательную среду, и этот процесс продолжается до тех пор пока не будет получена чистая культура определенного вида. Чистота полученной культуры контролируется с помощью микроскопа (OMAX 40X-2500X LED Digital Lab Trinocular Compound Microscope).

При характеристике грибов, выведенных в чистую культуру, по скорости роста, было сочтено целесообразным охарактеризовать эти грибы в соответствии со скоростью роста на АС, и с этой целью использовали коэффициент роста (КР), указанный в работе А. С. Бухало [3].

Оценка выделенных чистых культур с высокими скоростями роста как продуцентов БАВ проводилась в условиях жидкофазной ферментации (ЖФ), для которой использовались их культуральные жидкости (КЖ). КЖ получают путем отделения биомассы, образованной конкретным грибом, после 5 дней глубинного культивирования в жидкой глюкозо-пептонной среде. Присутствие биологически активных метаболитов в КЖ грибов оценивали по способности прорастания семян некоторых растений. Выяснение этого вопроса проводилось в соответствии с подходом, использованным в работе К. Ф. Бахшалиевой [1].

В ходе исследования все эксперименты были выполнены не менее чем в 4-х повторениях, а результаты были статистически обработаны [5].

## Результаты и их обсуждения

В результате исследований, проведенных в лесах Большого Кавказа Азербайджанской Республики за 2015–2018 гг., был изучен видовой состав ксилотрофных макромицетов и частота их встречаемости на разных породах деревьев. Полученные результаты показали, что в формировании ксиломицобиоты изученных лесов участвует 51 вид грибов, количественно обобщенная информация о которых приведена в таблице 1.

Как видно ксиломицобиота лесов, состоящая из таких основных лесобразующих пород как граб обыкновенный, бук восточный, липа обыкновенная и дуб каштановый, представлена 1 видом у одних родов (*Bjerkandera*, *Cerrena*, *Fomes*, *Heteroporus*, *Peniophora*, *Rigidoporus*, *Schizophyllum* и др.), 2–4 видами у других (*Ganoderma*, *Inonotus*, *Pleurotus*, *Polyporus* и *Stereum*) и 7 видами у родов *Phellinus* и *Trametes* соответственно.

Зарегистрированные грибы характеризуются различиями не только в количестве видов, формирующих ксиломицобиоту, но и других показателей. Так, среди зарегистрированных грибов встречаются виды, вызывающие в естественных условиях как белую, так и бурую гниль. Например, *Bjerkandera adusta*, *Cerrena unicolor*, *Fomes fomentarius*, *Ganoderma applanatum*, *G.lucidum*, *Phellinus igniarius* и др. вызывают гниль бело-

Таблица 2. Влияние на прорастание семян огурца и нарост *Tetrahymena pyriformis* ВМ и КЖ грибных штаммов, отобранных как активные продуценты

№	Активные продуценты	Влияние на прорастание семян огурца						Влияние нарост <i>Tetrahymena pyriformis</i>					
		Общее количество семян		Число проросших семян		Снижение Прорастания (%)		Исходное число клеток		Конечное число клеток (через 1 день)		Эффект роста (разы)	
		ВМ	КЖ	ВМ	КЖ	ВМ	КЖ	ВМ	КЖ	ВМ	КЖ	ВМ	КЖ
1	<i>G.aplanatum S-7</i>	350	350	302	315	13,8	10,0	140	142	138	184	-1,04	1,30
2	<i>G.lucidum S-12</i>	350	350	320	328	8,6	6,3	152	150	248	295	1,63	1,97
3	<i>G.resinaceum S-16</i>	350	350	300	311	14,3	11,2	134	141	140	178	1,04	1,27
4	Контроль	350		310		11,4		143		176		1,23	

го, а *Fomitopsis pinicola*, *Inonotus hispidus*, *Laetiporus sulphureus*, *Rigidoporus ulmarius* и др. вызывают гниль бурого цвета. В целом, 84,3% зарегистрированных грибов вызывают в естественных условиях белую гниль, а 15,7% — бурю гниль.

Отличительными признаками зарегистрированных грибов являются их распределение по субстратам, эколого-трофические отношения (5,9% — истинные биотрофы, 3,9% — истинные сапротрофы, 90,2% — политрофы), а также гифальные системы (мономитические, димитические и тримитические) и количество волн формирования плодового тела в естественных условиях (один или два раза в год, многократно). Таким образом, ксилотрофная биота лесов Азербайджана на Большом Кавказе состоит из видов, характеризующихся широким разнообразием в различных аспектах.

Как известно, грибы, в первую очередь ксилотрофные макромицеты, привлекают внимание как продуценты БАВ, и с этой целью объектом исследования становятся как образуемые ими в естественных условиях плодовые тела (ПТ), так и мицелий в фазе вегетативного роста. Многочисленные исследования показали, что для этих целей целесообразно использовать обе субстанции грибов. Ввиду ограниченных ресурсов ПТ, продуцируемых грибами в естественных условиях, использование мицелия в фазе вегетативного роста считается более перспективным. Поэтому, на следующем этапе исследования были выяснены вопросы, связанные с поиском активных продуцентов среди чистых культур, выделенных из ПТ зарегистрированных грибов. Исследования, проводимые на этом этапе, велись в два этапа, первый из которых был связан с оценкой грибных культур на образование биомассы в жидкой питательной среде.

Было бы целесообразно затронуть еще одну проблему, связанную с исследованиями, проводимыми на данном этапе. В ходе исследования из зарегистрированных 51 вида грибов в чистую культуру было выделено 117 штаммов. Из них 17 штаммов принадлежали роду

*Ganoderma*, и в ходе последующих исследований как продуценты БАВ были всесторонне изучены штаммы, принадлежащие именно этому роду. Для выбора активного штамма был проведен первоначальный отбор, и в данном случае был сделан отбор 1 активного штамма из 3 видов, принадлежащих роду *Ganoderma*. В результате исследования было выявлено, что штаммы грибов рода *Ganoderma* имеют различия в количестве биомассы, которую они образовали в одинаковой питательной среде, и в этом случае разница между самой активной и самой слабой культурой составила 3,4 раза. Однако такие штаммы, как *G. aplanatum S-7*, *G. lucidum S-12* и *G. resinaceum S-16*, были отобраны для следующего этапа исследований, и количество биомассы, которую они продуцировали в жидкой питательной среде, составило 6,7 г/л, 7,7 г/л и 6,1 г/л соответственно.

На следующем этапе отобранные штаммы были оптимизированы по основным параметрам питательной среды (химический состав источников азота и углерода и их количество, добавляемое в среду, начальный pH среды, температура культивирования, способ приготовления и срок посевного материала). В результате выход биомассы увеличился на 8–12% по сравнению с образуемой на исходной питательной среде. На оптимальной среде было определено наличие токсической активности биомассы, то есть вегетативного мицелия (ВМ) и культуральной жидкости (КЖ). Для этого использовались как инфузория (*Tetrahymena pyriformis*), так и семена огурца. Результаты показали различие метаболитов культуральной жидкости (КЖ) и вегетативного мицелия (ВМ) всех грибов (таблица 2). Как видно, метаболиты гриба *G.lucidum S-12*, имеющиеся как в ВМ, так и в КЖ не обладают токсическим действием и в обоих случаях оказывают стимулирующее действие. В действии других грибов наблюдается как усиление прорастания, так и замедление прорастания семян, и во всех случаях стимулирующий эффект не выше, чем при использовании гриба *G.lucidum*. Аналогичная ситуация наблюдается при использовании спиртового экстракта ВМ, а также КЖ грибов.

Следует особо отметить результаты, которые связаны с действием КМ и ВМ грибов. Как видно, во всех случаях при использовании КЖ наблюдается, хотя и незначительный, эффект усиления, но в отношении ВМ это проявляется не всегда. Это позволяет отметить экзогенную природу синтеза метаболитов, вызывающих стимулирующий эффект.

Таким образом, в ходе проведенных исследований было выявлено, что как ВМ, так и КЖ грибов *Ganoderma*,

распространенных в Азербайджане, содержат биологически активные метаболиты, которые включают метаболиты, оказывающие как стимулирующее, так и подавляющее действие. Тот факт, что КЖ всех исследованных грибов содержат метаболиты, обладающие стимулирующим эффектом, и это в большей степени обнаруживается у гриба *G.lucidum S-12*, а также аналогичное действие его ВМ, указывает на перспективность данного гриба при использовании в будущем в качестве продуцента БАВ.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Бахшалиева К. Ф. Экобиологические особенности токсигенных грибов, распространенных в Азербайджане. Автореферат дисс.д.б.н. Баку, 2017, 45с.
2. Бондарцева, М. А. Определитель грибов России. Порядок афиллофоровые. СПб.: Наука, 1998, вып. 2, 391с
3. Бухало А. С. Высшие съедобные базидиомицеты в чистой культуре. Киев: Наукова думка, 1988, 144с.
4. Жилинская Н. В. Противомикробные свойства базидиомицетов *Fomitopsis officinalis* (Vill.: Fr.) Bond. et Sing., *Fomitopsis pinicola* (Sw.: Fr) P. Karst. и *Trametes versicolor* (L.: Fr.) Lloyd: оценка перспектив использования в технологии пищевых продуктов. Диссертация . . . . . к.б.н. Москва, 2015, 195с.
5. Кобзарь А. И. Прикладная математическая статистика. М.: ФИЗМАТЛИТ, 2006, 816 с.
6. Методы экспериментальной микологии/Под. ред. Билай В. И. Киев: Наукова думка, 1982, 500с.
7. Мухин В. А. Полевой определитель трутовых грибов. Екатеринбург, 1997, 104 с.
8. Толстикова Т. Г., Толстиков А. Г., Толстиков Г. А. Лекарства из растительных веществ. Рос. акад. наук, Сиб. отд-ние, Новосиб. ин-т орган, химии им. Н. Н. Ворожцова. — Новосибирск: Академическое изд-во «Гео», 2010, 215 с.
9. Akhundova N. A., Orucova S. B., Bahshaliyeva K. F., Muradov P. Z. and Rahimov E. A. Evaluation by the Oxidase Activity of Xylotropic Macromycetes Causing White Decay.// *Advances in Bioscience and Biotechnology*, 2019, v.10, p.179–187.
10. Alves M. J., Ferreira I. C., Dias J. et. al. A review on antimicrobial activity of mushroom (Basidiomycetes) extracts and isolated compounds// *Planta Med.*, 2012, v. 78, № 16, p.1707–1718.
11. Cleland J. World Population Growth; Past, Present and Future.// *Environmental and Resource Economics*, 2013, v.55(4), p.543–554.
12. Grigорова S., Abadjieva D. and Gjorgovska N. Influence of Natural Sources of Biologically Active Substances on Livestock and Poultry Reproduction// *Iranian Journal of Applied Animal Science*, 2017, v.7(2), p.189–195
13. Hawksworth D. L., Lücking R. Fungal diversity revisited:2.2 to 3.8 million species.//*Microbiol Spectrum*, 2017, v.5(4), p.1–11
14. <http://eco.gov.az>
15. Osinska-Jarozuk M., Jarosz-Wilkolazka A., Jarozuk-Scisef J., Szalapatka K. et al. Extracellular polysaccharides from Ascomycota and Basidiomycota: production conditions, biochemical characteristics, and biological properties.//*World J Microbiol Biotechnol.*, 2015, 31:1823–1844
16. Rana N., Vaidya D., Sharma S. and Chauhan N. Chemical profile and amino acids composition of edible mushroom.// *International Journal of Agriculture, Environment and Biotechnology*, 2015, v.8(3), p.675–679
17. Ruthes A. C., Smiderle F. R., Iacomini M. Mushroom heteropolysaccharides: A review on their sources, structure and biological effects.// *Carbohydr. Polym.*, 2016, v.136, p.358–375.
18. Su C. H., Lai M. N., Lin C. C., Ng L. T. Comparative characterization of physicochemical properties and bioactivities of polysaccharides from selected medicinal mushrooms.// *Appl. Microbiol. Biotechnol.*, 2016, v. 100, p.4385–4393
19. Wang Q., Wang F., Xu Z., and Ding Z. Bioactive Mushroom Polysaccharides: A Review on Monosaccharide Composition, Biosynthesis and Regulation.// *Molecules*, 2017, v.22, is.6, p.955–967

© Караева Севиндж Джамаледдин кызы (azmbi@mail.ru).

Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»

# ВЛИЯНИЕ НАНОЧАСТИЦ $Fe_3O_4$ НА ОНТОГЕНЕЗ И МОРФОМЕТРИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ КУКУРУЗЫ САХАРНОЙ (*ZEA MAYS L.*)

## INFLUENCE OF $Fe_3O_4$ NANOPARTICLES ON THE ONTOGENESIS AND MORPHOMETRIC PARAMETERS OF *ZEA MAYS L.*

**V. Kornienko**  
**O. Kolchenko**  
**A. Yaitsky**

*Summary.* The paper studies the influence of magnetite nanoparticles stabilized with albumin on the ontogenesis and morphometric parameters of *Zea mays L.* As a result of the experiments, the concentration of nanoparticles was detected, which has a stimulating effect on the growth energy and entry of *Zea mays L.* seeds. It was found that when exposed to magnetite nanoparticles with a concentration of 2,4 mg/ml, the energy of seed germination increased by 36%, germination increased by 64%, the length of seedlings increased by 24%, and the root length increased by 78%. Under the influence of vibration (10 Hz frequency) in the experimental group with a concentration of 2,4 mg/ml nanoparticles, the root length increased by 25%, the root diameter decreased by 14%, the stem length decreased by 2%, and the stem diameter decreased by 1%. In the group with a concentration of 1,6 mg/ml, the stem diameter increased by 8%. It was reliably established ( $p < 0,05$ ) that the highest indicators of germination energy and germination of *Zea mays L.* were observed in the group with a concentration of magnetite nanoparticles of 2,4 mg/ml. It is recommended to use magnetite nanoparticles with a concentration of 2,4 mg/ml without vibration as a growth stimulant for *Zea mays L.*

*Keywords:* *Zea mays L.*; nanoparticles; vibration; ontogenesis; morphometric parameters; agriculture; germination energy; germination.

**Корниенко Владимир Олегович**

Старший преподаватель, ГОУ ВПО «Донецкий  
национальный университет»  
kornienkovo@mail.ru

**Кольченко Ольга Руслановна**

Аспирант, ГОУ ВПО «Донецкий национальный  
университет»  
daniaua411@gmail.com

**Яицкий Андрей Степанович**

Старший преподаватель, ФГБОУ ВО «Самарский  
государственный социально-педагогический  
университет»  
yaitsky@pgsga.ru

*Аннотация.* В работе представлены результаты исследования влияния наночастиц магнетита ( $Fe_3O_4$ ), стабилизированных альбумином, на онтогенез и морфометрические показатели кукурузы сахарной (*Zea mays L.*). В результате проведенных экспериментов была определена концентрация наночастиц, оказывающая стимулирующее влияние на энергию роста и всхожесть семян кукурузы сахарной. Установлено, что при воздействии наночастиц магнетита с концентрацией 2,4 мг/мл, повысилась энергия прорастания семян на 36%, всхожесть — на 64%, увеличилась длина проростков на 24%, длина корня на 78%. Под влиянием вибрации (частотой 10 Гц) в экспериментальной группе с концентрацией наночастиц 2,4 мг/мл длина корней увеличилась на 25%, диаметр корня уменьшился на 14%, длина стебля уменьшилась на 2%, его диаметр — на 1%. В группе с концентрацией 1,6 мг/мл диаметр стебля увеличился на 8%. Достоверно установлено ( $p < 0,05$ ), что наиболее высокие показатели энергии прорастания и всхожести кукурузы сахарной наблюдались в группе с концентрацией 2,4 мг/мл. Рекомендовано использование наночастиц  $Fe_3O_4$  с концентрацией 2,4 мг/мл без воздействия вибрации в качестве стимулятора роста *Zea mays L.*

*Ключевые слова:* *Zea mays L.*; наночастицы; вибрация; онтогенез; морфометрические параметры; сельское хозяйство; энергия прорастания; всхожесть.

### Введение

С XX века человечество активно стало применять наноматериалы и наночастицы (НЧ) в различных отраслях сельского хозяйства. Наиболее перспективными в своем применении являются наноматериалы из наночастиц железа и его оксидов в связи с их уникальными свойствами и предполагаемой малой токсичностью для живых организмов. Использование на-

ночастиц открывает новые возможности для человека, но, с другой стороны, в силу своей малой изученности, представляют потенциальный риск для здоровья человека и окружающей среды и требуют дополнительных исследований [1]. Наночастицы обладают высокой адсорбционной ёмкостью, химической реакционной способностью и каталитической активностью [2]. Таким образом, наноматериалы используют в различных отраслях: промышленности, медицине и биологии, для монито-

ринга качества окружающей среды, для биоремедиации почв и очистки сточных вод, для интенсификации сельского хозяйства [3].

Исследований, посвящённых использованию наночастиц в сельском хозяйстве, достаточно мало, по сравнению с исследованиями в биомедицинской отрасли. Однако известно, что наночастицы могут использоваться для прорастания семян, развития побегов и корней, повышения фотосинтетической активности, и для решения других сельскохозяйственных проблем. Так, предпосевная обработка семян кукурузы ультрадисперсным порошком железа повышала урожайность и способствовала снижению загрязнения зёрен кадмием и свинцом [4]. Данное явление объясняется более эффективной доставкой микроэлементов в ткани самого растения. При внесении микроэлементов в виде солей и хелатов используется лишь малая их часть. Доставка ионов через мембраны лимитируется количеством специализированных транспортных белков. Многие наночастицы из-за своих малых размеров не нуждаются в ионно-транспортном механизме и могут более эффективно доставлять микроэлементы в ткани и клетки растительного организма [3].

Наибольший интерес среди известных видов наночастиц представляет магнетит ( $\text{Fe}_3\text{O}_4$ ). Кристаллическая решетка магнетита содержит атомы железа с разной валентностью —  $\text{Fe(II)}$  и  $\text{Fe(III)}$  [5]. Магнетит при комнатной температуре — ферримагнетик, но при размере частиц  $<30$  нм он теряет постоянную намагниченность и проявляет суперпарамагнитные свойства, намагничиваясь только в магнитном поле, подобно парамагнетикам. Наночастицы оксидов железа менее токсичны, по сравнению с наночастицами кобальта и никеля. Они биосовместимы, довольно стабильны физически и химически, недороги в производстве, и их поведение легко контролировать магнитометрией. Поэтому данный тип наночастиц представляет наибольший интерес для применения в сельском хозяйстве. Однако, без специального покрытия наночастицы образуют устойчивые агрегаты, что негативно влияет на их магнитные свойства [6].

Механизмы и последствия трансформации и накопления наночастиц растениями пока мало изучены, так как результаты экспериментов достаточно противоречивы и зависят от множества факторов [7]. К таким факторам можно отнести как свойства наночастиц оксида железа, так и ростовой субстрат и видовую принадлежность растений [8]. Обладая высокой адгезией к корням, наночастицы могут оказывать физическое и химическое токсическое действие на растение. Оставаясь на поверхности эпидермиса и внедряясь в клетки корня, частицы могут закупоривать поры и ионные каналы, а потом модулировать поступление воды и минеральных ве-

ществ в растения. Малый размер наночастиц позволяет им проникать даже через сосудистую ткань и распространяться на побег, перемещаясь через плазмодесмы [9]. Наночастицы также способны транспортироваться по апопласту и хелатироваться [10].

Большой интерес представляет также не одностороннее действие наночастиц на растительный организм, а в комбинации с другими физическими или химическими факторами. Одним из распространенных физических факторов, влияющих на сельскохозяйственные растения, является вибрация. Вдоль загруженных автомагистралей она, посредством почвы, передаётся на довольно большие расстояния и влияет на рост и развитие сельскохозяйственных культур [11]. В процессе эволюции, растения выработали механизмы адаптации к воздействию стресса (механических стимулов, вибрации) [9; 12]. Процессы, лежащие в основе морфологических ответов растения на действие вибрации, остаются малоисследованными [13]. По результатам исследований [3], было выявлено, что, под влиянием механических колебаний на частотах 10–40 Гц, у кукурузы достоверно снижается длина стебля и корней. Незначительный стимулирующий эффект наблюдался на частоте 50 Гц [14].

Таким образом, актуальным является изучение как действия наночастиц в отдельности на растительный организм, так и в комбинации с другими факторами, которые способны снижать или повышать продуктивность и морфологические показатели сельскохозяйственных культур.

## Материал и методы исследования

Для исследования использовались семена кукурузы сахарной (*Zea mays* L.). Семена закладывались в ростовую камеру. В контрольных вариантах семенной материал замачивали в дистиллированной воде, экспериментальные группы обрабатывались суспензией НЧ металлов разных концентраций. После инкубации семян суспензию НЧ металлов сливали. Экспозиция составляла 2 часа. После чего семена помещались в чашки Петри по 50 семян на чашку, при этом подложкой для семян служила влажная фильтровальная бумага. Семена проращивали при температуре  $+20$  °С. Энергию прорастания и всхожесть семян определяли в сроки, указанные в ГОСТ 12038–84: на 3-е сутки (энергия прорастания) и 7-е сутки (всхожесть). Все эксперименты выполнялись не менее чем в трех повторностях и обрабатывались методами вариационной статистики с использованием пакета компьютерных программ «Statistica».

Для выполнения нашего исследования синтезировались магнитные наночастицы магнетита  $\text{Fe}_3\text{O}_4\text{-ALB}$  (частицы, стабилизированные альбуминовым покрытием).

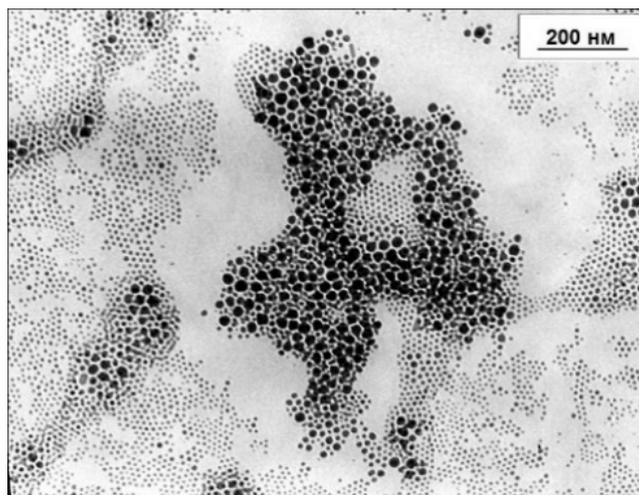


Рис. 1. Микрофотография наночастиц, стабилизированных альбуминовым покрытием

Синтез магнитных наночастиц осуществляли по аналогии с методикой, описанной в публикации [15]. Анализ образцов синтезированных наночастиц проводили с использованием электронной микроскопии.

Электронные микрофотографии магнитных наночастиц получали с помощью просвечивающего электронного микроскопа JEOL JEM 200A (рис. 1). Режим работы: ускоряющее напряжение 200 кВ, ток пучка 100 мкА, размер апертурной диафрагмы в режиме электронной дифракции — 0,1 мм. Пробирка с коллоидом магнитных наночастиц помещалась в ультразвуковой стакан (излучатель) с дистиллированной водой на 10 минут с удельной мощностью излучателя 50 Вт/см<sup>2</sup> и частотой излучения 35 кГц. Далее наносили на ультразвуковой излучатель с плоским наконечником и распыляли на тонкую углеродную пленку толщиной 10–20 нм, размещенную на специальной медной сеточке для просвечивающей электронной микроскопии.

Анализ электронных микрофотографий для определения линейных размеров магнитных наночастиц был выполнен с использованием инструментов программ AxioVision Rel. 4.8.

Концентрации НЧ Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub> (СНЧ) составляли 0,8 мг/мл, 1,2 мг/мл, 1,6 мг/мл, 2,4 мг/мл.

Образцы кукурузы (зерновки) проращивались в ростовых камерах при соблюдении одинаковых освещённости, температуры, полива. Для предотвращения комбинированного действия химических веществ и вибрации, полив всех образцов кукурузы сахарной (зерновки) осуществлялся только дистиллированной водой 1 раз в сутки.

Закладка образцов (зерновок) и действие фактора происходили одновременно, т.е. воздействие техногенной вибрации моделировали с ранних стадий онтогенеза *Zea mays* L., исключая возможность набухания семени и дальнейшего его прорастания без воздействия механического стимула. Контрольные образцы были удалены от виброустановки и полива. Каждая серия в эксперименте и контроле имела выборку 50 шт.

Проращивание осуществлялось в течение 7 дней. На 3-й день проводили оценку энергии прорастания, на 7-й день оценивали морфометрические показатели и онтогенез.

В ходе эксперимента было сформировано 9 экспериментальных групп растений:

- ◆ I — контрольная — без обработки семян наночастицами и вибрацией;
- ◆ II — обработка семян наночастицами с концентрацией (СНЧ) 0,8 мг/мл;
- ◆ III — обработка семян наночастицами с СНЧ = 1,6 мг/мл;
- ◆ IV — обработка семян наночастицами с СНЧ = 2,4 мг/мл;
- ◆ V — обработка семян наночастицами с СНЧ = 1,2 мг/мл;
- ◆ VI — обработка семян наночастицами с СНЧ = 1,2 мг/мл и воздействие на них вибрацией с частотой *f*вibr. = 10 Гц;
- ◆ VII — обработка семян наночастицами с СНЧ = 2,4 мг/мл и воздействие на них вибрацией с *f*вibr. = 10 Гц;
- ◆ VIII — обработка семян наночастицами с СНЧ = 1,6 мг/мл и воздействие на них вибрацией с *f*вibr. = 10 Гц;

Таблица 1. Онтогенетические изменения образцов *Zea mays* L. на 3-е сутки эксперимента (энергия роста)

Группы	Фазы роста		
	не проросшие	набухшие	колеоптиль
I	20%	24%	56%
II	30%	30%	40%
III	38%	62%	–
IV	–	36%	64%
V	34%	54%	12%
VI	34%	50%	16%
VII	–	32%	68%
VIII	–	64%	36%
IX	20%	80%	–

Таблица 2. Онтогенетические изменения образцов *Zea mays* L. на 7-е сутки

Группа	Фазы развития			
	набухшие	колеоптиль	1 лист	2 листа
I	14%	12%	66%	8%
II	–	24%	58%	18%
III	8%	30%	50%	12%
IV	–	20%	38%	42%
V	30%	36%	16%	18%
VI	18%	68%	14%	–
VII	–	44%	42%	14%
VIII	–	68%	20%	12%
IX	–	70%	20%	10%

- ♦ IX — обработка семян наночастицами с  $СНЧ = 0,8$  мг/мл и воздействие на них вибрацией с  $f_{вибр.} = 10$  Гц.

Вибрация частотой  $f_{вибр.} = 10$  Гц выбрана в связи с преобладанием низкочастотной вибрации в техногенно-загруженном регионе г. Донецка (автотранспорт, железнодорожный транспорт, промышленные предприятия).

После проведения экспериментальной части были выполнены измерения длины, диаметра стебля и корневой контрольной и опытных групп штангенциркулем ШЦ-1 0–125 (0,05).

#### Результаты исследования и их обсуждение

*Влияние исследуемых факторов на онтогенетические показатели Zea mays L.* Энергия прорастания семян кукурузы возрастает после обработки семян НЧ разных концентраций, по сравнению с контролем. Однако после проведенного эксперимента эффективность воздействия отмечена не у всех групп. Не все обработан-

ные семена кукурузы дали хорошую всхожесть, а некоторые совсем не дали ростков. Причиной этого послужили неблагоприятные условия (плохое освещение, низкая температура). Данные приведены в табл. 1.

Из полученных данных на 3-е сутки видно, что лучше всего проросли семена групп IV и VII. Данные группы находились в одной концентрации наночастиц железа ( $СНЧ = 2,4$  мг/мл), но VII группа дополнительно подвергалась вибрации ( $f_{вибр.} = 10$  Гц). Количество проросших семян в группе VII превышает соответствующий показатель как группы без влияния вибраций, так и контрольной группы. Таким образом, данная концентрация повлияла на прорастание кукурузы положительно. На основе полученных данных построена гистограмма (рис. 2) онтогенетического изменения образцов *Zea mays* L.

Как видно из рис. 2, наибольшее количество набухших семян — в IX группе ( $СНЧ = 0,8$  мг/мл;  $f_{вибр.} = 10$  Гц), наименьшее — в I группе (контрольной). Наибольшее количество непроросших семян кукурузы сахарной отмечено в III группе ( $СНЧ = 1,6$  мг/мл), а наименьшее — в I группе и в IX группе ( $СНЧ = 0,8$  мг/мл;  $f_{вибр.} = 10$  Гц), и в группах IV, VII и VIII, где непроросших семян не наблюдалось. Ста-

Таблица 3. Значения средней длины и диаметра для стеблей и корней исследуемых групп *Zea mays* L.

Группа	Стебель		Корень	
	<i>l</i> , см	<i>d</i> , мм	<i>l</i> , см	<i>d</i> , мм
I	5,60 ± 2,30	2,40 ± 0,70	4,40 ± 0,53	1,20 ± 0,19
II	4,90 ± 2,90	2,20 ± 0,90	4,47 ± 1,54	0,95 ± 0,27
III	2,94 ± 1,42	2,08 ± 0,75	3,00 ± 0,40	0,84 ± 0,20
IV	6,90 ± 2,01	2,40 ± 0,44	7,80 ± 3,13	1,10 ± 0,11
V	2,98 ± 2,50	1,57 ± 1,00	1,90 ± 1,20	0,52 ± 0,30
VI	4,27 ± 2,81	2,14 ± 0,54	3,41 ± 0,71	1,24 ± 0,16
VII	5,47 ± 1,30	2,36 ± 0,30	5,47 ± 1,63	1,03 ± 0,08
VIII	4,84 ± 3,00	2,59 ± 1,52	4,29 ± 2,32	0,73 ± 0,46
IX	1,45 ± 1,40	1,64 ± 1,10	1,62 ± 1,51	0,52 ± 0,30

Таблица 4. Относительные значения средней длины и диаметра стебля и корня исследуемых групп *Zea mays* L.

Группа	Стебель		Корень	
	<i>l</i>	<i>d</i>	<i>l</i>	<i>d</i>
I	1,00	1,00	1,00	1,00
II	0,88	0,92	1,02	0,80
III	0,53	0,87	0,69	0,70
IV	1,24	1,00	1,78	0,92
V	0,54	0,63	0,44	0,44
VI	0,77	0,90	0,78	1,04
VII	0,98	0,99	1,25	0,86
VIII	0,87	1,08	0,98	0,61
IX	0,26	0,69	0,37	0,44

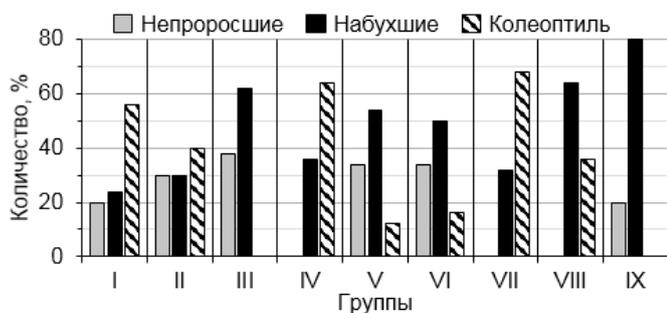


Рис. 2. Онтогенетические изменения образцов *Zea mays* L. на 3-е сутки

для coleoptile преобладает в IV ( $CHЧ = 2,4$  мг/мл) и в VII ( $CHЧ = 2,4$  мг/мл;  $f_{вибр.} = 10$  Гц) группах.

Стимулирующее действие НЧ наблюдается у IV и VII групп, т.к. их показатель прорастания превышает контрольную группу. Остальные группы являются ингибиторными: их показатели меньше контрольной.

На 7-е сутки были сняты показания фаз развития. Все данные занесены в табл. 2.

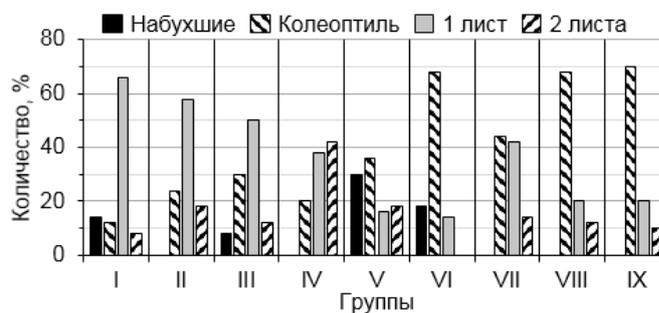


Рис. 3. Онтогенетические изменения образцов *Zea mays* L. на 7-е сутки

По данным таблицы построена диаграмма, показывающая, какую степень всхожести имеет кукуруза на седьмые сутки (рис. 3).

По рис. 3 видно, что наибольшее количество семян находятся в стадии coleoptile в IX группе (70%), наименьшее — в контрольной группе (12%). Группа, у которой преобладают два листа, — IV (42%), а наименьшее значение наблюдается у контрольной группы I и у группы VI, где второй лист отсутствовал. Опытные образцы,

у которых преобладает один лист,— контрольная группа I (66%), а наименьшее значение отмечается в VI группе (14%). Можно сделать вывод, что наилучшими показателями обладает IV группа ( $C_{НЧ} = 2,4$  мг/мл).

*Влияние исследуемых факторов на морфометрические показатели Zea mays L.* В ходе исследования было изучено влияние вибрации и наночастиц магнетита различных концентраций на морфометрические параметры *Zea mays L.*: длину и диаметр вегетативных органов — стебля и корня. Основные результаты занесены в табл. 3.

Так как эксперименты проводились в течение длительного времени, для удобства сравнения результаты, полученные в группах II–IX, относили к результатам контрольной группы:

$d = d$  среднее опыт /  $d$  среднее контроль;

$l = l$  среднее опыт /  $l$  среднее контроль.

Влияние механических колебаний на длину стебля и корней кукурузы оказалось незначительным. Так, статистически значимое увеличение средних длин стебля кукурузы происходило в IV группе ( $C_{НЧ} = 2,4$  мг/мл), корня также в IV группе ( $C_{НЧ} = 2,4$  мг/мл), II группе ( $C_{НЧ} = 0,8$  мг/мл), VII группе ( $C_{НЧ} = 2,4$  мг/мл;  $f_{вибр.} = 10$  Гц) и в VIII группе ( $C_{НЧ} = 1,6$  мг/мл;  $f_{вибр.} = 10$  Гц). Влияние вибрации на растения в меньшей степени отразилось на значениях среднего диаметра корней.

Как видно из табл. 4, увеличение длины стебля, в сравнении с контрольной группой, происходит в IV опытной группе ( $C_{НЧ} = 2,4$  мг/мл), а диаметра — в VIII группе ( $C_{НЧ} = 1,6$  мг/мл;  $f_{вибр.} = 10$  Гц). Остальные группы имеют значения меньше контрольной группы, а это зна-

чит, что факторы, влияющие на них, оказывают ингибиторное воздействие.

Длина корня, в сравнении с контрольной группой, возросла во II группе ( $C_{НЧ} = 0,8$  мг/мл), IV ( $C_{НЧ} = 2,4$  мг/мл) и VII ( $C_{НЧ} = 2,4$  мг/мл;  $f_{вибр.} = 10$  Гц). Диаметр корня увеличился лишь в VI группе ( $C_{НЧ} = 1,2$  мг/мл;  $f_{вибр.} = 10$  Гц).

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

При использовании НЧ железа концентрации 2,4 мг/мл, повысилась энергия прорастания семян кукурузы сахарной на 36%, всхожесть — на 64%, увеличилась длина проростков на 24%, длина корня на 78%. Ингибирующий эффект спровоцировали концентрации наночастиц 1,2 мг/мл ( $d$  стебля меньше относительно контрольной группы на 37%,  $l$  стебля — 46%,  $l$  корня — 56%,  $d$  корня — 56%) и 1,6 мг/мл ( $d$  стебля меньше на 13%,  $l$  стебля — 47%,  $l$  корня — 31%,  $d$  корня — 30%).

Установлено, что под влиянием вибрации (частота 10 Гц) в группе с концентрацией наночастиц магнетита 2,4 мг/мл, относительно контрольной группы, увеличилась длина корней на 25%, диаметр корня уменьшился на 14%, длина стебля уменьшилась на 2%, так же, как и его диаметр — на 1%. В экспериментальной группе с концентрацией 1,6 мг/мл увеличился диаметр стебля на 8%.

Достоверно установлено ( $p < 0,05$ ), что высокие показатели прорастания и всхожести кукурузы сахарной наблюдались в группе с концентрацией 2,4 мг/мл. Таким образом, может служить рекомендацией возможность использования наночастиц железа с концентрацией 2,4 мг/мл без воздействия вибрации в качестве стимулятора роста *Zea mays L.*

## ЛИТЕРАТУРА

1. Постановление Главного государственного санитарного врача РФ от 31.10.2007 № 79 «Об утверждении Концепции токсикологических исследований, методологии оценки риска, методов идентификации и количественного определения наноматериалов».
2. Мазуренко В. В., Руденко А. Н., Мазуренко В. Г. Наночастицы, наноматериалы, нанотехнологии: уч. пособие. Екатеринбург, 2009. 83 с.
3. Анохина Т. О., Сиунова Т. В., Сизова О. И., Кочетков В. В., Боронин А. М. Свойства наночастиц оксидов железа и проблемы их применения в сельском хозяйстве // Агрехимия. 2017. № 11. С. 74–96.
4. Еськов Е. К., Еськова М. Д., Чурилов Г. И. Способ повышения экологической безопасности семенного урожая в техногеннозагрязненных агроценозах: Пат. 2463758, РФ, А 01 С1/00. 2012.
5. Hasany S.F, Ahmed I., Rajan J., Rehman A. Systematic review of the preparation techniques of iron oxide magnetic nanoparticles // Journal of Nanoscience and Nanotechnology. 2012. Vol. 2. P. 148–158.
6. Wu W., Wu Z., Yu T., Jiang C., Kim W.-S. Recent progress on magnetic iron oxide nanoparticles: synthesis, surface functional strategies and biomedical applications // Science and Technology of Advanced Materials. 2015. Vol. 16. P. 1–43. DOI: 10.1088/1468-6996/16/2/023501.
7. Deng Y., White J. C., Xing B. Interactions between engineered nanomaterials and agricultural crops: implications for food safety // Journal of Zhejiang University Science A (Applied Physics & Engineering). 2014. Vol. 15. P. 552–572. DOI: 10.1631/jzus.A1400165.
8. Pardha-Saradhi P., Yamal G., Peddisetty T., Sharmila P., Singh J., Nagarajan R. Plants fabricate Fe-nanocomplexes at root surface to counter and phytostabilize excess ionic Fe // BioMetals. 2014. Vol. 27. P. 97–114. DOI: 10.1007/s10534-013-9690-7.

9. Khot L. R., Sankaran S., Maja J. M., Ehsani R., Schuster E. W. Applications of nanomaterials in agricultural production and crop protection: a review // *Crop Protection*. 2012. Vol. 35. P. 64–70. DOI: 10.1016/j.cropro.2012.01.007.
10. Ghafarian M. H., Malakouti M. J., Dadpour M. R., Stroeve P., Mahmoudi M. Effects of magnetite nanoparticles on soybean chlorophyll // *Environmental Science and Technology*. 2013. Vol. 47(18). P. 10645–10652. DOI: 10.1021/es402249b.
11. Braam J. In touch: plant responses to mechanical stimuli // *New Phytologist*. 2005. Vol. 165, is. 2. P. 373–389. DOI: 10.1111/j.1469–8137.2004.01263.x.
12. Капшуков Р. А., Ткаченко Д. С., Симонова Е. О. Магнитные и электронно-микроскопические исследования магнитных наночастиц Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub> с альбуминовым покрытием // *Донецкие чтения 2019: образование, наука, инновации, культура и вызовы современности: мат-лы IV междунар. науч. конф. Т. 2. Донецк: Изд-во ДонНУ, 2019. С. 171–174.*
13. Lee D., Polisensky D. H., Braam J. Genome-wide identification of touch- and darkness-regulated Arabidopsis genes: a focus on calmodulin-like and XTH genes // *New Phytologist*. 2005. Vol. 165, is. 2. P. 429–444. DOI: 10.1111/j.1469–8137.2004.01238.x.
14. Chehab E. W., Yao C., Henderson Z., Kim S., Braam J. Arabidopsis touch-induced morphogenesis is jasmonate mediated and protects against pests // *Current Biology*. 2012. Vol. 22, is. 8. P. 701–706.
15. Корниенко В. О., Тарабарова А. Г. Влияние вибрации частотой 10–50 Гц на ростовые показатели кукурузы сахарной (*Zea mays* L.) // *Проблемы экологии и охраны природы техногенного региона*. 2017. № 1. С. 108–115.
16. Ткаченко Д. С., Легенький Ю. А. Модифицированная методика синтеза наночастиц с альбумином для магнитной модификации живых клеток // *Донецкие чтения 2019: образование, наука, инновации, культура и вызовы современности: мат-лы IV междунар. науч. конф. Т. 2. Донецк: Изд-во ДонНУ, 2019. С. 184–186.*

© Корниенко Владимир Олегович ( kornienkovo@mail.ru ),

Кольченко Ольга Руслановна ( daniua411@gmail.com ), Яицкий Андрей Степанович ( yaitsky@pgsga.ru ).

Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»



Г. Самара

## СОВРЕМЕННЫЕ АСПЕКТЫ МИКРОБИОТЫ ДЕТЕЙ РАЗНЫХ ВОЗРАСТНЫХ ГРУПП

### MODERN ASPECTS OF THE MICROBIOTA OF CHILDREN OF DIFFERENT AGE GROUPS

**V. Chervinets**  
**Yu. Chervinets**  
**E. Kozlova**  
**E. Grigoryants**  
**E. Stepanova**  
**B. Urekeshov**  
**Sh. Nasukhin**  
**R. Zhanamanova**  
**E. Zevalkina**

*Summary.* 40 representatives of the genus *Lactobacillus* and 10 strains of *Staphylococcus aureus* were isolated from 100 children of different age groups. To study the gas composition of microbiota metabolites gas chromatography was used. As a result, it was determined that strains of the genus *Lactobacillus* isolated gas signaling molecules in higher concentrations than *Staphylococcus aureus*. *Lactobacilli* of healthy children of different age groups produced nitric oxide and carbon monoxide in high concentrations. The microbiota of newborns and children 8–12 years old showed more pronounced metabolic activity than in adolescents 16–18 years old, with the exception of high production of nitric oxide by *lactobacilli* of adolescents.

*Keywords:* metabolic activity, gas signaling molecules, *lactobacilli*.

**Червинец Вячеслав Михайлович**

Д.м.н., профессор, ФГБОУ ВО «Тверской  
 Государственный медицинский университет»  
 Минздрава России  
 chervinets@mail.ru

**Червинец Юлия Вячеславовна**

Д.м.н., профессор, ФГБОУ ВО «Тверской  
 Государственный медицинский университет»  
 Минздрава России  
 julia\_chervinets@mail.ru

**Козлова Екатерина Андреевна**

К.б.н., доцент, ФГБОУ ВО «Тверской Государственный  
 медицинский университет» Минздрава России  
 eabelyaeva1@mail.ru

**Григорьянц Элина Олеговна**

Аспирант, ФГБОУ ВО «Тверской Государственный  
 медицинский университет» Минздрава России  
 lina.grigo@gmail.com

**Степанова Эмма Валерьевна**

Аспирант, ФГБОУ ВО «Тверской Государственный  
 медицинский университет» Минздрава России  
 s-emma@list.ru

**Урекешов Бактыберген Садыкович**

К.м.н., доцент, ЗКМУ им. М. Оспанова, Казахстан,  
 Актобе  
 bakhty64@mail.ru

**Насухин Шадыман Бактыгереевич**

К.м.н., ЗКМУ им. М. Оспанова, Казахстан, Актобе  
 shada63@mail.ru

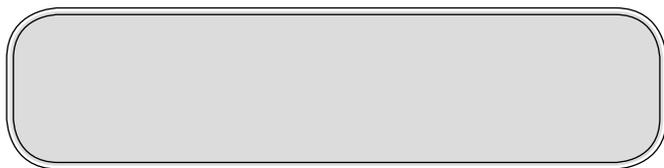
**Жанаманова Раушан Нурболатовна**

Старший преподаватель, ЗКМУ им. М. Оспанова,  
 Казахстан, Актобе  
 roza.new.west@mail.ru

**Зевалкина Елена Викторовна**

Преподаватель, ЗКМУ им. М. Оспанова, Казахстан,  
 Актобе  
 ezevalkina@list.ru

*Аннотация.* От 100 детей разных возрастных групп были выделены 40 представителей рода *Lactobacillus* и 10 штаммов *Staphylococcus aureus*. С помощью газовой хроматографии был изучен газовый состав метаболитов микробиоты. В результате определено, что штаммы рода *Lactobacillus* выделяли газовые сигнальные молекулы в больших концентрациях, чем *Staphylococcus aureus*. Лактобациллы здоровых детей разных возрастных групп в больших концентрациях выделяли оксид азота и окись углерода. Микробиота новорожденных и детей 8–12 лет показала более выраженную метаболическую активность, чем у подростков 16–18 лет, за исключением высокой продукции оксида азота лактобациллами подростков.



## Актуальность

**В** современных условиях все большее внимание уделяется изучению микробиоты желудочно-кишечного тракта здорового человека, а также её влияния на поддержание и укрепление физиологических функций человека. В последние годы, на фоне ухудшения экологической обстановки, вопросы формирования и сохранения нормального микробиоценоза кишечника детей приобретают особую актуальность [1].

Для оценки микрофлоры желудочно-кишечного тракта важным аспектом является изучение метаболитов, которые выделяют микроорганизмы; среди них особая роль принадлежит сигнальным молекулам — простейшим по химической структуре газообразным соединениям эндотелиального и микробного происхождения (оксид азота-NO, оксид углерода-CO, сероводород- H<sub>2</sub>S, водород -H<sub>2</sub>, метан- CH<sub>4</sub>, аммиак- NH<sub>3</sub> и другие) [2]. В результате микробной ферментации в просвете кишечника накапливаются множество низкомолекулярных биологически активных соединений, включая летучие разнообразные газообразные продукты [3, 4]. Суточный объем кишечных газов у взрослого человека может достигать 1200 мл. Среди них 20–90% приходится на азот; 3,9–10% — кислород; 20,9–50% — водород; 7,2–10% — метан; 9–30% — углекислый газ и 0,00028% — сероводород. H<sub>2</sub> и CH<sub>4</sub> являются уникальными кишечными газами для организма человека, поскольку они формируются в организме только за счет микробной ферментации. Кроме того, в пищеварительном тракте могут накапливаться также аммиак, CO, NO и другие газы. Доказано, что многие из них способны проявлять разнообразные физиологические эффекты практически в каждом органе человека, а в определенных условиях участвовать и в патофизиологии тех или иных заболеваний [5].

## Цель настоящего исследования

Оценить газовые сигнальные молекулы, выделенные от резидентной кишечной микробиоты здоровых детей разных возрастных групп.

## Материалы и методы

Материалом для исследования являлись фекалии здоровых детей разных возрастных групп. В качестве объектов исследования выступали 36 новорожден-

*Ключевые слова:* метаболическая активность, газовые сигнальные молекулы, лактобациллы.

ных в возрасте до 1 месяца, 33 ребенка 8–12 лет и 31 подросток 16–18 лет. С использованием классических бактериологических методов исследования от новорожденных выделяли штаммы *Staphylococcus aureus* и представителей рода *Lactobacillus*, от детей в возрасте 8–12 лет и от подростков 16–18 лет выделяли представителей рода *Lactobacillus*. Идентификацию микроорганизмов проводили согласно биохимическому анализу с использованием тест-систем API® «Bio Merieux, Франция». Для определения наличия газовых сигнальных молекул в метаболитах микробиоты детей культуры микроорганизмов выращивали в 5 мл питательного бульона (MRS бульона для лактобацилл, МПБ бульона для стафилококков). Газовый состав метаболитов микробиоты проводился с помощью газовой хроматографии с применением газового хроматографа «Хроматэк-Кристалл 5000.2», оснащенного детектором по теплопроводности (ДТП), пламенно-ионизационным детектором (ПИД) и электронозахватным детектором (ЭЗД) [6].

## Результаты и обсуждение

От новорожденных было выделено 10 штаммов *Staphylococcus aureus*, 14 штаммов представителей рода *Lactobacillus*: *L.fermentum* — 8, *L.paracasei* — 3, *L.rhamnosus* — 3; от детей в возрасте 8–12 лет выделено 12 штаммов лактобацилл: *L.paracasei* — 4, *L.rhamnosus* — 4, *L.curvatus* — 2, *L.plantarum* — 2; от подростков 16–18 лет изолировано 14 штаммов лактобацилл: *L.fermentum* — 4, *L.paracasei* — 2, *L.rhamnosus* — 6, *L.plantarum* — 2.

В результате настоящего исследования было выявлено, что лактобациллы, выделенные из кишечника новорожденных, вырабатывали H<sub>2</sub>S (99 ppm) и CO (124,4 ppm) в 100 раз больше, чем золотистый стафилококк (0 и 3,1 ppm соответственно) (рис. 1). Продукция H<sub>2</sub> и CH<sub>4</sub> была очень низкая и практически одинаковая у стафилококков и лактобацилл (не более 2,7 ppm).

При сравнении продукции газовых молекул у детей разных возрастных групп выявлено, что лактобациллы, выделенные от новорожденных и детей 8–12 лет, выделяли практически одинаковую концентрацию H<sub>2</sub>S (99 и 94,2 ppm соответственно) и CO (124,4 и 182,9 ppm соответственно). Продукция H<sub>2</sub> и CH<sub>4</sub> была минимальной у обеих групп и не превышала 2 ppm. Лактобациллы, выделенные от подростков, показали минимальную кон-

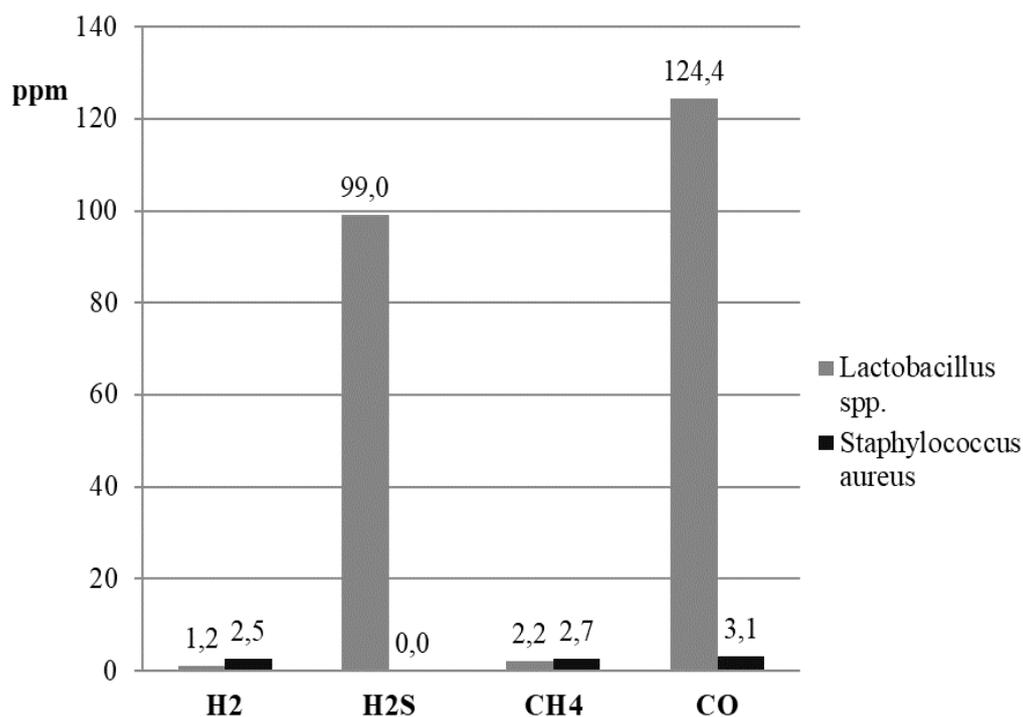


Рис. 1. Распределение газовых сигнальных молекул у микроорганизмов, выделенных у новорожденных.

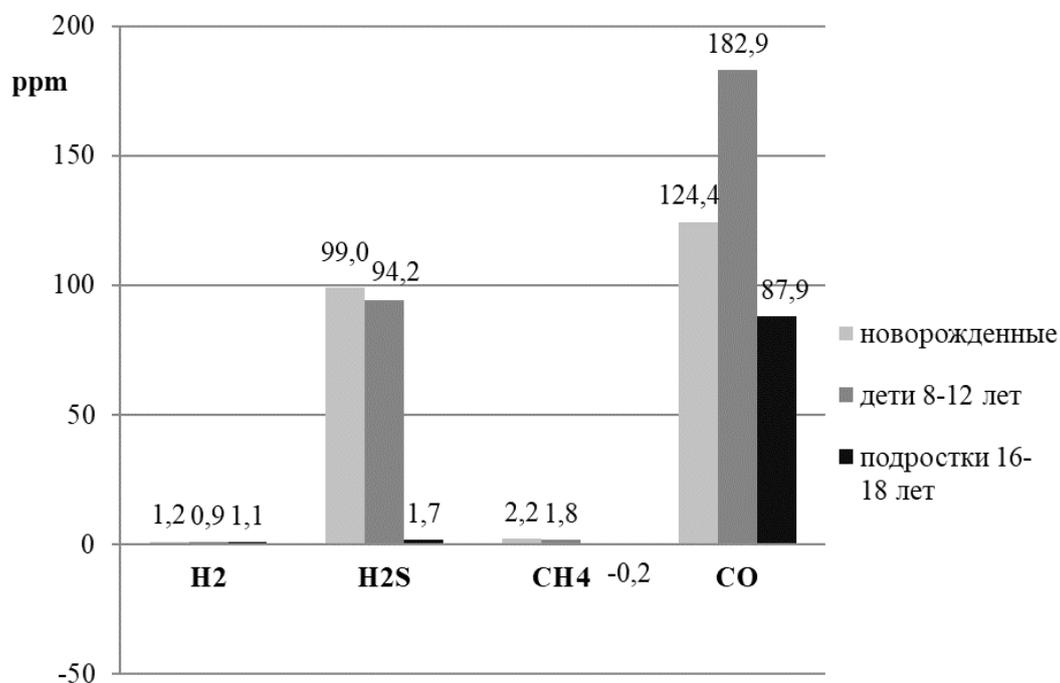


Рис. 2. Распределение газовых сигнальных молекул у лактобацилл в процессе их жизнедеятельности у детей разных возрастных групп.

Таблица 1. Распределение атмосферных газов, выделяемых и поглощаемых микроорганизмами детей разных возрастных групп

Поглощаемые и выделяемые атмосферные газы	Новорожденные		Дети 8–12 лет <i>Lactobacillus</i>	Подростки 16–18 лет <i>Lactobacillus</i>
	<i>Staphylococcus aureus</i>	<i>Lactobacillus</i>		
O <sub>2</sub> (%)	-4,5	-12,1	-0,2	-8,3
N <sub>2</sub> (%)	17,7	-30,7	4,9	-31,9
CO <sub>2</sub> (ppm)	15699,5	145263,8	26196,5	148658,9

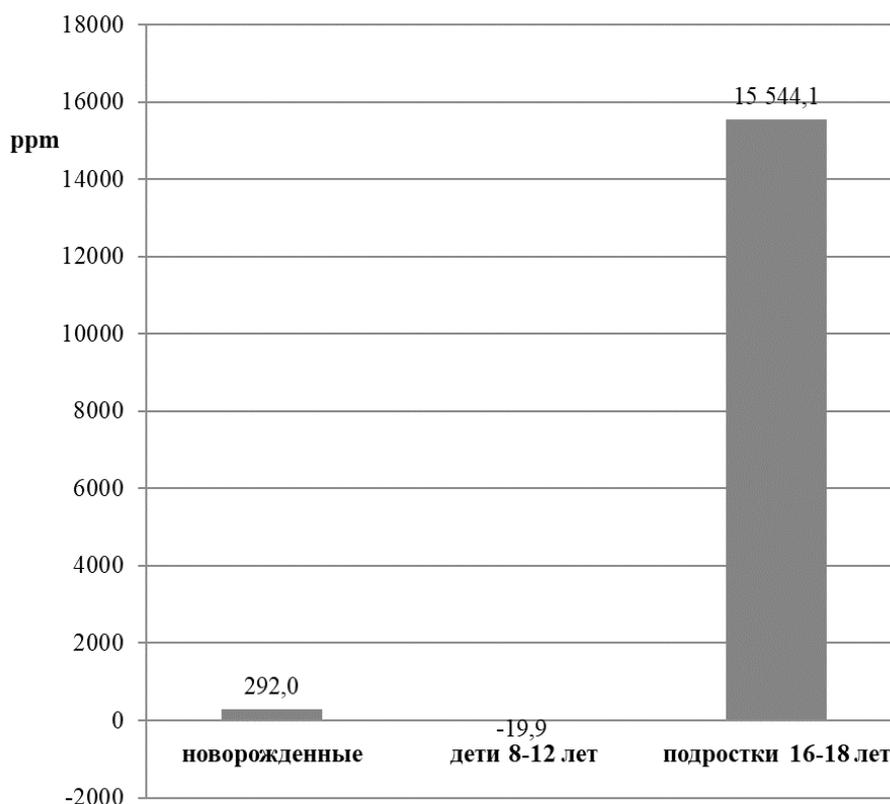


Рис. 3. Выделение NO у лактобацилл в процессе их жизнедеятельности у детей разных возрастных групп.

центрацию H<sub>2</sub>S (1,7 ppm) и CO (87,9 ppm) и полное отсутствие продукции CH<sub>4</sub> (рис. 2).

Лактобациллы, выделенные от детей 8–12 лет, показали поглощение NO (–19,9 ppm), а от подростков 16–18 лет — активное продуцирование NO (15544,1 ppm), в 50 раз больше, чем у новорожденных (292 ppm) (рис. 3).

При изучении выделения и поглощения атмосферных газов микроорганизмами, показано, что лактобациллы новорожденных и подростков более активно поглощают кислород и азот и соответственно выделяют больше углекислого газа. Показатели атмосферных газов, выделенные от золотистого стафилококка новорожденных

и от лактобацилл детей 8–12 лет, были практически одинаковыми и не отличались большими особенностями (табл. 1).

Известно, что сероводород является цитопротектором нервной и сердечно-сосудистой систем, а угарный газ в физиологических концентрациях оказывает кардиопротективный и противовоспалительный эффект [7]. По данным литературы многие кишечные микроорганизмы (в том числе бактерии рода *Lactobacillus*) образуют H<sub>2</sub>S в нижних отделах пищеварительного тракта за счет продукции широкого спектра ферментов [8]. H<sub>2</sub> является субстратом при образовании метана, сероводорода и ацетата и защищает клетки от окислительных

повреждений [9].  $\text{CH}_4$  — нервно-мышечный трансмисмиттер, способный снижать перистальтику кишечника [10]. В настоящее время установлено, что NO может выступать как нейротрансмисмиттер/нейромодулятор в мозге и в периферийной нервной системе [11].

## Выводы

Таким образом, установлено, что бактерии рода *Lactobacillus*, как представители нормальной микрофлоры новорожденных, выделяли газовые сигнальные молекулы (NO,  $\text{H}_2\text{S}$  и CO) в больших концентрациях, чем *Staphylococcus aureus*. Среди газовых сигнальных мо-

лекул NO и CO выделялись в больших концентрациях лактобациллами здоровых детей разных возрастных групп. Микробиота новорожденных и детей 8–12 лет проявляет более выраженную метаболическую активность, чем у подростков 16–18 лет, за исключением высокой продукции NO лактобациллами подростков. Можно предположить, что за счет продукции лактобациллами газовых сигнальных молекул происходит регуляция многих физиологических процессов в клетках и тканях, в частности морфогенетических, метаболических, кардиопротективных, противовоспалительных, иммунорегулирующих, нейромодулирующих, репродуктивных.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Червинец В. М., Червинец Ю. В., Михайлова Е. С., и др. Микробиоценоз кишечника и иммунный статус у детей младшего школьного возраста // Клиническая лабораторная диагностика. 2013. № 1. С. 49–51.
2. Althaus M., Clauss W. G. Gasotransmitters: novel regulators of ion channels and transporters // Front Physiol. 2013. № 4. 27 p.
3. Belizario J. E., Napolitano M. Human microbiomes and their roles in dysbiosis, common diseases, and novel therapeutic approaches // Front. Microbiol. 2015. № 6. 1050 p.
4. Shenderov B. A. Human Microbial Ecology and its Role in the Health // Metamorphoza. 2014. № 5. P. 72–80.
5. Червинец Ю. В., Червинец В. М., Миронов А. Ю. Симбиотические взаимоотношения лактобацилл и микроорганизмов желудочно-кишечного тракта: монография. Тверь: Центр Твер. гос. мед. ун-та, 2016. 214 с.
6. Способ диагностики газового состава метаболитов микробиоты человека: пат. 2683949 Российская Федерация, МПК G01N30/00 / В. М. Червинец, Ю. В. Червинец, Е. А. Беляева, Л. Ф. Червинец, А. В. Червинец, С. Н. Лебедев; ФГБОУ ВО Тверской ГМУ Минздрава России — № 2018112296; заявл. 05.04.18; опубл. 03.04.2019.
7. Farrugia G., Szurszewski J. H. Carbon monoxide, hydrogen sulfide, and nitric oxide as signaling molecules in the gastrointestinal tract // Gastroenterology. 2014. № 147(2). P. 303–313.
8. Shatalin K., Shatalina E., Mironov A., et al.  $\text{H}_2\text{S}$ : A universal defense against antibiotics in bacteria // Science. 2011. № 334. P. 986–990.
9. Ishibashi T., Sato B., Rikitake M., et al. Consumption of water containing a high concentration of molecular hydrogen reduces oxidative stress and disease activity in patients with rheumatoid arthritis: an open-label pilot study // Medical Gas Research. 2012. № 2. 27 p.
10. Sahakian A. B., Jee S. R., Pimentel M. Methane and the gastrointestinal tract // Dig Dis Sci. 2010. № 55. P. 2135–2143.
11. Lundberg J. O., Weitzberg E. Biology of nitrogen oxides in the gastrointestinal tract // Gut. 2013. № 62(4). P. 619–629.

© Червинец Вячеслав Михайлович (chervinets@mail.ru), Червинец Юлия Вячеславовна (julia\_chervinets@mail.ru), Козлова Екатерина Андреевна (eabelyaeva1@mail.ru), Григорьянц Элина Олеговна (lina.grigo@gmail.com), Степанова Эмма Валерьевна (s-emma@list.ru), Урекешов Бактыберген Садыкович (bakhty64@mail.ru), Насухин Шадыман Бактыгереевич (shada63@mail.ru), Жанаманова Раушан Нурболатовна (roza.new.west@mail.ru), Зевалкина Елена Викторовна (ezevalkina@list.ru).

Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»

## ГИБКИЕ КОМПЛЕКСЫ ДЛЯ УПРАВЛЕНИЯ СУДОВОЙ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ УСТАНОВКИ

### FLEXIBLE SYSTEMS FOR CONTROLLING A MARINE POWER PLANT

V. Brezhnev

*Summary.* The article provides an overview of the disclosure of modern network management capabilities of the entire ship's power plant using heterogeneous networks, DUAL LAN, FIBER OPTIC, DUAL CAN, Modbus, as well as individual unit elements through network capabilities through the central post, engine room post, additional posts, energy management post. The necessity of using network control for the smooth regulation of the technological process by means of instrumentation, actuators connected to control modules is substantiated.

The modern features of the application of network monitoring of a two-stroke engine without camshafts operating on a screw, where instead of a camshaft are used electromagnetic actuators and a four-stroke using a modern azipode-type helical steering column, where the electric motor is located in a handball, which allows flexible screw control, are shown., generators and engines using heterogeneous networks. The use of server-network technologies in power plants and energy-intensive industries makes it possible to more flexibly keep operational parameters of work processes.

*Keywords:* post, router, power plant, generator, engine, server, automatic voltage regulator, network, module, regulator, actuator.

**Брежнев Владислав Игоревич**

Инженер-электроник, ЛРПУ ООО «Транснефть-Балтика», г. Санкт-Петербург  
vladyslav.brezhnev@yandex.ru

*Аннотация.* В статье приведен обзор раскрытия современных возможностей сетевого управления всей судовой энергетической установкой с использованием разнородных сетей, DUAL LAN, FIBER OPTIC, DUAL CAN, Modbus, так и отдельных элементов агрегатов посредством сетевых возможностей через центральный пост, пост машинного отделения, дополнительные посты, пост энергохозяйства. Обоснована необходимость использования сетевого управления, для плавного регулирования технологического процесса посредством контрольно-измерительных приборов, исполнительных механизмов, подключенных к контрольным модулям.

Показаны современные особенности применения сетевого контроля двух-тактного двигателя без распределителей работающего на винт, где вместо распределительного вала используются электромагнитные актуаторы и четырех-тактного с использованием современной винто-рулевой колонки на базе аzipод, где электродвигатель расположен в гандоле, что позволяет сделать гибким контроль винта, генераторов и двигателей с использованием разнородных сетей. Использование серверно-сетевых технологий в энергетических установках и энергоемких отраслях позволяет более гибко держать режимные параметры рабочих процессов.

*Ключевые слова:* пост, маршрутизатор, энергетическая установка, генератор, двигатель, сервер, автоматический регулятор напряжения, сеть, модуль, регулятор, актуатор.

**В** различных энергоемких отраслях: металлургическая промышленность, нефте-газовая промышленность, судостроительная промышленность, железнодорожное машиностроение и др., где требуются гибкие эксплуатационные характеристики, надежность, безотказность, экономичность и в основу всех этих отраслей входят энергетические установки, позволяют поддерживать в допустимых пределах режимных параметров (напряжение, ток).

В последние годы идет активное использование серверно-сетевых технологий в энергетических установках и энергоемких отраслях, что позволяет более гибко держать режимные параметры рабочих процессов, так и технологических процессов отраслей[3]. В судостроении этому так же поспособствовала государственная программа Российской Федерации «Развитие судостроения на 2013–2030 годы». В рамках Программы обозна-

чены цели и задачи судостроения Российской Федерации[6].

Например, в водном транспорте на судне в корме устанавливаются винты с поворотной лопастью или винторулевыми(–ые) колонками(–и) аzipод. Анализируя современное состояние применения серверно-сетевых технологий, которые показаны на рисунке 1 позволяют сделать гибким контроль винта, генераторов и двигателей с использованием разнородных сетей, DUAL LAN, FIBER OPTIC, DUAL CAN, Modbus. Центральный пост, дополнительные посты взаимосвязаны с постами машинного отделения и постом энергохозяйства с помощью маршрутизаторов высокоскоростными оптоволоконными каналами.

Все контрольно-измерительные приборы и исполнительные механизмы подключены к контрольным модулям, которые в свою очередь передают данные

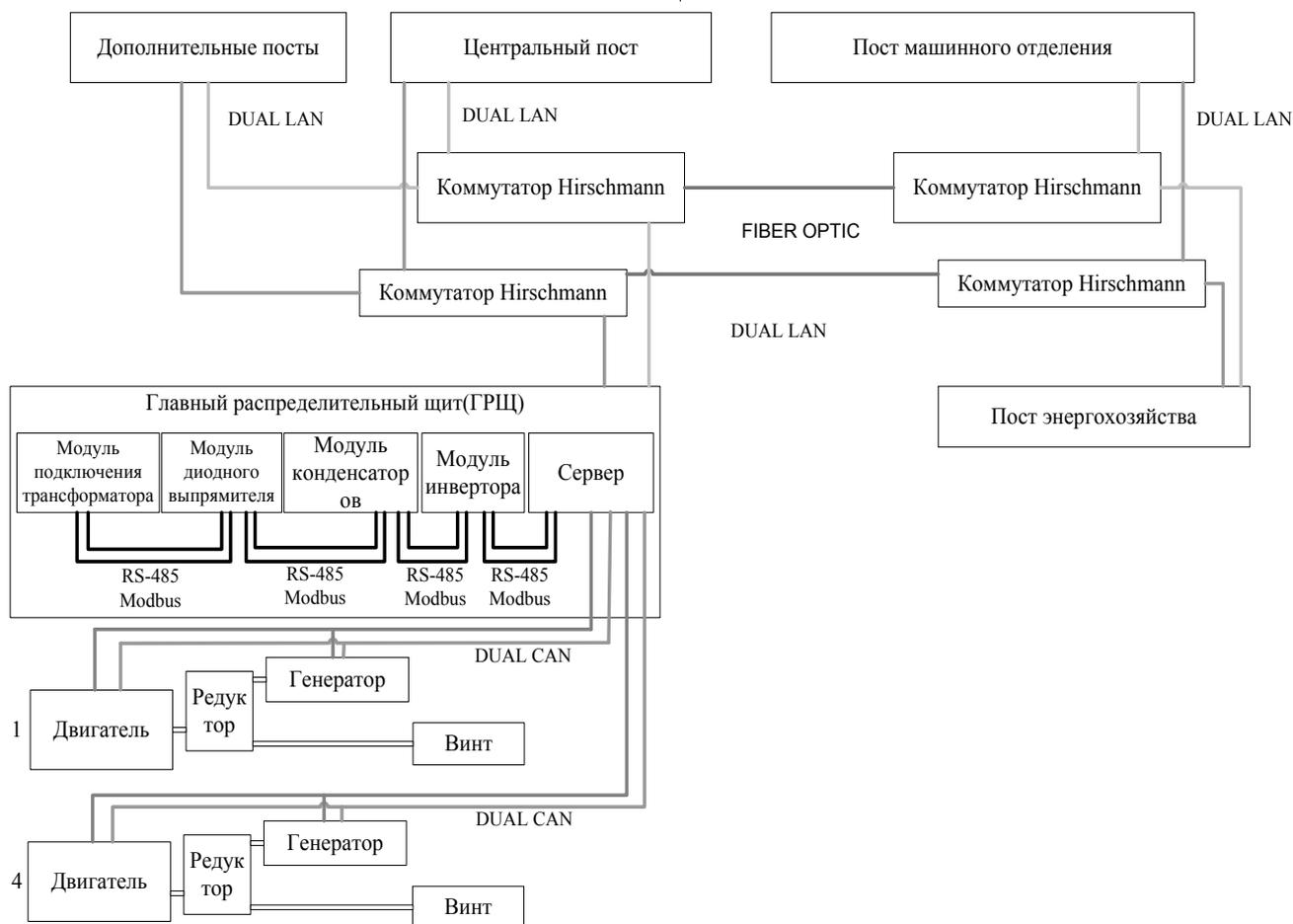


Рис. 1. Серверно-сетевое управление прямо на винт.

на сервер. Передача данных между модулями, сервером и постами реализуется через транспортный протокол TCP. Для установления соединения модуль передает специальный TCP-сегмент, потом сервер передает модуль специальный TCP-сегмент, затем модуль передает третий TCP-сегмент после этого соединение установлено. Когда соединение установлено модуль и сервер могут передавать данные.

Для модулей, серверов, постов применяется статическая маршрутизация, которая заставляет передавать заданные маршруты по указанному пути от источника к приемнику. Маршруты прописываются через стандартные приложения Windows: командная строка или WindowsPowerShell через следующую команду: `route -p add 190.163.1.0 mask 255.255.253.0 192.168.1.1`, где 190.163.1.0 адрес приемника куда передаются данные[1].

Используя сетевой контроль двигателем рисунок 2 при работе судна на винтовой тяге позволяет ступенчато изменять обороты двигателя при использовании че-

тырех-тактного двигателя путем снижения/увеличения подачи топлива.

Использование двух-тактного двигателя без распределителей работающего на винт, где вместо распределительного вала используются электромагнитные актуаторы, которые контролируют положение клапанов на открытие и закрытие и опрашиваются 105 раз в секунду в основе актуатора лежит датчик положения и пневматическая пружина. Помимо снижения/увеличения подачи топлива можно отключать подачу топлива в отдельные цилиндры, что позволяет снижать и увеличивать мощность двухтактного двигателя, при этом подача смазки в цилиндры не прекращается. Все актуаторы на двухтактном двигателе подключаются к блоку главного контроллера, где прописаны постоянные: скорость подъема, скорость опускания, время ожидания, количество циклов[3,4].

Передача данных от актуаторов реализуется по Dual CAN, так как скорость менее 1 Мбит/с, с широким диапазоном рабочих температур  $-40 +125$  °С, хорошей устойчивостью к воздействию внешних разрядов, так как

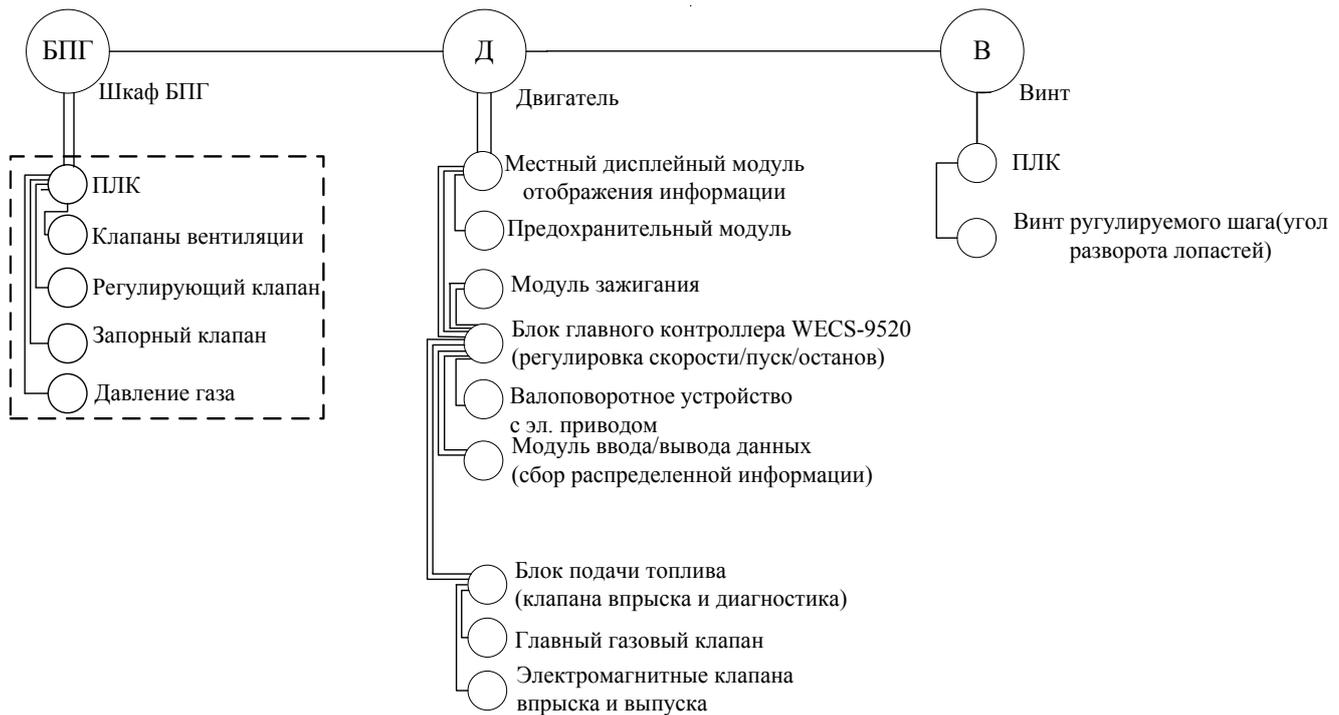


Рис. 2. Элементы модулей в агрегатах с двухтактным двигателем без распределвалов.

трансиверы CAN обладают высокой надежностью. Данные по шине передаются сообщениями, где исключена всякая коллизия сообщений, т.е. несколько сообщений не могут отправиться одновременно, решается эта проблема путем ранжирования. Сообщения в DualCan имеют доминантное и рецессивное состояния. Сообщение с более высоким назначенным доминантным состоянием получают высокий приоритет будут продолжать передачу, а с низким приоритетом будут видеть доминирующий бит и прекратят передавать данные. Бит с низким приоритетом будет отправлять повторно сообщение до тех пока не передаст и он будет иметь доминантное состояние[2,5].

Для мониторинга каждого двигателя применяется управляющая мощность 24 В постоянного тока для каждого двигателя, которая используется для работы электронной схемы управления и для подачи питания на электромагнитный клапан стартера и магнитный пусковой выключатель. В нормальных условиях схема двигателя работает; все, что нужно, это приведение в действие электромагнитного клапана стартера. Двигатели не могут быть запущены или поддерживать работу без подачи 24 В постоянного тока на систему управления. Органы управления двигателем и индикаторы: индикаторы местного двигателя (на панели местного управления): мощность в виде алармов сигнализаций; скорость двигателя (об / мин); давление моторного масла; температура выхлопной трубы; температура охлаждающей

жидкости; расход топлива; процент мощности; часы работы двигателя; индикатор воздушного фильтра (на воздушном фильтре); напряжение аккумулятора (зарядное устройство).

Местные органы управления двигателем включают (на локальной панели управления): селектор меню; кнопка запуска; стоп кнопка; включить; аварийная остановка (топливный соленоид).

Индикаторы двигателя распределительного щита включают (VCS): Мощность в виде алармов; скорость двигателя (об/мин); давление моторного масла; температура выхлопной трубы; напряжение батареи; температура охлаждающей жидкости; расход топлива (л / час); процент мощности; часы работы двигателя.

Индикаторы двигателя распределительного щита включают (на распределительном щите): нагреватель вкл; работающий двигатель; общая сигнализация двигателя. Органы управления двигателем в помещении распределительного щита включают (на распределительном щите): сброс защиты в виде ключевого переключателя; нагреватель генератора вкл / выкл.

Электроэнергия на борту вырабатывается двумя ABB AMG1600 10,5 кВ переменного тока, 50 Гц, 3 фазы, с трехфазным генератором, вырабатывающим 22,9 кВА каждый. Генераторы приводятся в движение двумя 18-ци-

Таблица 1

Точность регулирования напряжения	± 0,5	%
- в пределах диапазона мощности	0–100	%
- в пределах диапазона оборотов	95–105	%
Диапазон задания напряжения	90–110	%

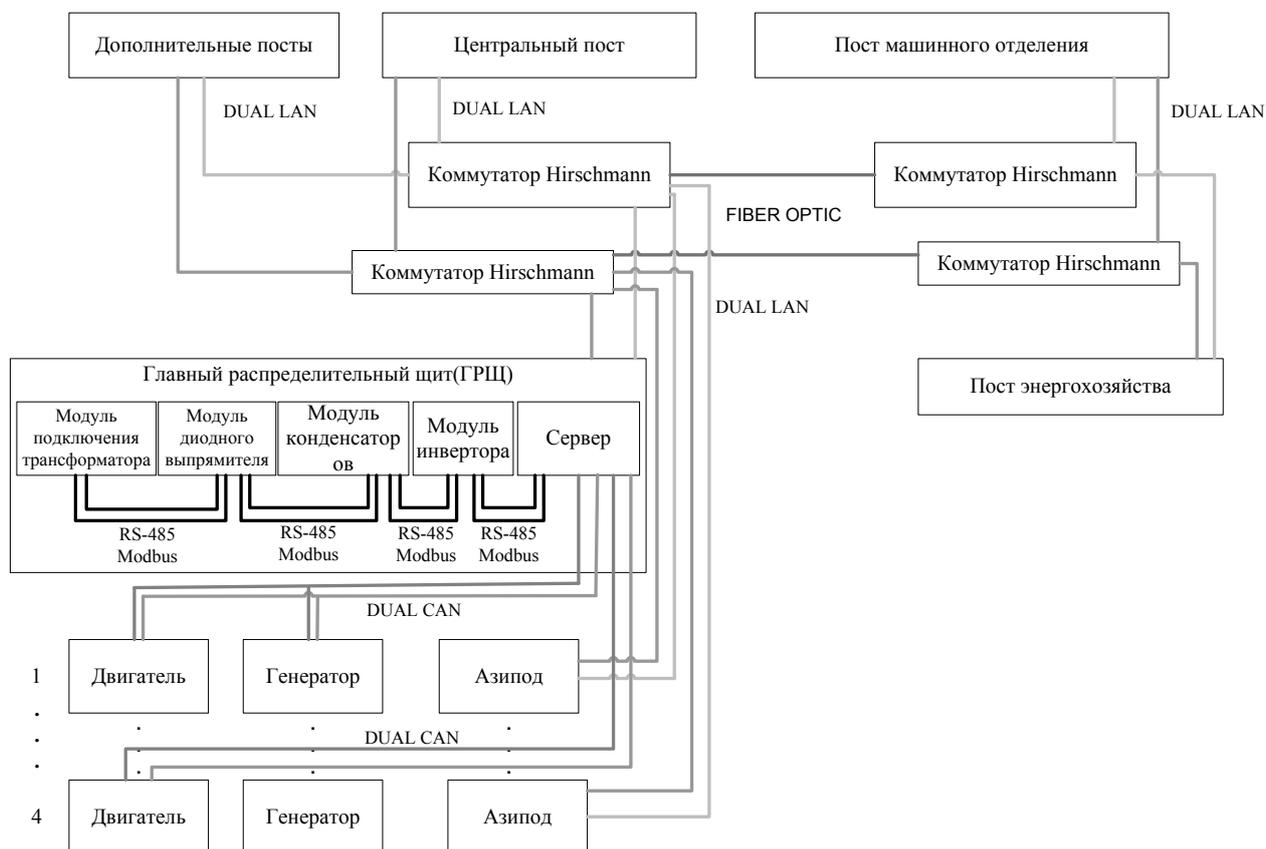


Рис. 3. Элементы модулей в агрегатах с четырехтактным двигателем при работе на винто-рулевую колонку азипод.

линдровыми главными двигателями WARTSILA 18V50DF, работающими на скорости 500 оборотов в минуту (об / мин).

Регулятор электронного модуля управления (ECM) на каждом двигателе контролирует скорость двигателя, которая определяет частоту выходного сигнала генератора. Номинальная рабочая скорость составляет 500 об / мин, что дает частоту 50 Гц. Регуляторы управляют двигателями в режиме понижения, под контролем системы управления судном (VCS) / системы управления питанием (PMS), таблица 1.

В каждом генераторе встроен автоматический регулятор напряжения, который контролирует выходное напряжение генератора, регулируя величину тока от ге-

нератора с постоянным магнитом, который подается на поле возбуждителя, которое наматывается на статор. Поле возбуждителя вызывает ток в якоре возбуждителя, который намотан на ротор. Трехфазный диодный выпрямитель, установленный на роторе, преобразует ток якоря возбуждителя в постоянный ток для вращающегося основного поля генератора[7].

Используя современную винто-рулевую колонку на базе азипод, где электродвигатель расположен в гандоле позволяет получить лучшую управляемость судна, которая может поворачиваться на 360 градусов при полном контроле (система рулевого управления или автопилот) или без контроля (местный щит) с помощью трех электрических двигателей рулевого управления и двух преобразователей частоты. Электронный блок

управления обрабатывает сигналы, поступающие либо от системы управления рулевым управлением, либо от локальных неконтролируемых кнопок (местный щит), а также индикации направления тяги, журнала скорости и индикации уровня тяги и передает сигналы на три рулевых двигателя. Двигатели рулевого управления будут приводиться в движение электронным блоком управления через один из двух приводов с переменной частотой, пока не будет достигнуто выбранное направление тяги. Кнопки сброса преобразователя частоты находятся на главном шкафу. Для изменения направления тяги на 180 градусов требуется приблизительно 14 секунд в зависимости от скорости.

Крутящий момент силового двигателя уменьшается на высоких скоростях (> 8 узлов) и крайних углах пово-

рота (> 35 градусов), чтобы предотвратить перегрузку силового двигателя. Ограничение крутящего момента силового двигателя не сигнализируется системой мониторинга тревоги судна или на пульте управления. Если аzipод постоянно находится в положении «вперед», крутящий момент аzipода может быть увеличен до максимального крутящего момента (100%)[3].

Данный с блоков судовой энергетической установки поступают на сервер сбора данных на основе операционной системы Windows Server 2012 с программным пакетом SCADA через конвектор, откуда данные распределяются через маршрутизаторы на посты. На постах установлены клиенты или программные продукты Citrix, которые позволяют виртуализировать посты и запускать программные пакеты на любом из постов.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Куроуз Д., Росс К. Компьютерные сети: Нисходящий поток / Д. Куроуз, К. Росс — 6-е изд. — Москва: Издательство «Э», 2016. — 912 с.
2. Хант К. TCP/IP. Сетевое администрирование, 3-е издание. Пер. с англ./ К. Хант — СПб: Символ-Плюс, 2007. — 816 с.
3. Виноградов А. А. Распределение нагрузки при параллельной работе судовых дизель-генераторных агрегатов с учетом расхода топлива / А. А. Виноградов, С. Е. Кузнецов // Сб. тезисов докладов национальной ежегодной научно-практической конференции профессорско-преподавательского состава ГУМРФ имени адмирала С. О. Макарова. — СПб.: Изд-во ГУМРФ им. адм. С. О. Макарова, 2017. — С. 21–22.
4. Шестопалов, М. Ю. Отказоустойчивое управление циклическими многостадийными технологическими процессами / М. Ю. Шестопалов // Инновации. — 2015. — № 4 (198). — С. 8–12.
5. Сахаров В. В. Автоматизация поиска оптимальных маршрутов и грузовых потоков в транспортных сетях средствами целочисленного линейного программирования / В. В. Сахаров, И. А. Сикарев, А. А. Чертков // Вестник Государственного университета морского и речного флота имени адмирала С. О. Макарова. — 2018. — № 3 (10). — С. 647–656.
6. Государственная программа Российской Федерации «Развитие судостроения на 2013–2030 годы». URL.: [http://www.consultant.ru/document/cons\\_doc\\_LAW\\_155198/3ecab266ad8cb0a9e1c074c2eeb5c55f1cb2934f/](http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_155198/3ecab266ad8cb0a9e1c074c2eeb5c55f1cb2934f/) (дата обращения: 16.03.2020).
7. Сайт компании ABB URL.: <https://new.abb.com/> (дата обращения: 16.03.2020).

© Брежнев Владислав Игоревич (vladyslav.brezhnev@yandex.ru).

Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»

## ВОПРОСЫ ВНЕДРЕНИЯ ЭЛЕКТРОННОЙ ПОДПИСИ В ВЫСШИХ УЧЕБНЫХ ЗАВЕДЕНИЯХ

### INTRODUCING ELECTRONIC SIGNATURES IN HIGHER EDUCATION INSTITUTIONS

**D. Brechka**

*Summary.* The article discusses the problem of implementing an electronic signature in the electronic document management system of a higher educational institution. Relevance is associated with the massive digitalization of business processes and the increasing distribution of electronic document management. The aim of the work is to develop a typical scheme for organizing an electronic signature infrastructure. The main results are:

- formulation of requirements for electronic document management systems, for the correct choice of systems that correspond to the tasks solved in modern higher educational institutions.
- characterization of the necessary elements of the electronic signature infrastructure for building a complete picture of all work-stages on implementing the electronic signature.
- offering a model for using various types of electronic signatures in accordance with the type of documents to be signed, correlated with the hierarchical structure of organization management.

*Keywords:* electronic signature, document management, electronic signature infrastructure, criteria for selecting an electronic document management system.

**Бречка Денис Михайлович**

*К.т.н., доцент, ФГБОУ ВО «Сибирский  
государственный автомобильно-дорожный  
университет» (г. Омск)  
dbrechkawork@yandex.ru*

*Аннотация.* В статье рассматривается проблема внедрения электронной подписи в системе электронного документооборота высшего учебного заведения. Актуальность связана с массовой цифровизацией бизнес-процессов и все большим внедрением электронного документооборота в организациях. Целью работы является разработка типовой схемы организации инфраструктуры электронной подписи. Основными результатами является:

- формулирование требований к системам электронного документооборота, для правильного выбора систем, соответствующих задачам, решаемым в современных ВУЗах.
- характеристика необходимых элементов инфраструктуры электронной подписи, для выстраивания полной картины всех этапов работ по внедрению ЭП.
- предложение модели использования различных видов электронных подписей в соответствии с типом подписываемых документов, соотношенных с иерархической структурой управления ВУЗом.

*Ключевые слова:* электронная подпись, документооборот, инфраструктура электронной подписи, критерии выбора системы электронного документооборота.

### Введение

Современные заведения высшего образования в Российской Федерации (ВУЗы) обычно имеют сложную иерархическую структуру управления. Осуществление бизнес-процессов в таких структурах неизбежно сопряжено с составлением и согласованием большого количества документов. Вопрос о необходимости автоматизации бизнес-процессов и документооборота на сегодняшний день чаще всего решается положительно, однако процедура автоматизации, в большинстве случаев, затягивается, что связано, в первую очередь, со сложностью самих бизнес-процессов. Однако опыт многих ВУЗов (вот примеры лишь некоторых опубликованных работ [1–4]) показывает, что процесс автоматизации все же осуществим, а результаты внедрения сказываются неизменно положительно на работе автоматизированных подразделений и всего ВУЗа в целом. В связи с этим, становится очевидно, что работы в указанном направ-

лении следует продолжать и выводить на более высокий уровень.

Одним из аспектов автоматизации бизнес-процессов и документооборота является внедрение электронной подписи [5,6]. Данный процесс можно разбить на два основных этапа:

1. организация инфраструктуры электронной подписи в информационной среде ВУЗа;
2. внедрение электронной подписи в систему электронного документооборота ВУЗа.

Целью данной статьи является создание типовой схемы организации инфраструктуры электронной подписи в заведении высшего образования.

Автор отдает себе отчет в том, что экосистема каждого ВУЗа является уникальной и задача создания абсолютно универсальной, применимой для всех схемы, скорее всего является невыполнимой. Однако, анализ



Рис. 1. Пример иерархии должностных отношений

опубликованных работ по теме внедрения электронной подписи [7,8] показывает, что большинство организаций сталкиваются со схожими проблемами, а значит, результаты, опубликованные в данной статье, могут быть полезны специалистам, занимающимся обозначенным вопросом.

### 1. Иерархическая структура должностных отношений

В абсолютном большинстве случаев система управления ВУЗом имеет иерархическую структуру. Пример такой структуры, с отображением названий должностей приведен на рисунке 1.

Конечно, структура, представленная на рисунке 1 не является исчерпывающей, и в случае каждого конкретного ВУЗа может существенно отличаться, однако сохранение иерархичности отношений остается неизменным.

Выстраивание иерархии должностных отношений в ВУЗе может оказаться весьма непростой задачей, однако является важным этапом с точки зрения описания бизнес-процесса. В том числе, использование электронной подписи, как будет показано ниже, может быть ранжировано по уровням должностных полномочий.

Практически всегда бизнес-процесс в такой иерархической структуре сопровождается составлением и согласованием большого количества документов: до-

говоры, соглашения, положения, служебные записки и прочее. Все эти документы будем делить на два класса:

- ◆ внешние — предназначенные для установления правоотношений со внешними, по отношению к ВУЗу, организациями;
- ◆ внутренние — предназначенные, для согласования бизнес-процессов между отдельными подразделениями ВУЗа и должностными лицами.

Внедрение систем электронного документооборота (СЭД) призвано повысить удобство обработки как внешних, так и внутренних документов и сократить время на осуществление бизнес-процессов.

### 2. Критерии выбора системы электронного документооборота

Количество СЭД, представленных сегодня на рынке, довольно велико, следовательно, необходимо выработать критерии выбора СЭД, удовлетворяющей запросам современного ВУЗа. Основой для выбора критериев может служить спецификация «Типовые требования к автоматизированным системам электронного документооборота» (англ. Model Requirements for the Management of Electronic Records, MoReq2010 [9]), содержащая обширный набор требований, которым должны удовлетворять современные СЭД. Рассмотрим наиболее значимые, с точки зрения обозначенных задач требования.

1. Система управления пользователями. Количество пользователей СЭД в ВУЗе может быть очень велико. Разные пользователи должны иметь разный

уровень доступа документам различных классов. Более того, очень часто один и тот же сотрудник выполняет несколько должностных обязанностей, поэтому один пользователь системы может иметь разные права доступа, в зависимости от того, какую роль он исполняет в конкретный момент времени. Таким образом, система контроля доступа и управления пользователями в СЭД должна быть достаточно развитой. В MoReq2010 предусматривается возможность задания прав доступа на документы как отдельным пользователям, так и группам пользователей. Также присутствуют требования по управлению ролями пользователей. То есть, СЭД должна поддерживать дискреционную, групповую и ролевую политику управления доступом [10].

2. Классификация и агрегация документов. Очевидно, что выработать универсальную номенклатуру классов документов, подходящую для всех организаций невозможно, как следствие, СЭД должна позволять пользователям создавать собственные классы. Более того, СЭД должна поддерживать возможность иерархической организации классов документов, что позволит соотносить документы с иерархической структурой управления в организации.
3. Поддержка жизненного цикла документов. Этапы жизненного цикла документов хорошо описаны в серии статей Е. М. Каменевой [11–13]. Из анализа источников видно, что жизненный цикл может быть довольно сложными и различаться для разных документов. Следовательно, СЭД должна позволять задавать этапы жизненного цикла для каждого класса документов и следить за правильной последовательностью прохождения этапов. Более того, СЭД должна вести журнал, в котором должны отображаться события, связанные прохождением этапов жизненного цикла каждым документом. Данное требование подтверждается в том числе ГОСТ Р 54471–2011 [14].
4. Кроссплатформенность СЭД. В современном мире практически каждый человек владеет несколькими вычислительными устройствами, например, рабочий компьютер, домашний компьютер, смартфон и т.д. Если клиентская часть СЭД может быть установлена только на одной платформе (например, на рабочем компьютере под управлением операционной системы Windows), то это резко снижает удобство использования системы. Хорошим вариантом будет наличие у СЭД web-интерфейса, а еще лучшим — наличие клиентской части для мобильных устройств.
5. Безопасность. Высокая доступность СЭД побуждает обратить пристальное внимание на вопросы безопасности. СЭД должна поддерживать

гибкую настройку политики средств аутентификации пользователей и политики разделения доступа. При этом разделение доступа должно основываться не только на атрибутах пользователя, но и на атрибутах документа. Например, к некоторым категориям документов может потребоваться запретить доступ через web-интерфейс и мобильные приложения. Также СЭД должна уделять внимание контролю целостности документов, защите журналов событий, доступности самой системы, архивированию и защите архивов. Должна быть исключена возможность доступа к документам в обход системы контроля доступа СЭД.

6. Поддержка электронной подписи. Подписание является неотъемлемой частью жизненного цикла документа. При чем подписание (визирование) может требоваться на разных этапах жизненного цикла документа, на одном документе может требоваться подпись разных людей. Когда речь идет о СЭД, в качестве собственноручной подписи может использоваться электронная подпись (ЭП). Использование электронной подписи регламентируется Федеральным законом Российской Федерации № 63 от 06.04.2011 (ФЗ-63) [15]. СЭД должна поддерживать инфраструктуру электронной подписи, позволять осуществлять подписание документа и проверять подпись.
7. Расширяемость. Если СЭД не поддерживает одно или несколько из представленных требований, либо у организации есть требования, не учтенные в данном списке, то СЭД должна обеспечивать возможность расширения путем подключения дополнительных модулей, либо предоставлять возможность разработки новых подключаемых программных модулей.
8. Характеристика видов электронной подписи

Как уже было сказано выше, использование электронной подписи в Российской Федерации регламентируется федеральным законом № 63. Данный документ выделяет три вида электронной подписи:

- ◆ простая электронная подпись (ПЭП);
- ◆ неквалифицированная электронная подпись (НЭП);
- ◆ квалифицированная электронная подпись (КЭП).

Все виды подписей, должны проверять целостность документов и позволять устанавливать лицо подписавшее документ (это свойство еще называют неотказуемостью). Ниже приведена краткая характеристика каждого вида подписи.

ПЭП — это вариант электронной подписи не предполагающий использование криптографических

преобразований. Обычно ПЭП реализуется средствами СЭД, которая может устанавливать/отслеживать специальные свойства электронного документа. ПЭП — это технически самый простой вариант электронной подписи, обычно она уже встроена в СЭД и редко требует сложных настроек и установки дополнительного программного обеспечения. Отсутствие криптографических преобразований снижает надежность такой подписи, как следствие ее следует использовать там, где риски подлога документов минимальны. Еще одним важным аспектом ПЭП является то, что она не признается аналогом собственноручной подписи без наличия специального соглашения между участниками электронного взаимодействия, устанавливающего порядок использования и способ проверки подписи. Такое соглашение может быть заключено между отдельными организациями (в нашем случае между ВУЗом и каждой внешней организацией) или между подразделениями одной организации (достаточно одного общего соглашения на весь ВУЗ), в любом случае соглашение должно быть юридически оформлено и соответствовать требованиям, представленным в ФЗ-63.

НЭП предполагает использование технологий электронной цифровой подписи (ЭЦП) для формирования и проверки подписи документа. Этот факт делает подпись более надежной, но, вместе с тем, технически более сложной — требуется наличие (поддержка) специальной инфраструктуры ЭЦП, о которой речь пойдет ниже. При этом НЭП, как и ПЭП, не признается без наличия дополнительного соглашения.

Наконец, самым надежным видом электронной подписи считается КЭП. Такая подпись, как и НЭП, основана на ЭЦП, но при этом предполагает государственный контроль за использованием криптографических средств. Самым большим плюсом КЭП является то, что она может быть признана без наличия дополнительных соглашений, но, при этом, техническая реализация, ожидаемо, еще более сложная чем у НЭП.

#### 4. Инфраструктура электронной цифровой подписи

Для понимания того, что нужно для работы электронных подписей, использующих ЭЦП (такие подписи еще называют усиленными, к ним относят КЭП и НЭП) кратко охарактеризуем эту технологию. Наиболее распространенной на сегодняшний день технологией ЭЦП является ЭЦП, основанная на асимметричных алгоритмах шифрования [16]. В таких алгоритмах шифрование и дешифрование информации производится разными ключами, которые генерируются парами. Подписание электронного документа — это шифрование документа ключом,

который хранится в секрете. Полученная криптограмма называется электронной подписью документа и распространяется совместно с исходным документом. Дешифрование криптограммы производится открытым (общедоступным) ключом, парным к секретному. Если результаты дешифрования совпали с исходным документом, то:

1. исходный документ не был изменен, таким образом подтверждается целостность документа;
2. документ был зашифрован парным к открытому ключом, принадлежащим подписанту, таким образом устанавливается личность подписанта.

Известной проблемой асимметричных алгоритмов является проблема доверия ключей. То есть необходим механизм, позволяющий удостовериться в том, что открытый ключ действительно принадлежит конкретному указанному пользователю. Для электронной подписи это означает, что у подписавшего лица не должно быть возможности отказаться от своей подписи (свойство неотказуемости ЭП).

Указанная проблема решается с помощью третьей доверенной стороны. Этой стороне доверяют как подписант, так и лицо проверяющее подпись. Доверенная сторона выпускает так называемые сертификаты открытых ключей, которые распространяются свободно. Данный сертификат подтверждает, что открытый ключ действительно принадлежит указанному пользователю.

Доверенной стороной выступает удостоверяющий центр (УЦ), другие названия этого объекта — центр сертификации (ЦС), certification authority (CA). Данный объект является обязательной частью инфраструктуры ЭЦП. В задачи УЦ входит следующее.

1. Генерация пар ключей. Для каждого лица, желающего подписывать электронные документы, УЦ генерирует пару открытый-закрытый ключ электронной подписи.
2. Распространение сертификатов ключей. Закрытый ключ должен быть надежным способом передан пользователю, например, лично, на специальном носителе или по защищенному каналу связи. Для открытого ключа формируется сертификат, который распространяется без ограничений, например, публикуется в общедоступном каталоге сертификатов.

Еще одним элементом инфраструктуры ЭЦП является криптопровайдер. Это клиентское программное обеспечение, в функции которого входит (как минимум) следующее.

1. Подписание электронного документа. Криптопровайдеру передаются электронный документ и сертификат закрытого ключа пользователя.

По этим данным криптопровайдер формирует электронную подпись документа.

2. Проверка электронной подписи. Криптопровайдеру передаются электронный документ, его электронная подпись и сертификат открытого ключа пользователя. По этим данным криптопровайдер делает заключение о корректности или некорректности подписи.

Третьим элементом инфраструктуры ЭЦП выступает рабочее место пользователя. Под этим термином будем понимать вычислительную систему, на которой установлена клиентская часть СЭД и выполнены определенные настройки, позволяющие использовать ЭЦП в СЭД.

Наконец четвертым, важным элементом инфраструктуры является нормативная документация, без которой, как было сказано выше, ПЭП и НЭП не признаются аналогами собственноручной подписи. Сюда же можно отнести документы, регламентирующие использование электронного документооборота в организации. Эти документы не относятся напрямую к ЭЦП, но, так как мы рассматриваем применение ЭЦП в рамках электронного документооборота, отсутствие этих документов сделает невозможным использование СЭД и, как следствие, ЭЦП. Ни в коем случае не стоит недооценивать значимость нормативной базы, как показывает практика, при наличии всех технических возможностей, но отсутствии регламентирующих документов ни СЭД, ни ЭЦП использоваться не будут.

Разобравшись с необходимыми для ЭЦП элементами инфраструктуры, стоит обратить внимание на особенности их реализации и использования. Первый, выделенный нами элемент — удостоверяющий центр, и есть большая разница между УЦ для КЭП и НЭП. Удостоверяющий центр для квалифицированной электронной подписи должен обязательно быть аккредитован государственным органом (см. требования Ф3-63), для пользователей услуги такого УЦ предоставляются за отдельную плату. Таким образом, аккредитованный УЦ является внешним, по отношению к организации субъектом, выпускающим и распространяющим ключи электронной подписи. Ключи могут быть предоставлены на специальном защищенном носителе, а затем интегрированы в криптопровайдер. Актуальный список аккредитованных удостоверяющих центров можно получить на сайте Министерства цифрового развития, связи и массовых коммуникаций Российской Федерации [17].

На удостоверяющий центр для НЭП не распространяется требование государственной аккредитации, и, следовательно, УЦ может быть создан силами сотрудников организации с использованием любой подходящей технологии. Примером такой технологии может служить

Active Directory Certificate Services от компании Microsoft. Достоинством является то, что службы сертификатов интегрируются доменную службу Microsoft, которая часто уже используется в организациях. При этом службы сертификатов обладают достаточно широкими функциональными возможностями, а настройка производится с помощью удобного мастера и не вызывает серьезных затруднений. Подробно настройка удостоверяющего центра на основе Active Directory Certificate Services описана в [18]. Однако данная технология является проприетарной и коммерческой, в качестве альтернативы могут быть использованы открытые решения, одним из наиболее известных является OpenSSL [19].

Следующий, рассмотренный нами элемент инфраструктуры ЭЦП — криптопровайдер. Как уже было сказано выше, это клиентское программное обеспечение, которое должно быть установлено на каждое рабочее место пользователя. И снова есть отличия между криптопровайдерами для КЭП и НЭП.

Криптопровайдер для КЭП должен поддерживать российские криптографические алгоритмы, используемые при формировании квалифицированной электронной подписи [20] и иметь сертификат ФСБ (см. требования Ф3-63). Такие криптопровайдеры устанавливаются как дополнительное программное обеспечение на клиентской операционной системе. Чаще всего это программное обеспечение является коммерческим и требует приобретения лицензии на каждое рабочее место.

В качестве криптопровайдера НЭП для операционной системы Windows может использоваться уже встроенный набор API-функций — CryptoAPI. Эти API-функции реализуют весь необходимый функционал криптопровайдера, однако доступны только через средство дополнительного приложения, обращающегося к этим функциям, стандартного приложения в Windows для работы с CryptoAPI на данный момент нет. Таким образом, для работы с криптопровайдером на пользовательском уровне все равно потребуется устанавливать дополнительное программное обеспечение, хотя в некоторых случаях будет достаточно установить клиентскую часть СЭД, которая может обращаться к CryptoAPI напрямую (например, СЭД ELMA ESM+ [21]). В случае операционной системы отличной от Windows, можно использовать тот же криптопровайдер, что и для КЭП (большинство криптопровайдеров КЭП поддерживают работу с НЭП, например, КриптоПро [22]). Существуют также и свободные решения, например, уже упомянутый OpenSSL или GPG [23].

Что касается настроек рабочего места пользователя, то для КЭП и НЭП они практически не отличаются. Чаще всего потребуется:

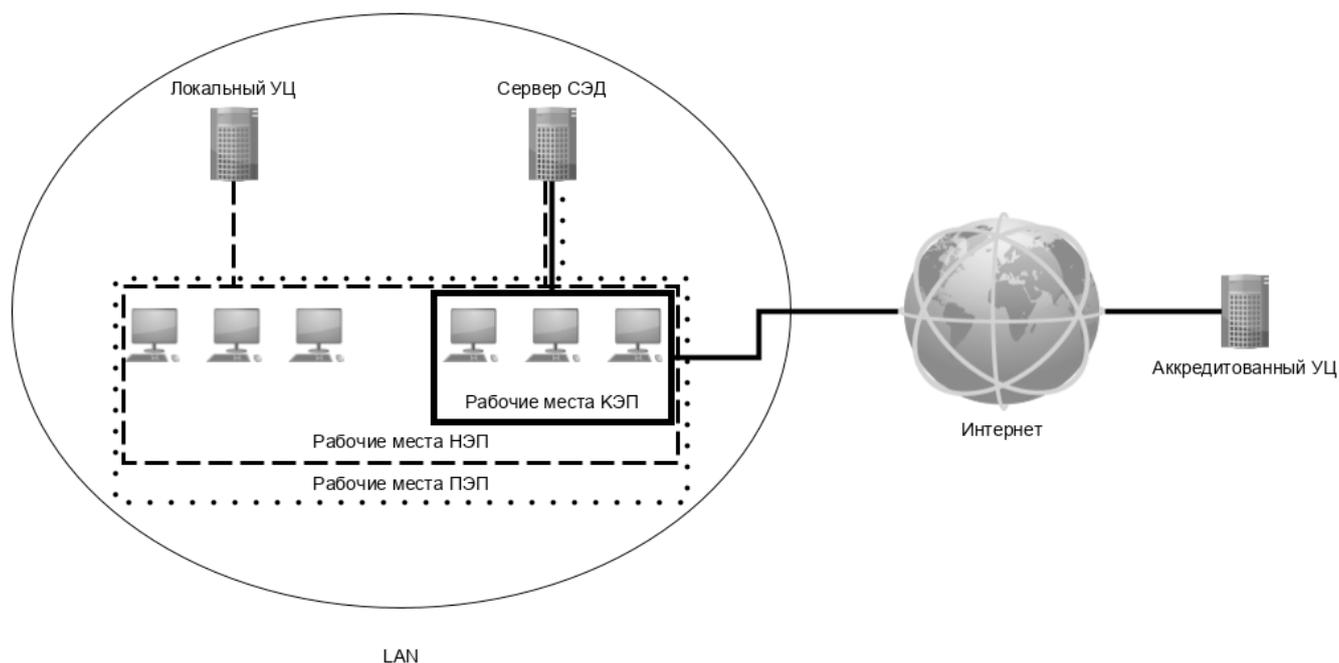


Рис. 2. Элементы инфраструктуры электронной подписи

- ◆ установить криптопровайдер;
- ◆ установить и настроить клиентскую часть СЭД (конкретные настройки зависят от СЭД, но, как минимум, необходимо настроить работу СЭД с соответствующим криптопровайдером);
- ◆ установить расширение браузера для работы с электронной подписью;
- ◆ установить сертификат (сертификаты) удостоверяющего центра;
- ◆ импортировать ключи электронной подписи;
- ◆ установить драйверы для работы с защищенными носителями ключевой информации (если используются).

Нормативная документация должна отвечать на ряд вопросов относительно того какие пользователи (группы, роли) в каких случаях могут использовать тот или иной вид электронной подписи. Здесь вероятнее всего, придется учитывать иерархическую структуру управления организацией и ранжировать использование ЭП по уровням иерархии. Рассмотрим подробнее эти моменты в следующем разделе.

### 5. Применение электронной подписи в системе документооборота высшего учебного заведения

Рассмотрим модель применения различных видов электронной подписи в иерархической структуре управления ВУЗом. Наиболее удобной в применении могла бы

быть квалифицированная электронная подпись, так как она имеет юридическую силу без дополнительных соглашений. Но, как было сказано выше, использование КЭП требует покупки ключей и сертифицированных криптопровайдеров. Поэтому применять КЭП выгоднее всего только для подписания внешних документов, это позволит воспользоваться преимуществами электронного документооборота и избавит от необходимости заключения соглашений об использовании ЭП с каждой внешней организацией. Предоставить возможность использования КЭП необходимо только тем сотрудникам, в чьи должностные обязанности входит согласование внешних документов, что позволит сократить затраты на покупку сертифицированных средств. Если обратиться к рисунку 1, то это сотрудники нулевого, первого и, возможно, второго уровня иерархии.

Для согласования внутренних документов одинаково подойдет ПЭП и НЭП, однако, при выборе между ними, следует учитывать уровень надежности того и другого вида подписи. По мнению автора, в ВУЗе можно найти применение обоим видам подписей, ограничив круг задач, решаемых каждой из них.

Если ПЭП, реализуемая средствами СЭД, гарантирует целостность и неотказуемость, то она вполне пригодна для использования в рамках данной СЭД. Безусловным преимуществом в этом случае выступает отсутствие необходимости организации инфраструктуры ЭЦП. К сожалению, не всегда система электронного документо-

оборота поддерживает качественную ПЭП. Более того, очень часто в ВУЗах используется несколько различных информационных систем (в том числе СЭД), и периодически возникает необходимость обмена документами между этими системами. В таких ситуациях использовать ПЭП будет крайне неудобно, так как сложно однозначно идентифицировать автора документа, не говоря уже о гарантии целостности. Таким образом, использовать простую электронную подпись рекомендуется в рамках одной системы документооборота и то, при условии соответствия ПЭП необходимым требованиям, в остальных случаях лучшим решением будет неквалифицированная подпись.

Рис. 2 обобщает сказанное, на нем изображены элементы инфраструктуры электронной подписи и связи между ними.

## Выводы

В данной статье были рассмотрены особенности использования электронной подписи в рамках системы электронного документооборота в ВУЗе. Было показано, что введение электронного документооборота, являющегося одним из этапов автоматизации бизнес-процессов, неизменно сопряжено с необходимостью использования электронной подписи.

Сформулированы требования к системам электронного документооборота, позволяющие правильно выбрать систему, соответствующую задачам, решаемым в современных ВУЗах. Показана необходимость под-

держки инфраструктуры электронной подписи со стороны СЭД.

Также были затронуты вопросы технической реализации инфраструктуры электронной подписи, показаны и охарактеризованы необходимые элементы инфраструктуры, что позволяет выстроить полную картину всех этапов работ по внедрению ЭП.

Наконец были показаны возможности применения различных видов электронных подписей в соответствии с типом подписываемых документов, соотношенных с иерархической структурой управления ВУЗом.

Таким образом, сформирована типовая схема применения электронной подписи в системе электронного документооборота ВУЗа. Схема может быть дополнена, с учетом особенностей конкретной организации, но основные ее элементы останутся неизменными в абсолютном большинстве случаев.

Как видно, задача внедрения электронной подписи довольно сложная, требует временных и финансовых затрат. При внедрении любой новой технологии в бизнес-процесс всегда следует оценивать риски затраты и положительные эффекты. Однако, в современных условиях, когда цифровизация бизнес-процессов приобретает массовый характер, внедрение электронной подписи становится необходимым условием эффективности работы предприятия. Автор надеется, что приведенные в данной статье результаты, помогут специалистам в решении указанных проблем.

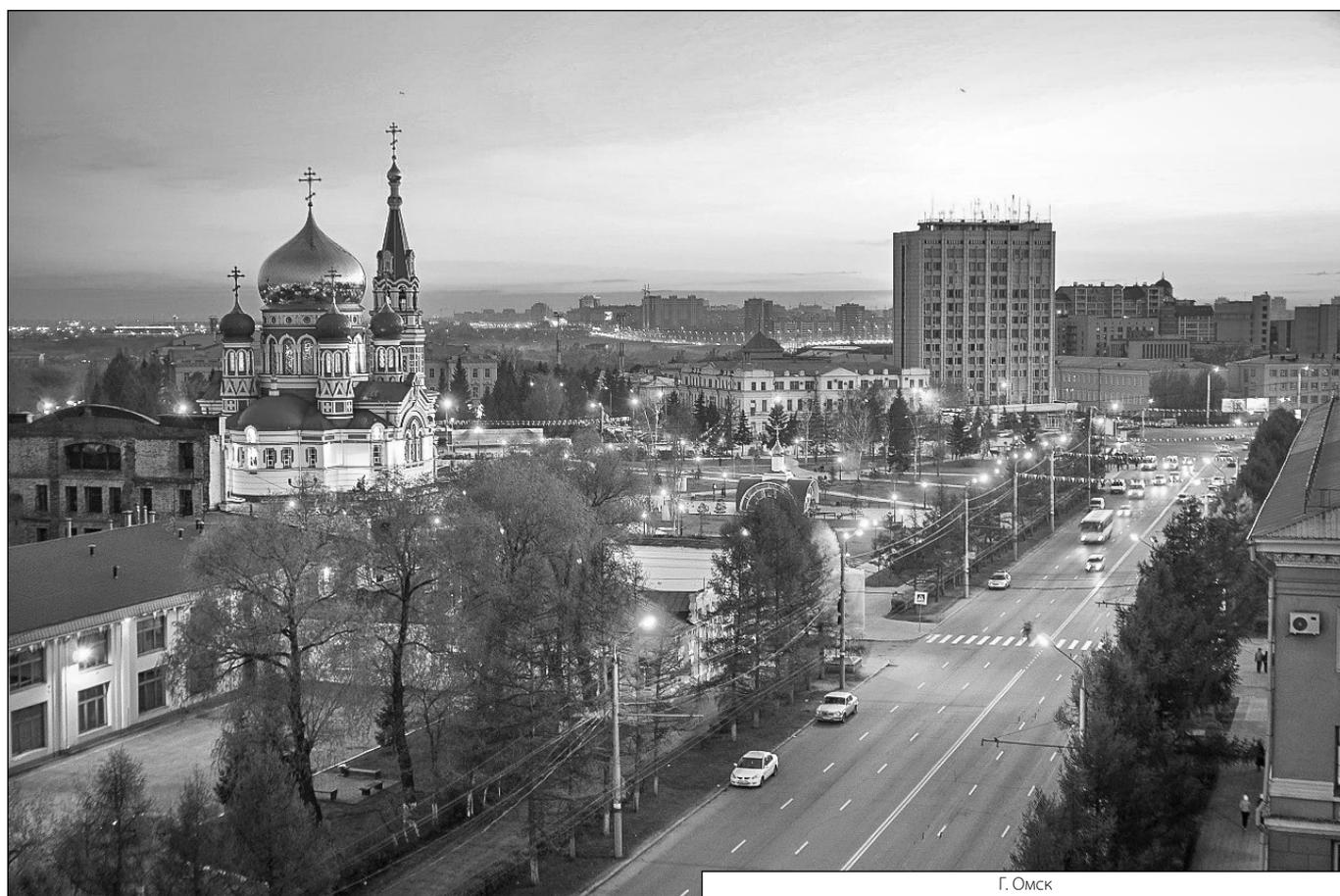
## ЛИТЕРАТУРА

1. Магомедова П. Р., Лачинов Н. З. Автоматизация процесса назначения стипендий с помощью модуля «Стипендия» для аналитической системы вуза (на примере Дагестанского государственного университета) // Международный научно-исследовательский журнал. — 2016. — № 1 (43) Часть 2. — С. 47–49.
2. Полупанова С. П., Скороход С. В. Автоматизация учёта абитуриентов при поступлении в вуз // Известия ЮФУ. Технические науки. 2007. № 1. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/avtomatizatsiya-uchyota-abiturientov-pri-postuplenii-v-vuz> (дата обращения: 20.07.2020).
3. Андреева К. А., Когай В. Н. Необходимость и степень внедрения электронного документооборота в вузе // Достижения науки и образования. 2019. № 2 (43). URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/neobhodimost-i-stepen-vnedreniya-elektronnogo-dokumentoborota-v-vuze> (дата обращения: 20.07.2020).
4. Клишин А. П., Волкова Н. Р., Еремина Н. Л., Мытник А. А., Клыжко Е. Н. Подходы к автоматизации документооборота в вузе // Вестник НГУ. Серия: Информационные технологии. 2017. № 1. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/podhody-k-avtomatizatsii-dokumentoborota-v-vuze> (дата обращения: 20.07.2020).
5. Попов, С. С. Система электронной подписи в современном документообороте // Молодой ученый. — 2019. — № 6 (244). — С. 86–88. — URL: <https://moluch.ru/archive/244/56451/> (дата обращения: 20.07.2020).
6. Астахова Т. С., Чадаева Е. П. Электронная цифровая подпись как фактор сохранения целостности и аутентичности документа // Известия ТПУ. 2012. № 6. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/elektronnaya-tsifrovaya-podpis-kak-faktor-sohraneniya-tselostnosti-i-autenticnosti-dokumenta> (дата обращения: 20.07.2020).
7. Серeda К. В. Проблемы внедрения электронной подписи // Электронный вестник Ростовского социально-экономического института. 2014. № 3. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/problemy-vnedreniya-elektronnoy-podpisi> (дата обращения: 20.07.2020).
8. Ермоленко А. В. Практика применения электронной цифровой подписи в деятельности организаций: реальность и перспективы // Правовая информатика. 2013. № 3. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/praktika-primeneniya-elektronnoy-tsifrovoy-podpisi-v-deyatelnosti-organizatsiy-realnost-i-perspektivy> (дата обращения: 20.07.2020).
9. DLM Forum Foundation, European Commission Modular Requirements for Records Systems. Version 1.1.

10. Девянин П. Н. Модели безопасности компьютерных систем: Учеб. Пособие для студ. высш. учеб. заведений [текст] /П.Н. Девянин.— М.: Издательский центр «Академия», 2005.— 144 с.
11. Каменева Е. М. Жизненный цикл входящего документа // Секретарь-референт. 2010. № 3. URL: <https://www.eos.ru/upload/Lib/17-24%20%283%29.pdf> (дата обращения: 20.07.2020).
12. Каменева Е. М. Жизненный цикл внутреннего документа // Секретарь-референт. 2010. № 4. URL [https://www.eos.ru/upload/Lib/17-24%20\(4\).pdf](https://www.eos.ru/upload/Lib/17-24%20(4).pdf) (дата обращения: 20.07.2020).
13. Каменева Е. М. Жизненный цикл исходящего документа // Секретарь-референт. 2010. № 5. URL [https://www.eos.ru/upload/Lib/17-22%20\(5\).pdf](https://www.eos.ru/upload/Lib/17-22%20(5).pdf) (дата обращения: 20.07.2020).
14. ГОСТ Р 54471–2011. Системы электронного документооборота. Управление документацией. Информация, сохраняемая в электронном виде. Рекомендации по обеспечению достоверности и надежности.
15. Федеральный закон «Об электронной подписи» от 06.04.2011 № 63-ФЗ — Доступ из справ.-правовой системы КонсультантПлюс. — Текст: электронный.
16. Тарасов А. М. Криптография и электронная цифровая подпись // Российский исследователь. 2014. № 1 С. 50–54.
17. Список аккредитованных удостоверяющих центров URL [https://digital.gov.ru/ru/activity/govservices/certification\\_authority](https://digital.gov.ru/ru/activity/govservices/certification_authority) (дата обращения: 20.07.2020).
18. Гайкова П. Д. Реализация инфраструктуры неквалифицированной электронной подписи в системе электронного документооборота ELMA: выпускная квалиф. работа. Федеральное государственное учреждения высшего образования «Сибирский государственный автомобильно-дорожный университет (СибАДИ)», Омск, 2020.
19. OpenSSL Cryptography and SSL/TLS Toolkit URL <https://www.openssl.org> (дата обращения: 20.07.2020).
20. ГОСТ Р 34.10–2012. Информационная технология. Криптографическая защита информации. Процессы формирования и проверки электронной цифровой подписи.
21. ELMA ECM+ URL <https://www.elma-bpm.ru/KB/help/Docflow/content/Introduction.html> (дата обращения: 20.07.2020).
22. КриптоПро URL <https://www.cryptopro.ru> (дата обращения: 20.07.2020).
23. GnuPG URL <https://www.cryptopro.ru> (дата обращения: 20.07.2020).

© Бречка Денис Михайлович (dbrechkawork@yandex.ru).

Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»



Г. Омск

# АЛГОРИТМ МОДЕРНИЗАЦИИ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ БАШЕННЫМ КРАНОМ С МАХОВОЙ И БАЛОЧНОЙ СТРЕЛОЙ

## ALGORITHM FOR MODERNIZATION OF A TOWING CRANE CONTROL SYSTEM WITH A MOW AND BALED ARROW

*M. Igoshev*

*Summary.* Tower cranes with a flywheel and a beam boom are equipped with on-board electronic control systems, which include a microprocessor, sensors and a control panel. The article presents the process of developing algorithms based on mathematical, logical methods, a dynamic two-dimensional mathematical model of the process of working a tower crane with a flywheel and a beam boom.

*Keywords:* tower cranes with a flywheel and beam boom, control system, algorithm, ready-made working block of the algorithm.

**Игошев Матвей Геннадьевич**

Аспирант, Арзамасский политехнический институт  
(филиал) ФГБОУ ВО «Нижегородский государственный  
технический университет им. П. Е. Алексеева» (НГТУ),  
г. Арзамас  
lazareva@apingt.u.edu.ru

*Аннотация.* Башенные краны с маховой и балочной стрелой оснащены бортовыми электронными системами управления, в состав которых входят микропроцессор, датчики и пульта управления. В статье представлен процесс разработки алгоритмов, основанных на математических, логических методах, динамической двумерной математической модели процесса работы башенного крана с маховой и балочной стрелой.

*Ключевые слова:* башенные краны с маховой и балочной стрелой, система управления, алгоритм, готовый рабочий блок алгоритма.

**В** [1] дается определение башенного крана, как грузоподъемного механизма со стрелой, расположенной в верхней части вертикально закрепленной башни, служащей для перемещения груза.

Башенный кран характеризуется следующими параметрами: вылет стрелы, грузоподъемность, скорость подъема и опускания, глубина опускания, быстрота перемещения, угол поворота башни и так далее.

Башенный кран используется на крупных строительных объектах, где высока степень ответственности рабочих, и даже небольшие ошибки могут привести к серьезным последствиям — от разрушений зданий до человеческих жертв. Именно поэтому автоматизация и контроль безопасности так важны и актуальны в тяжелых условиях высотного строительства. Башенные краны с маховой и балочной стрелой оснащены бортовыми электронными системами управления, в состав которых входят микропроцессор, датчики и пульт управления.

Автоматизация делает процесс эксплуатации крана не только более удобным и простым, но даже более безопасным, чем при постоянном контроле специалистов. Следовательно, является актуальной задача разработки алгоритмов, абстрагированных от электросхемотехнической части систем управления, основанных на математических, логических методах, динамической двумерной математической модели процесса работы башенного крана с балочной стрелой и их практической реализации.

Анализ исследований, публикаций, архива Федерального института промышленной собственности [2, 3] показал, что такие алгоритмы ранее не разрабатывались.

Разработка алгоритма или готового рабочего блока алгоритма (ГРБА) для системы управления (СУ) башенным краном с маховой и балочной стрелой является целью исследования.

Для ее достижения необходимо было решить следующие задачи:

1. Проанализировать существующие подходы к построению СУ; типовые алгоритмы и анализы обработки параметров; средства эффективного сжатия данных модели. Оценить применимость типовых алгоритмов, методов, средств для решения задачи обработки параметров в ГРБА. Сформулировать критерий оценки работы ГРБА по обработке данных.
2. Построить распределенную структурную схему ГРБА, структурную схему СУ, ориентированных на обработку данных динамической двумерной математической модели процесса работы башенного крана с балочной стрелой (рисунок 1).
3. Разработать метод построения СУ на основе построения ГРБА.
4. Разработать алгоритмы управления данными модели в зависимости от распределенных преобразователей информации, а также критерий оценки эффективности работы адаптивной СУ.

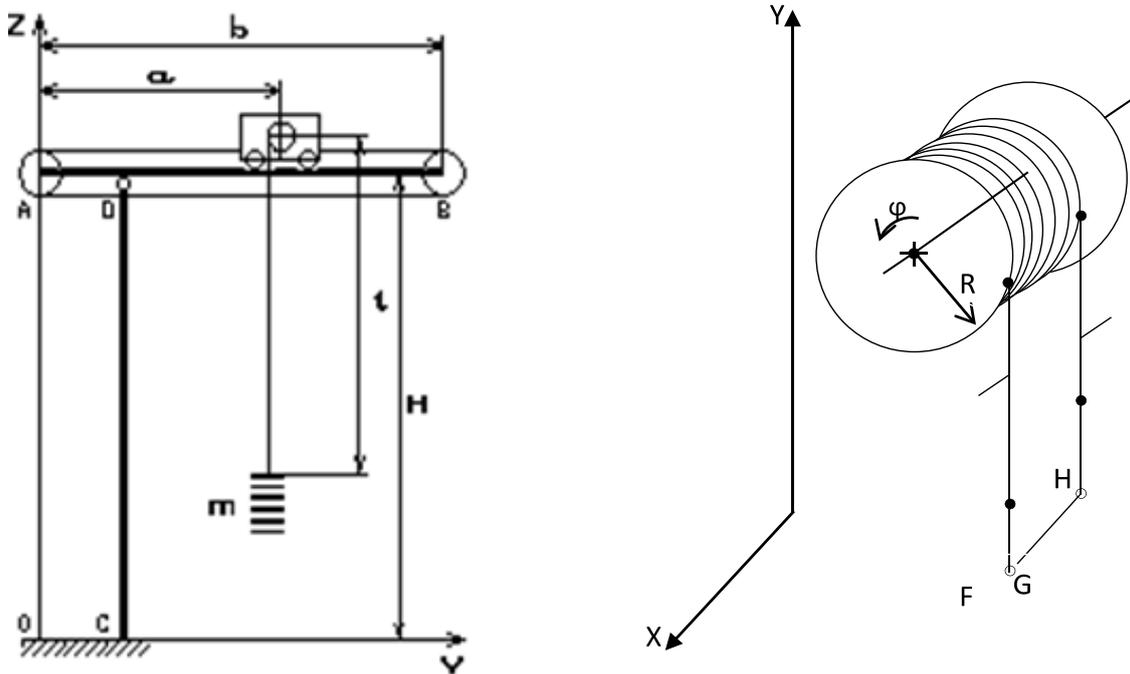


Рис. 1. Положения поднимаемого груза в двух состояниях: в точке В, когда длина каната  $l_0$ , барабан повернулся на угол  $\varphi$ , длина  $l$

5. Спроектировать комплекс проблемно-ориентированных алгоритмов, позволяющий выполнять эффективное управление сжатием информации от преобразователей на основе сформулированного критерия.

На базе проведенного анализа выделены основные этапы обработки данных модели, включающие спектрально-временное преобразование, их последующее сжатие и транслирование по каналам связи. На рисунке 1 показаны положения поднимаемого груза в двух состояниях: в точке В, когда длина каната  $l_0$ , барабан повернулся на угол  $\varphi$ , длина  $l$

Положение в пространстве точки D в принятой декартовой системе координат, определяемое двумя координатами  $x, y$ , определяется соотношениями:

$$x = x_c, y = y_c - l, \tag{1}$$

где  $x_c, y_c$  — текущие координаты точки C.

Считая, что намотка каната выполняется с шагом  $h$ , положение точки C определяется по формуле 2:

$$x_c = x_A - h\varphi / (2\rho), y_c = y_A \tag{2}$$

где  $x_A, y_A$  — координаты A,  $R$  — радиус барабана.

В уравнениях (2) координаты точки A ( $x_A, y_A$ ), угол поворота барабана ( $\varphi$ ) определяются перемещением крана вдоль осей X, Y и намоткой каната:

$$x_A = X(t), y_A = H, \varphi = \Phi(t), \tag{3}$$

где  $X(t), Y(t), \Phi(t)$  — функции от времени  $t$ ,

$H$  — высота подъема, равная расстоянию по вертикали от основания крана до оси барабана.

Установим связь длины  $l$  с координатными угла  $\varphi$ . Допускаем, что груз не отклонился от вертикали, канат представляет собой гибкую абсолютно нерастяжимую нить, тогда [4,5]

$$l = l_0 - R \int_0^t \frac{d\varphi}{dt} dt = l_0 - R \int_0^{\varphi} d\varphi = l_0 - R\varphi. \tag{4}$$

$$l = l_0 - R(\Phi) + \delta, \tag{5}$$

где  $\delta$  — упругая продольная деформация каната длины  $l' = l_0 - R(\Phi)$ , возникающая в результате действия на канат статических и динамических нагрузок.

Обобщая формулы (1), (2), (4) и (5), координаты груза запишем в виде:

$$\left. \begin{aligned} x &= X - h\psi / (2p), \\ y &= H - [l_0 - R(\Phi) + d]. \end{aligned} \right\} \quad (6)$$

Составляющие вектора скорости на основании (6) представим в виде (7):

$$\left. \begin{aligned} \dot{x} &= \dot{X} - h\dot{\Phi} / (2p), \\ \dot{y} &= -\dot{d}. \end{aligned} \right\} \quad (7)$$

Для определения кинетической энергии системы используем уравнения Лагранжа второго рода, тогда:

$$T = \frac{J_0 + q(l_0 - l')R^2}{2} \dot{\psi}^2 + \frac{m}{2} [\dot{x}^2 + \dot{y}^2], \quad (8)$$

где  $\psi$  — текущий угол поворота барабана;  
 $q$  — погонная масса каната;  
 $l'$  — упругая продольная деформация каната;  
 $J_0$  — начальный момент инерции барабана;  
 $m$  — масса груза;  
 $\dot{x}, \dot{y}$  — компоненты абсолютной скорости массы (7).

Потенциальная энергия системы обусловлена изменением положения массы груза в гравитационном поле Земли и упругой деформацией каната:

$$U = mg(H - l) + \frac{C_{кан} d^2}{2}, \quad (9)$$

где  $C_{кан}$  — коэффициент жесткости каната.

$$C_{кан} = k_{\Pi} \frac{E \bar{a} d_{кан}^2}{l'}, \quad (10)$$

где  $k_{\Pi}$  — кратность полиспафта;  
 $E$  — модуль упругости стали проволоки ( $E = 2,06 \cdot 10^{11} \text{ Н/м}^2$ );  
 $\bar{a}$  — параметр каната  $\approx 0,315$ ;  
 $d_{кан}$  — диаметр каната, м;  
 $l'$  — упругая продольная деформация каната.

Функция Лагранжа

$$L = T - U,$$

где  $T$  и  $U$  — соответственно, кинетическая и потенциальная энергия системы примет вид:

$$L = \frac{q(l_0 - l')R^2}{2} \dot{\psi}^2 + \frac{m}{2} [\dot{x}^2 + \dot{y}^2] - mg(-l) - \frac{C_{кан} d^2}{2}. \quad (11)$$

Производная функции Лагранжа задается уравнением (12):

$$\frac{d}{dt} \left( \frac{\partial L}{\partial \dot{q}_i} \right) - \frac{\partial L}{\partial q_i} = Q_i \quad (i = 1, 2, 3). \quad (12)$$

Уравнения (13) задают координаты и скорости дискретных элементов

$$\left. \begin{aligned} q_1 &= D, \\ \dot{q}_1 &= \dot{D}. \end{aligned} \right\} \quad (13)$$

Полагая  $Q_i = 0$ , получаем:

$$\frac{\partial L}{\partial D} = m \left( \dot{x} \frac{\partial \dot{x}}{\partial D} + \dot{y} \frac{\partial \dot{y}}{\partial D} \right) - C_{кан} D, \quad (14)$$

Уравнение динамического состояния груза получим подстановкой (14) в уравнение Лагранжа:

$$m \left( \dot{x} \frac{\partial \dot{x}}{\partial D} + \dot{y} \frac{\partial \dot{y}}{\partial D} \right) - \frac{\partial L}{\partial D} = 0.$$

Полученные уравнения относительно упругой деформации каната  $d$  принадлежат к классу линейных дифференциальных уравнений, численные решения которых позволяют разработать алгоритм или готовый рабочий блок алгоритма для системы управления башенным краном с маховой и балочной стрелой, установить рациональные режимы управления частотными приводами крана для исключения превышения допустимых параметров.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. ГОСТ 27555-87 (ИСО 4306-1-85) Краны грузоподъемные. Термины и определения: Государственного комитета СССР по стандартам от 24.12.87 N4926 // Внесён Министерством строительного, дорожного и коммунального машиностроения СССР: 1989-01-01; Переиздан: Декабрь
2. Под ред Близнаца И. А. Интеллектуальная собственность в современном мире. Монография. — Издательство «Проспект», 2017-03-15. — 844 с.
3. Патентный поиск [Электронный ресурс]. URL: www1.fips.ru (дата обращения 01.03.2019).
4. Лобов Н. А. Динамика грузоподъемных кранов. — М.: Машиностроение. — 1987. — 156 с.
5. Казак С. А. Динамика мостовых кранов. — М.: Машиностроение. — 1968. — 332 с.

© Игошев Матвей Геннадьевич (lazareva@apingu.edu.ru).

Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»

# ПАРАМЕТРИЧЕСКАЯ ОПТИМИЗАЦИЯ СИСТЕМНОГО РЕГУЛЯТОРА СОГЛАСОВАННОГО УПРАВЛЕНИЯ ЭЛЕКТРОПРИВОДАМИ ЧЕТЫРЁХКОЛЁСНОГО МОБИЛЬНОГО РОБОТА

## CONSTRUCTION OF A TRAJECTORY OF PROGRAMMED MOTION FOR COORDINATED CONTROL SYSTEM OF ELECTRIC DRIVES OF A FOUR-WHEEL MOBILE ROBOT

*E. Meshkovskiy*

*Summary.* The problem of parametric optimization of the system controller of coordinated control of a four-wheeled mobile robot with two differential drive units is considered. In the process of solving it, the objective function was derived, a criterion was compiled, and a method for optimizing parameters was selected. In conclusion, the article presents the results of numerical experiments on a graph the trajectory errors before and after the parametric optimization of a nonlinear and a fuzzy system controller.

*Keywords:* wheel robot, differential drive unit, coordinated control, parametric optimization, batch learning, conjugate gradient method, Brent method.

**Мешковский Евгений Олегович**

Аспирант, Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого  
meshkovskii\_evge@mail.ru

*Аннотация.* Рассмотрена задача параметрической оптимизации системного регулятора согласованного управления четырёхколёсного мобильного робота с двумя дифференциальными приводными блоками. В процессе её решения была выведена целевая функция, составлен критерий и выбран метод оптимизации параметров. В заключении статьи приведены результаты численных экспериментов по построению графиков траекторной ошибки до и после параметрической оптимизации нелинейного и нечёткого системного регулятора.

*Ключевые слова:* колёсный робот, дифференциальный приводной блок, согласованное управление, параметрическая оптимизация, пакетное обучение, метод сопряжённых градиентов, комбинированный метод Брента.

**В** нашем исследовании объектом является четырёхколёсный мобильный робот с двумя дифференциальными приводными блоками, для которого была спроектирована система согласованного управления электроприводами (рис. 1). На рис. 1 обозначены: ЭД — электродвигатель,  $\omega_{двij}^{зад}$ ,  $\omega_{двij}^{тек}$  — заданная и текущая скорость вращения электропривода колеса  $ij$ ,  $U_{фij}$  — напряжения фазы электродвигателя колеса  $ij$ . В состав такой системы входит системный регулятор (у нас, нелинейного и нечёткого типа), обеспечивающий согласование управления между отдельными локальными подсистемами колёс. Т. к. объект управления представляет из себя достаточно сложную систему, ручная настройка такого регулятора (подбор параметров) может стать очень трудоёмким или даже невозможным. Данная проблема достаточно давно решается с помощью методов параметрической оптимизации.

Параметрическая оптимизация — процесс поиска оптимального (наилучшего) решения комбинацией методов математического моделирования и вычислительной математики [1–3]. В общем случае данную задачу

можно описать как поиск среди параметров системы  $k$  множества  $X$  такого набора параметров  $k^*$ , что

$$f(k^*) = \min_{k \in X} f(k),$$

где  $f(k)$  — целевая функция (отображение  $f: X \rightarrow R$ ).

Постановка задачи оптимизации начинается с определения множества допустимых параметров, целевой функции и критерии оптимизации. Наши системные регуляторы разработаны так, что все коэффициенты, входящие в их структуру, должны быть положительными вещественными числами:

$$X = \{k \in \mathbb{R}^n \mid k_i > 0\}. \quad (1)$$

Основная задача, выполняемая колёсными роботами в технологическом процессе, заключается в перемещении вдоль траектории. Требованием при выполнении поставленной задачи является минимальное отклонение от заданного контура в процессе перемещения. По этой причине целевой функцией выбран квадрат среднеквадратичного отклонения (с.к.о.) [4, с. 3] от тра-

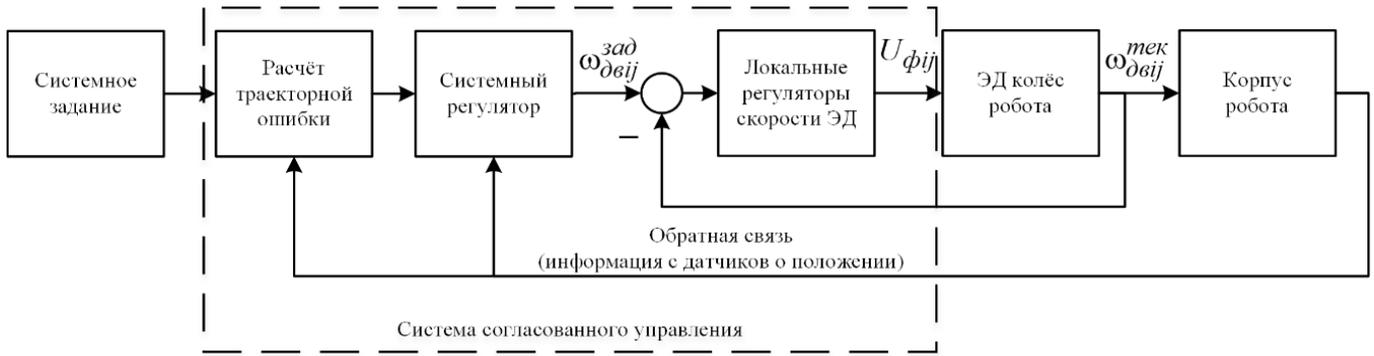


Рис. 1. Система согласованного управления электроприводами исследуемого колёсного робота

ектории (контурная ошибка), а критерием оптимизации — его минимум:

$$\begin{cases} f_c(k) = \varepsilon_c^2(k), \\ I_c = f_c(k) \rightarrow \min, \end{cases} \quad (2)$$

где  $\varepsilon_c^2(k)$  — квадрат с.к.о. контурной ошибки;  $I_c$  — критерий оптимальности по контурной ошибке.

Кроме точности позиционирования относительно траектории существует также требование к минимальному угловому отклонению (угловой ошибке). Данный факт приводит нас к необходимости ввести дополнительную целевую функцию и критерий оптимизации, которые будут определяться квадратом с.к.о. углового позиционирования:

$$\begin{cases} f_\beta(k) = \varepsilon_\beta^2(k), \\ I_\beta = f_\beta(k) \rightarrow \min, \end{cases} \quad (3)$$

где  $\varepsilon_\beta^2(k)$  — квадрат с.к.о. ошибки углового позиционирования;  $I_\beta$  — критерий оптимальности по угловому позиционированию.

В современном мире, с целью увеличения точности и скорости обучения нейронных сетей, используют пакетную (batch) оптимизацию [5, 6]. Суть данного способа заключается в обучении нейронной сети на всех обучающих выборках одновременно. Применим пакетную оптимизацию к нашей задаче параметрической оптимизации системных регуляторов, т.к. процесс обучения нейронной сети и оптимизация параметров наших элементов системы управления, по своей сути, процессы тождественные.

Пакеты формируются из наборов траекторий и заданных контурных скоростей. В итоге получаем набор из нескольких критериев (2) и (3), что приводит нас к задаче многокритериальной оптимизации:

$$I_D = I_D(\varepsilon_{c1}^2(k), \dots, \varepsilon_{cn}^2(k), \varepsilon_{\beta 1}^2(k), \dots, \varepsilon_{\beta n}^2(k)) \rightarrow \min, \quad (4)$$

где  $I_D$  — итоговый «суперкритерий»;  $\varepsilon_{ci}^2$  — квадрат с.к.о. контурной ошибки при  $i$ -ом испытании в пакете;  $\varepsilon_{\beta i}^2$  — квадрат с.к.о. углового позиционирования при  $i$ -ом испытании;  $n$  — количество элементов (испытаний) в одном пакете.

Решить поставленную задачу многокритериальной оптимизации нам поможет линейная свёртка критериев [7]:

$$I_D = \sum_{i=1}^n (\alpha_{ci} \cdot \varepsilon_{ci}^2(k) + \alpha_{\beta i} \cdot \varepsilon_{\beta i}^2(k)) \rightarrow \min, \quad (5)$$

$\alpha_{ci}$ ,  $\alpha_{\beta i}$  — вещественный коэффициент  $i$ -го критерия контурной ошибки и углового позиционирования соответственно. Указанные вещественные коэффициенты определяют степень важности соответствующего критерия, их сумма равна 1, т.е. весовые коэффициенты должны принадлежать множеству  $A$  такому, что:

$$A = \left\{ \alpha \in \mathbb{R}^n \mid \alpha_{ci}, \alpha_{\beta i} > 0, \left( \sum_{i=1}^n \alpha_{ci} + \sum_{i=1}^n \alpha_{\beta i} \right) = 1 \right\}. \quad (6)$$

Выражения (5) и (6) называют взвешенной суммой критериев или аддитивная форма свёртки критериев, которая применяется в задачах многокритериальной оптимизации [8, 9]. Примем все

$$\alpha_{ci} = \alpha_{\beta i} = \frac{1}{2 \cdot n},$$

т.к. результаты всех испытаний в пакете, и по траекторной ошибке, и по угловому положению имеют для нас равную степень важности.

Докажем существования минимума гиперповерхности критерия (5). Для этого будем считать целевую функцию критерия (5) как функцию многих переменных

от с.к.о. траекторной и угловой ошибки. Получим дважды дифференцируемую функцию:

$$I_D = f(\varepsilon_{c1}, \dots, \varepsilon_{cn}, \varepsilon_{\beta 1}, \dots, \varepsilon_{\beta n}) = \sum_{i=1}^n (\alpha_{ci} \cdot \varepsilon_{ci}^2 + \alpha_{\beta i} \cdot \varepsilon_{\beta i}^2). \quad (7)$$

Необходимое условие существования локального экстремума гласит, что функция

$$I_D = f(\varepsilon_{c1}, \dots, \varepsilon_{cn}, \varepsilon_{\beta 1}, \dots, \varepsilon_{\beta n})$$

имеет в точке

$$I_D^*(\varepsilon_{c1}^*, \dots, \varepsilon_{cn}^*, \varepsilon_{\beta 1}^*, \dots, \varepsilon_{\beta n}^*)$$

локальный экстремум если дифференциал в этой точке  $dI_D(I_D^*)$  равен нулю или не существует [10, с. 364]. Возьмём частные производные по всем  $\varepsilon_{ci}$  и  $\varepsilon_{\beta i}$  от  $I_D$  и приравняв их к нулю:

$$\begin{cases} \frac{\partial I_D}{\partial \varepsilon_{c1}} = 2 \cdot \alpha_{c1} \cdot \varepsilon_{c1} = 0, \\ \dots \\ \frac{\partial I_D}{\partial \varepsilon_{cn}} = 2 \cdot \alpha_{cn} \cdot \varepsilon_{cn} = 0, \\ \frac{\partial I_D}{\partial \varepsilon_{\beta 1}} = 2 \cdot \alpha_{\beta 1} \cdot \varepsilon_{\beta 1} = 0, \\ \dots \\ \frac{\partial I_D}{\partial \varepsilon_{\beta n}} = 2 \cdot \alpha_{\beta n} \cdot \varepsilon_{\beta n} = 0 \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} \varepsilon_{c1} = 0, \\ \dots \\ \varepsilon_{cn} = 0, \\ \varepsilon_{\beta 1} = 0, \\ \dots \\ \varepsilon_{\beta n} = 0. \end{cases} \quad (8)$$

Результат в (8) даёт возможность предположить, что точка

$$I_D^*(0, \dots, 0, 0, \dots, 0)$$

является локальным экстремумом. Данный факт необходимо подтвердить (точка  $I_D^*$  может быть, к примеру, седловой) и определить, что  $I_D^*$  является именно точкой минимума, а не максимума. С этим нам поможет достаточное условие существования локального экстремума, которое гласит, что если второй дифференциал

$$d^2 I_D(I_D^*)$$

от всех переменных  $d\varepsilon_{ci}$  и  $d\varepsilon_{\beta i}$  в точке экстремума  $I_D^*$  является положительно определённой формой, то функция

$$I_D = f(\varepsilon_{c1}, \dots, \varepsilon_{cn}, \varepsilon_{\beta 1}, \dots, \varepsilon_{\beta n})$$

имеет локальный минимум в точке  $I_D^*$  [10, с. 365].

Рассматриваемая функция (7) является одним из видов квадратичной формы [11, с. 196], Гессиан которой (матрица Гессе), в любой точке будет выглядеть как квадратная диагональная матрица с положительными элементами:

$$H(I_c) =$$

$$\begin{pmatrix} \frac{\partial^2 I_D}{\partial \varepsilon_{c1}^2} & \dots & \frac{\partial^2 I_D}{\partial \varepsilon_{c1} \cdot \partial \varepsilon_{cn}} & \frac{\partial^2 I_D}{\partial \varepsilon_{c1} \cdot \partial \varepsilon_{\beta 1}} & \dots & \frac{\partial^2 I_D}{\partial \varepsilon_{c1} \cdot \partial \varepsilon_{\beta n}} \\ \vdots & \ddots & \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ \frac{\partial^2 I_D}{\partial \varepsilon_{cn} \cdot \partial \varepsilon_{c1}} & \dots & \frac{\partial^2 I_D}{\partial \varepsilon_{cn}^2} & \frac{\partial^2 I_D}{\partial \varepsilon_{cn} \cdot \partial \varepsilon_{\beta 1}} & \dots & \frac{\partial^2 I_D}{\partial \varepsilon_{cn} \cdot \partial \varepsilon_{\beta n}} \\ \frac{\partial^2 I_D}{\partial \varepsilon_{\beta 1} \cdot \partial \varepsilon_{c1}} & \dots & \frac{\partial^2 I_D}{\partial \varepsilon_{\beta 1} \cdot \partial \varepsilon_{cn}} & \frac{\partial^2 I_D}{\partial \varepsilon_{\beta 1}^2} & \dots & \frac{\partial^2 I_D}{\partial \varepsilon_{\beta 1} \cdot \partial \varepsilon_{\beta n}} \\ \vdots & \ddots & \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ \frac{\partial^2 I_D}{\partial \varepsilon_{\beta n} \cdot \partial \varepsilon_{c1}} & \dots & \frac{\partial^2 I_D}{\partial \varepsilon_{\beta n} \cdot \partial \varepsilon_{cn}} & \frac{\partial^2 I_D}{\partial \varepsilon_{\beta n} \cdot \partial \varepsilon_{\beta 1}} & \dots & \frac{\partial^2 I_D}{\partial \varepsilon_{\beta n}^2} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 2 \cdot \alpha_{c1} & \dots & 0 & 0 & \dots & 0 \\ \vdots & \ddots & \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ 0 & \dots & 2 \cdot \alpha_{cn} & 0 & \dots & 0 \\ 0 & \dots & 0 & 2 \cdot \alpha_{\beta 1} & \dots & 0 \\ \vdots & \ddots & \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ 0 & \dots & 0 & 0 & \dots & 2 \cdot \alpha_{\beta n} \end{pmatrix} \quad (9)$$

По критерию Сильвестра матрица (9) будет положительно определённой только при положительном значении всех её угловых миноров [11, с. 211]. Из (6)

$\alpha_{ci}, \alpha_{\beta i} > 0$ . Тогда, все миноры будут также строго больше нуля. Следовательно, (9) является положительно определённой, что в итоге приводит нас к выводу о наличии локального экстремума типа минимум функции (7) в точке

$$I_D^*(0, \dots, 0, 0, \dots, 0).$$

По этой причине критерий оптимизации (5) сходится к минимуму в

$$I_D^*(0, \dots, 0, 0, \dots, 0)$$

и мы можем применить её для нашего исследования.

Заключительным этапом нашей задачи является определения метода оптимизации. Наиболее популярными методами оптимизации остаются градиентные алгоритмы первого порядка [12, 13], среди которых мы возьмём метод сопряжённых градиентов в форме Флетчера-Ривса [14, с. 67–68], который производит движение

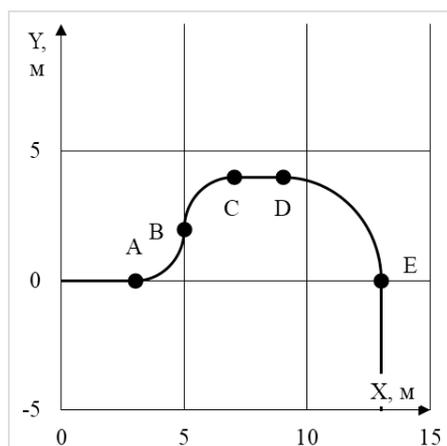


Рис. 2. Траектория для проведения параметрической оптимизации

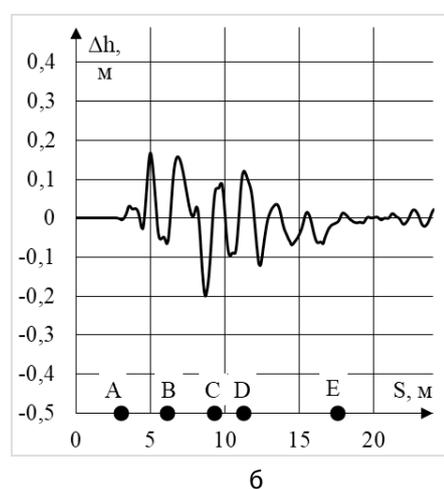
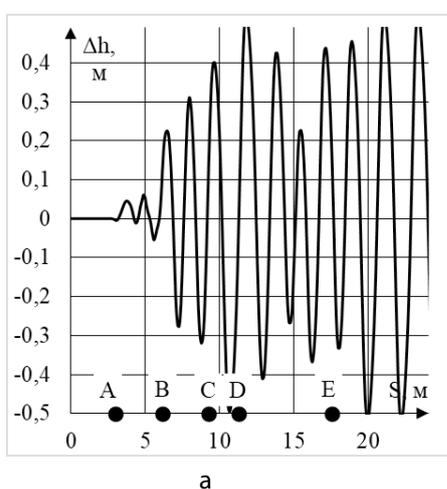


Рис. 3. Поперечное отклонение от траектории центра корпуса при использовании нелинейного системного регулятора: а — до оптимизации параметров; б — после оптимизации параметров

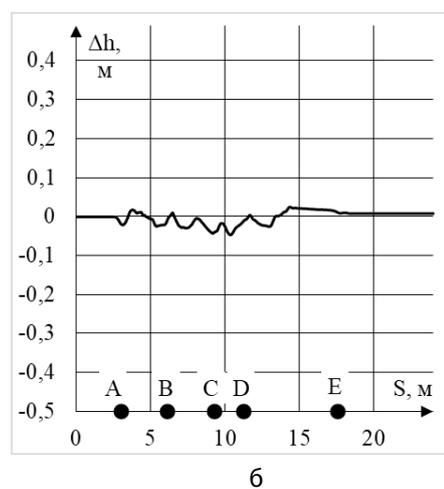
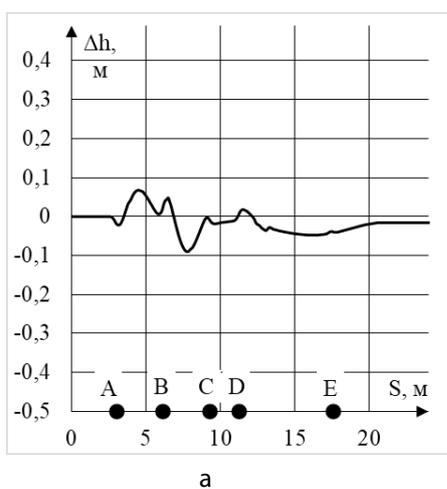


Рис. 4. Поперечное отклонение от траектории центра корпуса при использовании нечёткого системного регулятора: а — до оптимизации параметров; б — после оптимизации параметров

к минимуму вдоль ортогонального направления к полученным на предыдущих шагах:

$$\left\{ \begin{aligned} r_i &= -\nabla I_D(k_{i-1}), \\ \beta &= \frac{r_i^T \cdot r_i}{r_{i-1}^T \cdot r_{i-1}}, \\ p_i &= r_i + \beta \cdot p_{i-1}, \\ \alpha &= \arg \min_{\alpha} (I_D(k_{i-1} + \alpha \cdot p_i)), \\ k_i &= k_{i-1} + \alpha \cdot p_i, \end{aligned} \right. \quad (10)$$

где  $i$  — номер текущего шага оптимизации (поиска минимума);  $k_i, k_{i-1}$  — значения параметров регуляторов на текущем и предыдущем шаге;  $r_i, r_{i-1}$  — вектор антиградиента целевой функции на текущем и предыдущем шаге;  $\beta$  — коэффициент сопряжения;  $p_i, p_{i-1}$  — направление движения к минимуму на текущем и предыдущем шаге;  $\alpha$  — величина шага в сторону минимума. Шага движения к минимуму  $\alpha$  будем находить комбинированным методом Брента [15, с. 61–81], сочетающий метод парабол и золотого сечения.

Продемонстрируем применение метода (10) с критерием (5) при помощи численных экспериментов на модель исследуемого колёсного робота [16] массой 100 кг. Составим пакет из траектории (рис. 2) и набора из четырёх заданных контурных скоростей  $v_c^{зад}$ : 0,25, 0,50, 0,75 и 1,00 метров в секунду. На рис. 2 буквами  $A, B, C, D$  и  $E$  обозначены точки сопряжения траекторий. Проведём оптимизацию параметров нелинейного и нечёткого системного регулятора для продольно-симметричной конфигурации расположения приводных блоков

$$(L_1 = [0.5, 0.0]^T, L_2 = [-0.5, 0.0]^T,$$

в метрах). Максимальное число шагов оптимизации равно девяти. Локальные регуляторы скорости электродвигателей выбраны пропорционально-интегрирующего типа с настройкой на модульный (технический) оптимум [17].

После проведения параметрической оптимизации построим графики поперечного отклонения центра корпуса  $\Delta h_0$  (в метрах) от пройденного пути  $S$  (в метрах) при движении по траектории на расстояние 25 метров с контурной скоростью 1,00 метров в секунду. Рис. 3 демонстрирует результаты численных экспериментов, при управлении роботом нелинейным системным регулятором, рис. 4 — при использовании нечёткого системного регулятора.

Представленные результаты численных экспериментов для всех конфигураций расположения приводных блоков робота демонстрируют уменьшение контурной ошибки и стабильное движение. Поперечное отклонение не превышает 0,20 метра для нелинейного системного регулятора и 0,05 метра для нечёткого. Уменьшить данные показатели можно путём увеличения числа шагов и точности оптимизации.

В результате проведённого исследования был введен критерий параметрической оптимизации системных регуляторов исследуемого четырёхколёсного мобильного робота с двумя дифференциальными приводными блоками. Полученная комбинация критерия и метода минимизации позволяет уменьшить контурную ошибку центра корпуса при использовании различной структуры системного регулятора. Дальнейшие исследования будут направлены на внедрение данного способа поиска параметров в промышленные колёсные.

ЛИТЕРАТУРА

1. Белоглазов, Д. А. Критерии функционирования систем автоматического управления / Д. А. Белоглазов, С. Е. Бублей // Известия ЮФУ. Технические науки. — 2010. — № 7. — С. 185–191.
2. Грубый, С. В. Нелинейная оптимизация режимных параметров течения методом штрафной функции / С. В. Грубый // Известия вузов. Машиностроение. — 2018. — № 4 (697). — С. 3–9.
3. Дунаев, М. П. Параметрическая оптимизация системы управления насосной станцией с помощью генетического алгоритма / М. П. Дунаев, Н. Н. Куцый, Н. Д. Лукьянов // Наука и образование: научное издание МГТУ им. Н. Э. Баумана. — 2014. — № 8. — С. 194–205.
4. ГОСТ Р 8.736–2011 Государственная система обеспечения единства измерений (ГСИ). Измерения прямые многократные. Методы обработки результатов измерений. Основные положения. — М: Стандартинформ, 2013. — 19 с.
5. Зуев, В. Н. Модифицированный алгоритм обучения нейронных сетей / В. Н. Зуев, В. К. Кемайкин // Программные продукты и системы. — 2019. — Т. 32, № 2. — С. 258–262.
6. Мелихова, О. А. Режимы обучения в искусственных нейронных сетях / О. А. Мелихова, О. В. Вепринцева, В. С. Чумичев, С. В. Джамбинов, А. Б. Гайдуков // Инновации в науке. — 2016. — № 50–1. — С. 16–23.
7. Меламед, И. И. Линейная свертка критериев в многокритериальной оптимизации / И. И. Меламед // Автоматика и телемеханика. — 1997. — № 9. — С. 119–125.
8. Ногин, В. Д. Линейная свертка критериев в многокритериальной оптимизации / В. Д. Ногин // Искусственный интеллект и принятие решений. — 2014. — № 4. — С. 73–82.

9. Подиновский, В. В. Метод взвешенной суммы критериев в анализе многокритериальных решений: Pro et contra / В. В. Подиновский, М. А. Потапов // Бизнес-информатика. — 2013. — № 3 (25). — С. 41–48.
10. Хорошилова, Е. В. Высшая математика. Лекции и семинары: учебное пособие для академического бакалавриата. — М.: Издательство Юрайт. — 2019. — 452 с.
11. Шафаревич, И. Р. Линейная алгебра и геометрия / И. Р. Шафаревич, А. О. Ремизов. — М.: ФИЗМАТЛИТ. — 2009. — 512 с.
12. Запрягаев, С. А. Вычисление и обучение искусственных нейронных сетей прямого распространения на графическом процессоре / С. А. Запрягаев, А. А. Карпушин // Вестник ВГУ: Системный анализ и информационные технологии. — 2011. — № 1. — С. 157–164.
13. Скороходов, А. В. Сравнительный анализ градиентных методов минимизации в задаче обучения многослойного перцептрона / А. В. Скороходов, А. В. Тунгусова // Доклады ТУСУРа. — 2011. — № 2 (24). — С. 98–102.
14. Осовский, С. Нейронные сети для обработки информации / Пер. с польского И. Д. Рудинского. — М.: Финансы и статистика. — 2002. — 344 с.
15. Brent, R. P. Algorithms for Minimization Without Derivatives. — Mineola, New York: Dover Publication, Inc. — 2013. — 208 p.
16. Мешковский, Е. О. Построение математической модели четырёхколёсного мобильного робота с двумя дифференциальными приводными блоками / Е. О. Мешковский, А. Д. Курмашев // Инновации и Инвестиции. — 2020. — № 2. — С. 113–118.
17. Кояин, Н. В. Оптимизация контуров регулирования систем электропривода по типовым методикам / Н. В. Кояин, О. П. Мальцева, Л. С. Удуд // Известия Томского политехнического университета. Инжиниринг георесурсов. — 2005. — № 7. — С. 120–125.

© Мешковский Евгений Олегович ( meshkovskii\_evge@mail.ru ).  
 Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»



Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого

## ВОПРОСЫ ОЦЕНКИ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ СЛЕДСТВЕННЫХ ПОДРАЗДЕЛЕНИЙ. ЭФФЕКТИВНОСТЬ И МОТИВАЦИЯ

**Рыбак Александр Владимирович**

*К.т.н., доцент, Дальневосточный юридический институт МВД России*

### QUESTIONS OF ASSESSMENT OF ACTIVITIES OF INVESTIGATIVE UNITS. EFFICIENCY AND MOTIVATION

**A. Rybak**

*Summary.* The article examines the reasons for the persistent shortage of investigative units of internal Affairs bodies. New solutions to this problem in the field of management relations are considered. In order to improve the organization of investigative management and increase employee motivation, it is proposed to introduce a new criterion for evaluating performance — efficiency. The system dynamics method is used to calculate efficiency.

*Keywords:* management relations, personnel policy, motivation, generational theory, system dynamics model, efficiency, throughput.

*Аннотация.* В статье исследуются причины устойчивого некомплекта следственных подразделений органов внутренних дел. Рассматриваются новые решения этой проблематики в области управленческих отношений. С целью совершенствования организации управления следственной деятельностью повышения мотивации сотрудников предлагается ввести новый критерий оценки деятельности — эффективность. Для расчета эффективности используется метод системной динамики.

*Ключевые слова:* управленческие отношения, кадровая политика, мотивация, теория поколений, модель системной динамики, эффективность, пропускная способность.

**А**нализ динамики оперативной обстановки за годы, прошедшие после реформирования органов внутренних дел, позволяет выявить как негативные так и позитивные тенденции по основным ее составляющим. В качестве позитивных — можно отметить достаточно стабильное за эти годы снижение зарегистрированных преступлений за исключением небольшого повышения в 2015 и 2019 годах. При этом некоторое повышение в 2019 году лежит в рамках статистической погрешности. Заметно укрепилась дисциплина в органах внутренних дел, в позитивную сторону изменилось отношение большей части населения к полиции.

В то же время, особенно в последние годы, обращает на себя внимание на первый взгляд необъяснимая (при падении уровня преступности) тенденция роста некомплекта личного состава по территориальным подразделениям уголовного розыска, следствия, дознания, участковых уполномоченных. Общение со слушателями дополнительного профессионального образования, в первую очередь с руководителями следственных подразделений, а так же с сотрудниками, выдвинутыми в резерв руководителей территориальных органов на районном уровне, дает основание полагать, что впервые проблема дефицита кадров заявила о себе около пяти лет назад, когда некоторое превышение денежного довольствия сотрудника органов внутренних дел над среднестатистической зарплатой по стране «све-

ла» инфляция, а условия труда (нагрузка, режим труда) ухудшились. Так по данным статистической отчетности в Хабаровском крае в настоящее время некомплект личного состава колеблется по этим подразделениям от 10 до 23%. А с учетом отпусков по уходу за ребенком, больничных, использованию штатных должностей не по назначению процент некомплекта гораздо выше. Все это, как правило, ведет к дополнительному увеличению нагрузки на подразделение и на каждого сотрудника, в частности.

Особого внимания в этом вопросе требуют следственные подразделения. Постоянный некомплект сотрудников при жестком ограничении сроков раскрытия и расследования преступлений привносит определенные сложности в их работу. Поток реальных преступлений, совершенных на территории подразделения, в этих условиях, часто превышает возможности подразделений по их, так называемой, «переработке». Такая ситуация вынуждает следователей выискивать возможности отказа от возбуждения уголовного дела, возникает проблема укрывательства, нарушения учетно-регистрационной дисциплины. Кроме этого, есть более серьезные базисные моменты, осложняющие организацию следственного процесса в подразделениях.

Прежде всего, речь идет о ведомственных планах работы, в которых наряду с объективными целевыми параметрами, определяющими тактику и стратегию работы

подразделения, предусмотрены показатели количества уголовных дел, которое необходимо направить в суд в отчетном периоде. Основу такого планового показателя, как правило, составляет статистический показатель предыдущего периода. Как показывает практика, «бывают случаи, когда такие плановые показатели превышают количество уголовных дел, по которым может быть завершено расследование и они могут быть направлены в суд» [3].

Такой подход формирования целей следственного подразделения, заставляет руководителя с целью выполнения поставленных задач и ускорения расследования преступлений требовать от своих подчиненных минимизировать необходимые следственные действия для принятия процессуального решения о завершении расследования.

На практике это реализуется в различных формах: отказе от профилактической работы или максимально возможного уменьшения объема следственных действий в отношении соучастников преступления, уголовные дела по которым выделены в отдельное производство. Также в процессе расследования для скорейшего его завершения часто применяется практика замены трудоемких следственных действий более простыми. Например, вместо предъявления для опознания предмета преступления, производится допрос с предъявлением предмета в качестве вещественного доказательства, либо в процессе предъявления для опознания лица очной ставкой заменяют процесс идентификации по признакам внешности и т.п.

Как правило, в результате уголовные дела, направляемые в суд, имеют значительные проблемы не только в культуре оформления, но и пробелы в расследовании, что влечет за собой активизацию контроля надзирающего прокурора и отправкой уголовного дела на дополнительное расследование. Это в свою очередь при постоянном дефиците профессиональных кадров ведет еще большему увеличению нагрузки и наступлению коллапса в организации работы следственного подразделения, когда никакие административные меры управляющего органа не могут изменить ситуацию.

Проблема усугубляется тем, что оперативная обстановка в регионах в современном информационном обществе с открытым доступом пользователей к ресурсам интернета, где изобилует информация экстремистской и террористической направленности, крайне не стабильна. Отсюда нагрузка на следователей по объективным показателям трудно поддается планированию.

Таким образом сложившаяся практика формулирования целей работы следственных подразделений на ос-

нове статистических показателей предыдущего периода является тупиковым подходом. Являясь изначально средством оценки качества работы объекта управления — территориального подразделения — оно превратилось в субъект управления, цели и задачи которого не имеют ничего общего с целями и задачами органов внутренних дел.

Следует заметить, что, такая проблема проявляется во всей современной статистике. Ее можно представить как современную версию каббалы, философско-мистического учения, придающего особое значение цифре и числу. Сегодня наглядно эта активная деятельность цифровых оккультистов в мировой экономике проявляется в создании гигантских финансовых рынков, представляющих собой на 99 процентов виртуальность, описываемую с помощью бесконечного набора цифр.

Элементы такой виртуальности занимают ведущее место и имеют место и в социальном управлении, в управлении органами внутренних дел. Современный руководитель территориального подразделения вынужден большую часть своего времени затрачивать на совершенствование своих умений и навыков владения казуистикой цифровых показателей, по которым будут оценивать его работу и работу его подразделения. При этом вопросам оптимального использования имеющихся ресурсов подразделения для раскрытия и расследования преступлений в сложившейся оперативной обстановке не уделяется должного внимания.

В итоге работе следственного подразделения в условиях, когда нагрузка превышает предельно допустимую, грозит потеря управления. Его итоговые количественные показатели резко «проседают», а любые методы административного воздействия со стороны вышестоящих руководителей не приносят результата. Как следствие — потеря мотивации сотрудников на добросовестный труд, отток сотрудников в другие подразделения и службы или увольнение из органов внутренних дел.

При этом дополнительного кадрового резерва в виде «скамейки для запасных» в настоящий момент не существует. Молодые люди, которые приходят и которые по возрасту (25–35 лет) потенциально могут прийти на службу в органы внутренних дел обладают несколько иными жизненными ценностями, вступающими в противоречие с требованиями, предъявляемыми к сотрудникам органов внутренних дел.

Основаниями для такого умозаключения является собственный длительный опыт преподавания в вузах МВД России, а также исследования, проведенные в 1991 году американцами Нейлом Хоувом и Вильямом Штрауссом в области истории покаяний. Они продела-

ли колоссальную работу по изучению повторяющихся «поколенческих» циклов в истории США вплоть до 17 века. В итоге была сформирована теория о циклической смене поколений с повторяющимися ценностями и настроениями. Согласно этой теории наряду с профессиональными, гендерными, национальными и пр. интересами, объединяющих людей в социальные группы, каждый человек имеет «поколенческий» интерес и на основе которого формируется его способ мышления, а значит технология принятия решения. Механизмом, который создает этот интерес, являются главные факторы и события внешней среды, в которой первые двадцать лет жизни формируется личность человека. Смена поколений определяется количественными «накоплениями» факторов и событий внешней среды, меняющими способ мышления [4].

Можно спорить о научности этой теории, но практический интерес к ней в мире достаточно большой, особенно в области социального управления.

Согласно ее основным канонам поколение 25–30 летних молодых людей получило название миллениумов. Формирование этого поколения, как личностей, происходило в быстроменяющемся современном информационном обществе и сформировало у них склонность к выбору для решения только коротких по времени задач, к уходу от многоходовых комбинаций и быстрому потреблению.

Ценностью «миллениумов» является возможность быстро и без усилий достичь успеха и денежного благополучия.

Следует отметить, что современные информационные технологии для каждого молодого человека предоставляют широкий спектр возможностей для самовыражения и достижений успеха, что способствует росту эго «миллениума», он начинает чувствовать себя исключительным и неповторимым. При этом он исключает компромисс, как способ решения проблемы, быстро разочаровывается в сложной, требующей вложения большого труда, работе, считая, что его труд достоин большего. По этой причине он конфликтует с работодателями и часто меняет место работы. «При этом, «миллениумов» отличает готовность к изменениям, возможность выбора, глобальная информированность, техническая грамотность, индивидуализм, стремление учиться в течение всей жизни, неформальность взглядов, поиск простых решений, прагматизм, надежда на себя, гендерное равенство» [4].

На основании этого для поколения «миллениумов» работа в органах внутренних дел не является привлекательной с ее ненормированным рабочим временем,

жесткими условиями труда, связанными с ограничением некоторых прав и свобод гражданина, сложными и запутанными индексами оценки деятельности, завышенными требованиями к здоровью и невысоким денежным довольствием.

Таким образом, сложилось противоречие между обострившейся потребностью органов внутренних дел в квалифицированных кадровых ресурсах и отсутствием интереса к этой службе поколения «миллениумов».

Решить эту проблему можно только дополнительными мерами в сфере кадровой политики и кадровой работы.

Кадровая политика в системе МВД России осуществляется в целях формирования профессионального состава кадров, сохранения, воспроизводства, укрепления, развития, рационального и эффективного использования кадрового потенциала органов внутренних дел в интересах оперативно-служебной деятельности. Поставленные цели определяют кадровую работу как многоаспектную управленческую деятельность по решению целого комплекса экономических, социальных, нравственных, правовых, психологических и иных задач. При этом кадровая работа должна строиться с учетом необходимости поддержания баланса интересов сотрудников, с одной стороны, и органов внутренних дел в целом — с другой. Без создания гибкого мотивационного механизма решение этой задачи невозможно.

Вильям Джеймс (отец современной психологии) утверждал, что самым главным желанием всех людей является стремление быть оцененным. В этом заключена неутолимая и постоянно терзающая человека жажда.

Безусловно, процесс создания мотивационного механизма включает множество составляющих, требующих своего решения, и представляет собой управленческую проблему, разрешить которую можно лишь с течением времени и при наличии достаточного финансирования. В то же время в этой области есть вопросы, которые не требуют финансовых затрат и которые можно решить в реальном времени. Прежде всего, речь идет о необходимости перехода от оценки деятельности подразделений по конечным результатам к оценке эффективности их деятельности с учетом оптимального использования имеющихся ресурсов в рамках своих предельных возможностей.

Ныне действующий приказ № 1040 «Вопросы оценки деятельности территориальных органов Министерства внутренних дел Российской Федерации» [1] не полностью избавлен от так называемой «палочной системы» учета и не позволяет оценить эффективность деятельно-

сти подразделения в зависимости от сложившейся в отчетном периоде оперативной обстановки.

Согласно этому приказу отдел внутренних дел оценивается по двум направлениям:

- ◆ вневедомственная оценка — оценка по результатам социологических опросов или иной информации, которая отражает мнения населения;
- ◆ ведомственная оценка, которая включает в себя экспертную оценку и оценку по результатам деятельности.

В качестве критерия оценки предлагается использовать наилучшее значение статистического показателя среди оцениваемых территориальных органов МВД России.

Статистический показатель — относительный показатель (нагрузка, удельный вес, темп роста и иные показатели), рассчитываемый на основе статистических данных и характеризующий количественные и качественные результаты деятельности территориального органа МВД России по соответствующему направлению. Сама оценка производится на основе выраженного в баллах соотношения между статистическим показателем и соответствующим критерием оценки.

Не смотря на то, что АППГ был заменен на наибольшее числовое значение показателей по группе, при подведении итогов он все равно берется для сравнения. При этом в приказе № 1040 сравнение идет не только с прошлым месяцем, но и с аналогичным периодом прошлого года.

Таким образом, анализируя последние приказы, следует отметить, что какие бы новые оценочные критерии не выбирались, итоговая оценка сводится к сравнению «палочек» сводной статистики. При этом априори считается, что все «палочки», отражающие непосредственную деятельность подразделений (статистические показатели или приведенные количественные показатели экспертной оценки), имеют одинаковую трудоемкость, хотя апостериори это не так. Действительно, трудно сравнить по трудозатратам деятельность следственной группы по расследованию многоэпизодного экономического преступления и расследование кражи сотового телефона. Но с точки зрения оценочной политики — это две абсолютно одинаковых «палки», идущих в зачет. Такой подход, безусловно, не является объективной оценкой затраченного труда подразделением и часто мотивирует его сотрудников к нарушению регистрационной дисциплины

Особый интерес в рамках этой проблематики представляют собой методы, которые позволяют количе-

ственно оценить эффективность использования своих кадровых ресурсов.

В основе таких методик лежит динамическое равновесие элементов системы «преступность — ресурсы» — весьма важное понятие с точки зрения разработки математических моделей кадрового обеспечения органов внутренних дел [2]

В преобразованном виде такая зависимость записывается как:

$$\alpha = \frac{\gamma \cdot R}{V} \cdot (1 - e^{-\frac{V}{\gamma \cdot R}}), \quad (1)$$

где  $\alpha$  — рассматривается, как показатель эффективности использования подразделением своих ресурсов, в том числе и кадровых;

$\gamma$  — показатель оптимальной или предельной (в зависимости от поставленной задачи) «пропускной способности» одного сотрудника подразделения с учетом средневзвешенной трудоемкости расследования всех преступлений, находящихся в производстве за отчетный период;

$R$  — реальная численность сотрудников подразделения;

$V$  — реальная нагрузка на подразделение в виде количества уголовных дел в производстве у следственного подразделения за отчетный период.

*Для нахождения коэффициента эффективности  $\alpha$  необходимо, прежде всего, определиться с показателем пропускной способности  $\gamma$ , так как показатели  $R$  и  $V$  по отчетному периоду известны.*

Методику нахождения коэффициента пропускной способности в краткой форме можно представить следующим образом:

- а) после завершения отчетного периода уголовные дела классифицируются на категории по степени трудоемкости их обработки. Для этого предварительно должна быть проведена экспертная процедура, в процессе которой определяется как количество категорий, так и основные признаки, по которым будет проводиться группирование преступлений по категориям;
- б) определяется доля преступлений каждой категории в общем количестве преступлений, зарегистрированных за отчетный период (пределы отклонений доли от 0 до 1);
- в) по каждой категории методом экспертных оценок определяется теоретическая норма количества уголовных дел, которые способен обработать один сотрудник подразделения в течение отчетного периода (например за 1 год);

г) коэффициент «пропускной способности»  $\gamma$  определяется методом расчета средневзвешенной величины (в данном случае — сумма произведений доли преступлений каждой категории, умноженной на норму ее обработки).

Подставляя  $\gamma$  в выражение (1), получаем своеобразную норму эффективности его работы, привязанную к особенностям оперативной обстановки, сложившейся за прошедший период. Разница между реальными показателями подразделения и его расчетной эффективностью за прошедший период определяет его рейтинг среди других подразделений.

Если реальная трудоемкость преступлений превышает расчетную средневзвешенную  $\tilde{a}$ , то это может считаться объективной причиной низких итоговых результатов работы подразделения. При этом эффективность

работы может оставаться высокой и соответственно высоким рейтинг подразделения.

Подводя итог изложенному, можно сделать вывод, что оценка деятельности следственных подразделений путем сравнения их итоговых результатов в виде количества преступлений переданных в суд перестала соответствовать современным требованиям организации следственной работы. Такой подход не позволяет учесть особенностей оперативной обстановки на каждой территории, не позволяет учесть различия в трудоемкости раскрытия и расследования преступления.

Применение модели системной динамики (1) не только позволяет решить этот вопрос, но и выстраивает перед сотрудниками понятный и логичный механизм, по которому оценивается его работа, что способствует его мотивации на добросовестный труд.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Вопросы оценки деятельности территориальных органов Министерства внутренних дел Российской Федерации: Приказ МВД России от 31.12.2013 № 1040. Доступ из справ.-правовой системы «Консультант Плюс».
2. Минаев В. А. Кадровые ресурсы органов внутренних дел: современные подходы к управлению. Монография. — М.: Академия МВД СССР, 1991.
3. Попова О. А. Оценка эффективности деятельности правоохранительных органов и качество расследования преступлений // Волгоград. Современные проблемы науки и образования. 2015. № 1 (часть 1).
4. Ожиганова Е. М. Теория поколений Н. Хоува и В. Штрауса. Возможности практического применения // Бизнес-образование в экономике знаний. Иркутск. 2015. № 1.
5. Рыбак, А. В. Оценка эффективности деятельности следственных подразделений на основе применения методов системной динамики: метод. реком. — Хабаровск: ДВЮИ МВД России, 2016.

© Рыбак Александр Владимирович

Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»

## ЭНДОДОНТИЧЕСКОЕ ЛЕЧЕНИЕ ПЕРВОГО НИЖНЕГО МОЛЯРА СО СЛОЖНОЙ АНАТОМИЕЙ КОРНЕВОГО КАНАЛА

### ENDODONTIC TREATMENT OF THE FIRST LOWER MOLAR WITH A COMPLEX ROOT CANAL ANATOMY

**G. Budaichiev  
Z. Hizhalova  
N. Medzhidova  
M. Budaichieva  
P. Budaichieva**

*Summary.* Successful endodontic treatment requires careful knowledge of root canal morphology and its variations in order to find and process all channels. This article presents an effective method of endodontic treatment of teeth with complex root canal anatomy.

*Keywords:* endodontics, root canal, apical opening, pulpitis, pulpotomy.

**Будайчиев Гасан Магомед-Алиевич**

Ассистент, Дагестанский государственный  
медицинский университет  
gasan.budaychiev005@mail.ru

**Хижалова Зайнаб Танкаевна**

Ассистент, Дагестанский государственный  
медицинский университет

**Меджидова Наида Меджидовна**

Ассистент, Дагестанский государственный  
медицинский университет

**Будайчиева Милана Абдулхаликовна**

Дагестанский государственный медицинский  
университет

**Будайчиева Патимат Магомедалиевна**

Дагестанский государственный медицинский  
университет

*Аннотация.* Успешное эндодонтическое лечение требует тщательного знания морфологии корневых каналов и ее вариаций для того чтобы найти и обработать все каналы. В настоящей статье приведен эффективный метод эндодонтического лечения зубов со сложной анатомией корневых каналов.

*Ключевые слова:* эндодонтия, корневой канал, апикальное отверстие, пульпит, пульпотомия.

### Введение

**П**роблема повышения эффективности эндодонтического лечения является весьма актуальной, так как продолжает оставаться высокой распространенность осложненных форм кариеса — 93,18% случаев. Зачастую проблемы, возникающие в ходе эндодонтического лечения, связаны с недостаточностью врачебных знаний об анатомо-морфологических особенностях корневых каналов. А ведь это — принципиально важный момент, влияющий на качество работы. [1]

Апикальное отверстие (АО) изменяет свой размер и конфигурацию по мере роста зуба. До полного формирования АО открыто. Со временем отверстие сужается и приобретает форму воронки. Важно отметить, что, обычно, оно не формируется в истинную (анатомическую) верхушку корня зуба, а смещено примерно на 0,5 мм и, реже, на более чем 1,00 мм от истинной верхушки.[4,5] Степень отклонения непредсказуема и может значительно отличаться от стандартного расположения, в частности, у сформированных зубов, у которых завершилось новообразование зубного цемента. Обычно,

АО не визуализируется рентгенологическим методом, и специалистам приходится полагаться на показания электронных измерительных устройств для определения длины канала и объема его закрытия.[2,3]

### Цель настоящей работы

Повышение эффективности эндодонтического лечения зубов со сложной анатомией корневых каналов.

### Клинический случай

В нашу клинику поступила 30-летняя пациентка. Зуб был открыт, была произведена пульпотомия с применением формокрезола. Фистулы или отека не наблюдалось.

Была проведена стандартная эндодонтическая процедура после местной анестезии 2% раствором лидокаина и адреналина в концентрации 1:100,000. Резиновый изолятор слюны был размещен в полости рта для обеспечения эндодонтического доступа, после чего, временная пломба была удалена.



Рис. 1. NSK IPEX2 апекслокатор.



Рис. 2. Вращающийся инструмент ProTaper Universal NiTi (Dentsply Maillefer)



Рис. 3. Горизонтальный периапикальный снимок, на котором показана гуттаперча внутри канала перед конденсацией.



Рис. 4. Применение Calamus Dual для вертикальной конденсации гуттаперчи.

При обследовании дна пульповой камеры ручным эндодонтическим зондом было выявлено три корневых канала: мезио-буккальный (МБ), мезио-лингвальный (МЛ) и дистальный (Д). Для удаления тканей пульпы из трех обнаруженных каналов применялись эндодонтические инструменты К-файл (Maillefer, Швейцария). Каналы подготовили при помощи файла 10 размера (Maillefer, Швейцария) и 17% раствора этилендиаминтетрауксусной кислоты (ЭДТА), после чего провели орошение 5,25% раствором гипохлорита натрия (NaOCl).

Определение рабочей длины канала проводили при помощи апекслокатора NSK IPEX 2 Locator (рис. 1): МБ — 18,5 мм, МЛ — 18 мм и Д — 21 мм.

Для расширения просветов каналов применяли ProTaper SX (Maillefer Dentsply). Все каналы были химически и механически подготовлены по технологии «краун-даун». Был успешно применен ProTaper никель-титановый (NiTi) файл размера S1, S2, и F1 (рис. 2).

Орошение каналов проводили гипохлоритом натрия и 17% раствором ЭДТА.

На рис. 3 показан снимок апикального конуса.

Обратите внимание на сильно изогнутую форму МБ и МЛ каналов.



Рис. 5. После вертикальной конденсации горячей гуттаперчи. Круто изогнутый дистальный канал, заполненный гуттаперчей.

Подготовленные каналы были закрыты по технологии вертикальной конденсации горячей гуттаперчи Calamus Dual Maillefer Dentsply (рис. 4).

В качестве герметизирующего материала применялся АН 26. Заполненные просветы каналов адгезивно закрывались при помощи стеклоиномера (Ketac Fil), который применялся для герметизации коронки для избежания попадания бактериальной инфекции в канал. После закрытия отверстия был сделан рентгеновский снимок, на котором был виден сильно искривленный дистальный канал, заполненный гуттаперчей после применения техники вертикальной конденсации (рис. 5).

## Обсуждение

Единственное, что неизменно в апикальной области — это ее изменчивость. Корневой канал может изгибаться и изменять направление, разделяться на несколько каналов с формированием дельты и ответвлений на апикальной корневой поверхности, или иметь особенности строения стенки канала. Обычно, эти aberrации невозможно обнаружить или адекватно обработать и закрыть. Апикальная область канала и АО часто имеют сложную, атипичную анатомию. Считается, что каналы имеют округлую форму в апикальной области, что не всегда так. Зачастую, каналы имеют овальную или даже лентообразную форму в апикальной области.

Эти не круглые каналы невозможно расширить до округлой формы без перфораций или ослабления корня. Чтобы полностью очистить корневые каналы, инструмент должен касаться всех стенок и прилегать к ним.

Несмотря на постоянные улучшения дизайна и физических свойств инструментов, до сих пор нет таких, которые бы обеспечили полное очищение и формирование пространства корневых каналов.

Корневые каналы со сложной анатомией не всегда можно подготовить при помощи инструмента обычной (круглой) формы. Кроме того, инструменты из нержавеющей стали негибкие, что делает их неподходящими для изогнутых каналов. Инструменты из NiTi сплава более гибкие, и их легче приспособить под стандартные каналы. Но в случае с нестандартно изогнутыми каналами, у них нет преимущества перед инструментами из нержавеющей стали. Эти несовпадения реальной и идеальной формы требуют от специалиста обдуманного и умелого применения инструмента для подготовки корневого канала, чтобы максимально очистить корневой канал или избежать каких либо других ошибок.

Закрытие канала можно проводить разными способами в зависимости от размера подготовленного канала, конечной формы канала и особенностей его анатомии. Выбор способа зависит от предпочтений специалиста.

Существуют две традиционные техники закрытия канала: латеральная (холодная) конденсация гуттаперчи и вертикальная конденсация горячей гуттаперчи. Получаемая герметичность одинакова в обоих случаях.

Недавно были разработаны техники разогрева и размягчения гуттаперчи специальными приспособлениями и инструментами для поступательного введения гуттаперчи.

Латеральная конденсация гуттаперчи может быть использована в большинстве случаев, кроме тех, когда каналы сильно искривлены или имеют аномальную форму, например, пульповая резорбция твёрдых тканей. Тем не менее, технику латеральной конденсации можно совмещать с другими.

Для выполнения техники вертикальной конденсации горячей гуттаперчи требуется источник тепла и плаггеры различных размеров для уплотнения термопластифицированной гуттаперчи.

Техника заключается в пломбировке апикального канала при помощи гуттаперчевого штифта. Под действием нагревающего инструмента гуттаперча разогревается и становится пластичной. Плаггеры помещают в апикальный канал под давлением, чтобы обеспечить гидравлическое усилие, которое передвинет гуттаперчу апикально, вдоль стенок канала, заполняя анатомические особенности. Затем, гуттаперча добавляется в ка-

нал, каждая новая порция нагревается, размягчается и уплотняется вертикально до полного заполнения канала.

## ВЫВОДЫ

Корневые каналы удлиняют корень зуба, начинаясь воронкообразным отверстием и заканчиваясь апикальным отверстием. Большинство каналов изогнуты, часто, в лицевом направлении. Таким образом, изогнутый канал зачастую не определяется на снимках в лицевой проекции. В результате неопытные или непроинформированные специалисты могут подумать, что канал прямой, и слишком сильно его расширить, что приведет к перфорации. Специалист всегда должен исходить из того, что канал изогнут.

Форма канала варьируется в зависимости от формы и размера корня, степени кривизны, возраста и состояния зуба.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Березин К. А. Особенности лечения корневых каналов сложной конфигурации / К.А Березин., С.Л. Блашкова., Е. Ю. Старцева// *Фундаментальные исследования.* — № 9. — 2013. — С. 987–990.
2. Del Fabbro M. A. Endodontic therapy using magnification devices: a systematic review./ M.A Del Fabbro, S. F. Taschieri // *J Dent.* — 2010. — Vol.38(4). — P. 269–75.
3. L. U. Tang. Tooth anatomy risk factors influencing root canal working length accessibility./ Tang L. U., T. Q. Sun // *J Oral Sci.* — 2011. — Vol.3. — P. 135–40.
4. Mounce RE. Discussion of a complex endodontic case: when to refer./ R. E. Mounce// *Dent Today.* — 2009. — Vol.28. — P. 110–111.
5. Piasecki L. O. Accuracy of Root ZX II in locating foramen in teeth with apical periodontitis: an in vivo study/ L. O. Piasecki, E. A. Carneiro, L. F. Fariniuk, V. P. Westphalen, Florentin MA// *J Endod.* — 2011. — Vol.37. — P. 1213–1216.

© Будайчиев Гасан Магомед-Алиевич ( gasan.budaychiev005@mail.ru ), Хижалова Зайнаб Танкаевна,  
Меджидова Наида Меджидовна, Будайчиева Милана Абдулхаликовна, Будайчиева Патимат Магомедалиевна.  
Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»

## ПОСЛЕОПЕРАЦИОННЫЕ СПАЙКИ БРЮШНОЙ ПОЛОСТИ: ПАТОФИЗИОЛОГИЯ И ПРОФИЛАКТИКА (ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ)

### POSTOPERATIVE ABDOMINAL ADHESION: PATHOPHYSIOLOGY AND PREVENTION (REVIEW)

**M. Magomedov**  
**M. Imanaliev**  
**M. Magomedov**

*Summary.* Peritoneal adhesions are an important clinical problem in gastrointestinal surgery. Peritoneal adhesions are the result of irritation of the peritoneum by infection or surgical trauma and can be considered as a pathological part of healing after any injury to the peritoneum, in particular due to abdominal surgery. The balance between fibrin deposition and degradation is critical in determining normal peritoneal healing or adhesion formation. Postoperative peritoneal adhesions are a major cause of morbidity, leading to multiple complications, many of which may occur several years after the initial surgical procedure. In addition to acute small bowel obstruction, peritoneal adhesions can cause pelvic or abdominal pain and infertility. In this paper, the authors reviewed the epidemiology, pathogenesis, and various preventive strategies for adhesion formation. Several prophylactic agents have been investigated against postoperative peritoneal adhesions. Their role is aimed at activating fibrinolysis, making it difficult for blood to clot, reducing the inflammatory response, inhibiting collagen synthesis, or creating a barrier between adjacent wound surfaces. Their results are promising, but most of them are controversial and are achieved mainly in the animal model. Until further results from future clinical trials are obtained, only careful surgery can be recommended to reduce unnecessary morbidity and mortality from these adverse effects of surgery. With the current state of knowledge, preclinical or clinical studies are still needed to evaluate the effectiveness of developing strategies for the prevention of postoperative peritoneal adhesions is discussed in this review.

*Keywords:* abdominal surgery, laparoscopy, complication, adhesiolysis, abdominal pain, adhesions.

**Магомедов Мухума Магомедович**

*Д.м.н., профессор, Дагестанский государственный  
медицинский университет  
tixhuta@mail.ru*

**Иманалиев Магомед Расулович**

*Д.м.н., профессор, Дагестанский государственный  
медицинский университет*

**Магомедов Магомед Арсенович**

*Ассистент, Дагестанский государственный  
медицинский университет*

*Аннотация.* Перитонеальные спайки представляют собой важную клиническую проблему в хирургии желудочно-кишечного тракта. Спайки брюшины являются следствием раздражения брюшины инфекцией или хирургической травмой и могут рассматриваться как патологическая часть заживления после любой травмы брюшины, в частности в абдоминальной хирургии. Баланс между отложением фибрина и деградацией имеет решающее значение для определения нормального заживления брюшины или формирования адгезии. Послеоперационные перитонеальные спайки являются основной причиной заболеваемости, приводящей к множественным осложнениям, многие из которых могут проявляться через несколько лет после первичной хирургической процедуры. Помимо острой тонкокишечной непроходимости, перитонеальные спайки могут вызывать тазовые или абдоминальные боли, а также бесплодие. В данной работе авторы рассмотрели эпидемиологию, патогенез и различные профилактические стратегии формирования адгезии. Исследовано несколько профилактических средств против послеоперационных спаек брюшины. Их роль направлена на активизацию фибринолиза, затруднение свертывания крови, уменьшение воспалительной реакции, ингибирование синтеза коллагена или создание барьера между соседними раневыми поверхностями. Их результаты обнадеживают, но большинство из них противоречивы и достигаются в основном на животных моделях. При современном состоянии знаний доклинические или клинические исследования все еще необходимы для оценки эффективности разработки стратегий профилактики послеоперационных перитонеальных спаек, что и обсуждается в этом обзоре.

*Ключевые слова:* абдоминальная хирургия, лапароскопия, осложнение, адгезиолизис, абдоминальная боль, спайки.

### Введение

**П**еритонеальные спайки в основном индуцируются хирургическими вмешательствами в брюшной полости, и их распространенность после основных абдоминальных процедур была оценена в 63–97% [4, 13, 25]. В целом, примерно треть пациентов, которым выполнена открытая подбрюшная или тазовая хирургия восстановлено в среднем два раза в течение последу-

ющих 10 лет при состояниях напрямую или, возможно, связанные с спайки, или еще одна операция, которая потенциально может быть затруднена из-за образования спаек; > 20% от общего числа повторных госпитализаций произошли в течение первого года после первой операции, и 4,5% повторных госпитализаций были для клея кишечная непроходимость [1, 43]. Колоректальная хирургия оказалась наиболее важным видом хирургии, которая может вызвать внутрибрюшные спайки [43]. Эта

операция имеет самое большое общее число эпизодов стационарного лечения, дней пребывания в стационаре, операционное время, и затраты, связанные с перитонеальной адгезивной кишечной непроходимостью [31, 36]. Среди открытых гинекологических вмешательств операция на яичниках имела самый высокий процент, непосредственно связанных со спаечным процессом (7,5 на 100 операций) [6, 20]. Тонкокишечная непроходимость ранней спаечной непроходимости является наиболее распространенным осложнением спаечного процесса в брюшине [36, 37].

Помимо СКН, перитонеальные спайки могут вызывать тазовые или абдоминальные боли, а также бесплодие [19]. Перитонеальные спайки могут также продлить время, необходимое для получения доступа к брюшной полости при последующих операциях [3] и могут увеличить риск повреждения кишечника во время последующих операций [10]. Остается спорным вопрос о роли спаек брюшины при болях в животе. Спайки были вовлечены в качестве значимой причины хронической тазовой боли, и их хирургический лизис был предложен в качестве терапевтической модальности выбора [20]. Однако хроническая тазовая боль является одной из самых распространенных гинекологических жалоб и все же остается загадкой. Сравнение пациентов с хронической тазовой болью и пациенток с бессимптомным бесплодием не выявило достоверной разницы в плотности или расположении спаек [22].

#### Патофизиология послеоперационной адгезии брюшины

Первые спайки брюшины были описаны при посмертном обследовании больного с перитонеальным туберкулезом в 1836 году. Для объяснения этого открытия в 1849 году было высказано предположение, что коагулированные лимфатические сосуды могут превращаться в фибриновые спайки [40, 52]. До сих пор точная патофизиология перитонеальных спаек оставалась неуловимой. Несмотря на многочисленные клинические и экспериментальные исследования, патофизиология перитонеальных спаек остается спорной. Помимо нормальной регенерации брюшины, процесс формирования послеоперационной адгезии брюшины может рассматриваться как патологическая часть заживления после любой травмы брюшины, особенно при абдоминальной хирургии [7, 21, 27]. Баланс между отложением фибрина и деградацией имеет решающее значение для определения нормального заживления брюшины или формирования адгезии. Если фибрин полностью деградирован, может произойти нормальное заживление брюшины. В отличие от этого, не полностью деградированный фибрин может служить в качестве каркаса для фибробластов и капилля-

ров в процессе роста с образованием перитонеальных спаек.

Повреждение брюшины, вызванное операцией, инфекцией или раздражением, инициирует воспаление с фибринозным экссудатом и образованием фибрина [1, 6, 11, 30]. Фибрин является результатом активации коагуляционного каскада, который активируется в брюшной полости, что приводит к образованию тромбина, который запускает преобразование фибриногена в фибрин. Однако, вследствие активации фибринолитической системы, любые внутрибрюшные депозиты фибрина необходимо лизировать. Однако после абдоминальной хирургии равновесие между свертыванием и фибринолизом нарушается в пользу системы свертывания. Таким образом, отложения фибриновых форм являются матрицей для вставания фиброколлагенической ткани. Действительно, фибробласты вторгаются в фибриновый Матрикс, и внеклеточный матрикс (ВМ) вырабатывается и депонируется. Этот ВМ все еще может быть вполне ухудшен проэнзимами металлопротеазы матрицы (ММП). Однако, если этот процесс ингибируется тканевыми ингибиторами ММП, могут образовываться перитонеальные спайки [34]. Как правило, если фибринолиз не происходит в течение 5–7 дней после травмы брюшины, временный фибриновый матрикс сохраняется и постепенно организуется коллаген-секретирующими фибробластами. Этот процесс приводит к образованию перитонеальной адгезии [8, 17, 45] и росту новых кровеносных сосудов, опосредованному аутогенными факторами [12].

Активация фибринолитической системы приводит к превращению плазминогена в плазмин, что весьма эффективно при деградации фибрина в продукты деградации фибрина. Активатор плазминогена тканевого типа (ТПА) и урокиназный плазминоген (УПА) являются активаторами плазминогена. Они экспрессируются в эндотелиальных клетках, мезотелиальных клетках и макрофагах. ТПА, протеаза серина, главный активатор плазминогена и имеет высокое сродство для фибрина. Он связывается со специфическим рецептором, который экспонирует сильный участок связывания плазминогена на поверхности молекулы фибрина. Поэтому в присутствии фибрина резко повышается скорость активации плазминогена, тогда как в отсутствие фибрина ТПА является плохим активатором плазминогена [57]. Это приводит к более высокой активации плазминогена в тех местах, где это необходимо, в то время как системная активация предотвращается. В брюшной полости ТПА отвечает за 95% активирующей плазминоген активности [15]. УПА одинаково эффективен при деградации фибрина [57], но его гораздо более низкое сродство к фибрину приводит к значительно более низкой активирующей плазминоген активности. Помимо активации плазминогена, УПА может играть важную роль в ремоделировании тканей [42].

Активация плазминогена затруднена ингибитором активации плазминогена ИАП-1 и ИАП-2 через образование неактивных комплексов. Наиболее мощным ингибитором ТПА и УПА является гликопротеин ИАП-1. ИАП-2 менее эффективен в противодействии активаторам плазминогена. Вероятно, он играет определенную роль в восстановлении тканей брюшины [42]. ИАП-1, и ИАП-2 продуцируются эндотелиальными клетками, мезотелиальными клетками, моноцитами, макрофагами и фибробластами. Были определены другие ингибиторы активатора плазминогена ИАП-3. Несколько ингибиторов протеазы, таких как  $\alpha$ 2-макрोगлобулин,  $\alpha$ 1-антитрипсин и  $\alpha$ 2-антиплазмин, ингибируют плазмин непосредственно. Однако их роль в перитонеальном фибринолизе четко не определена [15].

Баланс между активаторами плазминогена и ингибиторами плазминогена имеет решающее значение для определения нормального заживления или образования адгезии. 1). Поэтому считается, что ИАП-1 является важным фактором в развитии спаек и высокие концентрации ИАП обнаружены в спаечной и перитонеальной тканях пациентов с обширными спаечными процессами [15, 28, 42]. Также было установлено, что ботулинический токсин типа А (BoNT-A) нарушает связь между клетками на эпителиальном барьере, связывая молекулы эпителия, и обладает противовоспалительной эффективностью [2]. BoNT-A представляет собой нейротоксин с нейротоксической структурой белка, продуцируемый бактериями *Clostridium botulinum*. BoNT-A демонстрирует свою противовоспалительную эффективность через макрофаги, которые являются основными клетками иммунной системы [48]. Исследование показало, что применение внутривнутрибрюшинно BoT-A вызывает значительное снижение количества фибробластов, уменьшение количества фибробластов может быть причиной снижения плотности коллагена [48].

## Профилактика

Исследовано несколько профилактических средств против послеоперационных спаек брюшины. Их роль заключается в активации фибринолиза, замедлении свертывания крови, уменьшении воспалительной реакции, ингибировании синтеза коллагена или создании барьера между соседними раневыми поверхностями. Эти стратегии профилактики можно разделить на четыре категории: общие принципы, хирургические методы, механические барьеры и химические агенты [9, 21].

## Общие принципы и хирургические техники

Некоторые основные принципы должны соблюдаться во время всех абдоминальных хирургических процедур. Эти принципы близки к «Халстедовским принципам» (W.S. Halsted 1852–1922), первому хирургу, который

признал важность этих мер [39]. Повреждения брюшины следует избегать путем тщательного обращения с тканью, тщательного гемостаза, непрерывного орошения и предотвращения ненужного высыхания, неэффективного использования инородных тел, а также сшивания или зажима ткани. Также рекомендуется использовать тонкие и биосовместимые шовные материалы, атравматичные инструменты и бескрахмальные перчатки. Крахмальные перчатки являются существенным фактором риска возникновения послеоперационных спаек. Инородные тела наиболее часто встречаются в послеоперационных спайках: поверхностные порошки из хирургических перчаток; ворсинки из пакетов, драпировок или халатов; древесные волокна из одноразовых бумажных изделий; и шовные материалы. Однако последние данные свидетельствуют о том, что при отсутствии дополнительного повреждения брюшины инородные тела являются нечастой причиной индукции адгезии [22]. Ordóñez et al. [51] провели оценку влияния тренировки на формирование послеоперационной адгезии на модели кролика. Тренировочный эффект оценивали по длительности операции и количеству кровотечений. Это исследование показало, что существует значительное влияние опыта на продолжительность операции. С опытом, продолжительность операции прогрессивно уменьшается, и послеоперационные спайки также уменьшаются в размере, цепкости, типе и полном счете. Согласно этим выводам, хирургическая подготовка и соблюдение некоторых основных принципов («Халстедские принципы») имеют важное значение для профилактики адгезии.

Некоторые интраоперационные методы, такие как предотвращение ненужного рассечения брюшины или предотвращение закрытия брюшины, должны применяться. Многие экспериментальные исследования показали, что незакрытие брюшины связано со снижением образования перитонеальной адгезии [5, 51]. Тем не менее, некоторые исследования не показали никаких различий [60] или даже снижение адгезии брюшины [61] с закрытием брюшины. Однако трансплантация или ушивание дефектов брюшины может приводить к увеличению ишемии брюшины, деваскуляризации и некрозу, предрасполагая этот участок к снижению фибринолитической активности и увеличению образования адгезии [51].

Кроме того, хирургическая травма должна быть максимально уменьшена. Хирургический подход (открытый или лапароскопический) может играть важную роль в развитии спаечного процесса. В большинстве абдоминальных процедур лапароскопический подход связан со значительно более низкой частотой послеоперационных перитонеальных спаек или связанных с адгезией повторных госпитализаций.

Некоторые исследования не показали разницы между обоими хирургическими подходами. Сообщается о роли CO<sub>2</sub> в формировании адгезии после лапароскопической операции [51, 62].

Во время лапароскопической операции пневмоперитонеум CO<sub>2</sub> сам по себе оказывает реальное воздействие на спаечный процесс в брюшной полости. Было показано, что образование адгезии увеличивается с увеличением продолжительности пневмоперитонеума CO<sub>2</sub> и давления инсуффляции [51, 62]. Действительно, длительная лапароскопическая операция требует длительности и большого объема газовых инсуффляций, что вызывает опасения по поводу неблагоприятных последствий длительных газовых инсуффляций [62]. Стандартным CO<sub>2</sub>, используемым в современной лапароскопической практике, является холодный сухой CO<sub>2</sub> который не физиологичен для нормальных условий брюшной полости [51]. Многие исследования показали, что кратковременная лапароскопия, < 3 ч, с холодной сухой инсуффляцией CO<sub>2</sub> может вызвать перитонеальные изменения и привести к многочисленным неблагоприятным исходам, включая формирование послеоперационной перитонеальной адгезии [51, 62]. Было сообщено, что преимущества нагретой увлажненной инсуффляцией CO<sub>2</sub> (37 °C и 95% относительной влажности, физиологические условия) включают меньшую гипотермию, меньшие послеоперационные боли, сокращенное пребывание в послеоперационном периоде, лучшее выздоровление, меньшее распространение и рост опухоли [62] и меньшее образование адгезии [14, 18]. Кроме того, Molinas et. al. [49] было продемонстрировано, что пневмоперитонеум CO<sub>2</sub> увеличивает послеоперационные спайки брюшины в зависимости от времени и давления, и что это увеличение уменьшается за счет добавления 2–4% кислорода, что предполагает перитонеальную гипоксию в качестве движущего механизма. Предполагается, что при снижении фибринолитической активности процесс формирования адгезии уже не зависит от хирургического подхода, а развивается самостоятельно.

Механические барьеры: жидкие или твердые механические барьеры могут препятствовать образованию послеоперационной перитонеальной адгезии, сохраняя отдельные поверхности брюшины в течение 5–7 дней, необходимых для перитонеальной реэпителизации. Они предотвращают контакт между поврежденными серозными поверхностями в течение первых нескольких критических дней. Идеальный барьер должен быть биodeградируемым, безопасным, невоспалительным, не иммуногенным, сохраняться в течение критической фазы ре-мезотелизации, оставаться на месте без швов или скоб, оставаться активным в присутствии крови и быстро и легко наноситься [53]. Кроме того, он не дол-

жен мешать заживлению, способствовать инфицированию или вызывать спайки. Барьеры в настоящее время считаются наиболее полезными адъюнктами, которые могут уменьшить образование послеоперационной перитонеальной адгезии. Различные твердые или жидкие барьерные агенты были испытаны экспериментально и в клинических испытаниях.

Для предотвращения адгезии использовались такие жидкости, как кристаллоиды, декстран, гиалуроновая кислота, считая гиалуроновая кислота и икодекстрин. Они отделяют поврежденные поверхности «гидрофлатацией», но их эффективность вызывает споры. Кристаллоиды, такие как физиологический раствор и лактат Рингера, используются в больших количествах, но они быстро всасываются. Наиболее часто применяемым гипертоническим раствором был 32% декстран 70, но от него отказались из-за серьезных осложнений [51]. Другие жидкие барьеры, которые имеют преимущество более длительного пребывания в брюшной полости, такие как гиалуроновая кислота (Sepracoat®, Genzyme Corporation, Cambridge, MA, United States), кросс-связанная гиалуроновая кислота (Intergel Hyalobarrier gel; Baxter, Pisa, Italy) и икодекстрин (Adept, Baxter Healthcare Corporation, Deerfield, IL, United States) показали многообещающие результаты в экспериментальных и клинических исследованиях [51]. Brown et. al. [26] продемонстрировали, что адепт является безопасным и эффективным агентом снижения адгезии при лапароскопии.

Существуют нерассасывающиеся и био-рассасывающиеся пленки, гели или твердые мембраны. Наиболее часто используемыми механическими барьерами являются окисленная регенерированная целлюлоза (Interceed®), расширенный политетрафторэтилен, гиалуроновая кислота-карбоксиметилцеллюлоза (Seprafilm) и полиэтиленгликоль. Preclude не поддается разложению и требует проведения второй операции по удалению. Наиболее широко изученными биоабсорбируемыми пленками являются Сепрафильм и Интеркид. Сепрафильм всасывается в течение 7 дней и выводится из организма в течение 28 дней [51]. Проспективные рандомизированные контролируемые исследования показали эффективность Сепрафильма в снижении частоты и степени послеоперационных спаек [23]. Однако Сепрафильм может вызвать значительное нарушение анастомозов и не должен применяться в случаях анастомоза [23]. Другие экспериментальные исследования показали, что покрытие поражений париетальной брюшины микрохирургически применяемыми аутологичными перитонеальными трансплантатами может полностью предотвратить формирование выраженной перитонеальной адгезии. Однако преимущество синтетического барьера заключается в том, что материал не требует хирургического вмешательства и может быть разрезан

по размеру вне брюшной полости, а затем нанесен без швов [46].

Химические вещества. Химические вещества вообще предотвращают организацию упорствуя фибрина, фибробластическим ингибированием пролиферации. Для ингибирования этой пролиферации используется много средств, таких как нестероидные противовоспалительные препараты (НПВП), кортикостероиды, блокаторы кальциевых каналов, антагонисты гистамина, антибиотики, фибринолитические агенты, антикоагулянты, антиоксиданты, гормоны, витамины, колхицины и селективные иммуносупрессоры. НПВП уменьшают спаечный процесс в брюшине у некоторых животных моделей путем ингибирования синтеза простагландина и тромбоспандина. Они снижают проницаемость сосудов, ингибиторы плазмينا, агрегацию тромбоцитов и свертывание крови, а также усиливают функцию макрофагов [51]. Rodgers et. al. [59] показали, что послеоперационное введение противовоспалительных препаратов в место травмы уменьшало образование послеоперационных спаек на двух моделях животных. Модель крысы была использована для исследования эффективности нимесулида, селективного ингибитора циклооксигеназы-2, в предотвращении образования адгезии. Данное исследование показало, что предоперационное внутримышечное или послеоперационное интраперитонеальное введение нимесулида в место повреждения снижало формирование послеоперационной адгезии у данной модели крыс [38]. Как правило, некоторые противовоспалительные препараты могут быть эффективными в предотвращении спаек, но нет никаких клинических значимых доказательств из любого опубликованного исследования, чтобы рекомендовать их использование у людей для этой цели, и несколько побочных эффектов все еще должны быть установлены [50].

Кортикостероидная терапия снижает проницаемость сосудов и высвобождение цитокинов и хемотаксических факторов, а также снижает образование перитонеальной адгезии в некоторых моделях животных [46]. Однако кортикостероиды имеют побочные эффекты, такие как иммуносупрессия и замедленное заживление ран [51]. Kirdak et. al. [44] исследовали эффективность различных доз метшсреднизолон в профилактике экспериментально индуцированных перитонеальных спаек у крыс. Они обнаружили, что не было никакой разницы в эффективности различных доз метилпреднизолон, вводимых местно, в предотвращении образования перитонеальной адгезии, и, кроме того, стероиды не предотвращали развитие перитонеальной адгезии [46]. В животных моделях эти гормоны могут предотвращать образование адгезии, но некоторые исследования не подтвердили эту эффективность у человека [51].

Было сообщено, что прогестерон оказывает противовоспалительное и иммуносупрессивное действие, а также может предотвращать образование адгезии [56]. Однако, показано, что в целом не было достоверной разницы в частоте образования адгезии между кроликами, получавшими прогестерон, и контрольными кроликами. Они выявили благоприятное влияние прогестерона на снижение только незначительного адгезионного образования, образующегося после незначительного повреждения брюшины. Кроме того, было показано, что ни эстроген, ни гонадотропин-рилизинг гормон не предотвращали образование адгезии, но было меньше спаек, образованных в эстроген-обработанных, чем у необработанных животных [51].

Об использовании антикоагулянтов для предотвращения образования спаек брюшины с энтузиазмом сообщается в литературе [51]. Было использовано много молекул, таких как гепарин или дикумарол, которые предотвращают адгезию путем увеличения фибринолиза за счет активности серинэстеразы [38]. Гепарин является наиболее широко исследуемым антикоагулянтом, применяемым для профилактики спаечных процессов. Однако его эффективность в снижении образования адгезии, независимо от того, вводится ли он самостоятельно или в комбинации с межклеточным барьером, не была продемонстрирована в клинических испытаниях [50].

Фибринолитические агенты, такие как рекомбинантный ТПА, при местном применении уменьшают спайки в моделях животных [38]. Однако эти фибринолитические агенты могут вызывать геморрагические осложнения [50]. Три различных препарата: ТПА (Actilyse®), активированный дротрекогин Альфа, которые влияют на процесс коагуляции на различных стадиях, были изучены для их эффективности в предотвращении образования внутрибрюшинной адгезии у крыс [59]. Все три средства были эффективны в предотвращении спаек по сравнению с контрольной группой. Тем не менее, активированный дротрекогин Альфа казался наиболее эффективным, за исключением рассмотрения клинической применимости, и в этом случае фондапаринукс, казалось, предлагал наибольшее преимущество [23]. Однако дальнейшие исследования показали, что все эти подходы могут иметь лишь ограниченный успех, сдерживаться недостаточной безопасностью, эффективностью и многими побочными эффектами без устранения проблемы формирования послеоперационной перитонеальной адгезии [51].

Некоторые антибиотики обычно используются для профилактики послеоперационных инфекций и образования адгезии. Меньшая инфицированность брюшины может привести к меньшему образованию спаечного процесса в брюшине. Установлено, что линезолид

снижает внутрибрюшинное адгезионное образование [18]. Однако другие исследования показали, что внутрибрюшное применение само по себе вызывает образование адгезии [55]. Sortini et. al. [58] показали, что антибиотики приводили к большему образованию адгезии по шкале Zuhlke по сравнению с физиологическим раствором, тогда как между антисептиками и физиологическим раствором не наблюдалось никакой разницы. Действительно, было показано, что антибиотики в растворах для внутрибрюшинного орошения увеличивают образование перитонеальной адгезии на моделях крыс, и поэтому они не рекомендуются в качестве единого агента для предотвращения адгезии [58].

Витамин Е является наиболее изученным витамином в профилактике адгезии. Исследования *in vitro* показали, что витамин Е оказывает антиоксидантное, противовоспалительное, антикоагулянтное и антифибробластическое действие, а также снижает выработку коллагена. Некоторыми авторами было установлено, что он эффективен для снижения адгезионного образования [32, 33, 54]. Corrales et. al. [32] показали, что витамин Е, вводимый внутрибрюшинно, так же эффективен, как и карбоксиметилцеллюлозная мембрана в предотвращении послеоперационных спаек. В отличие от этого, аналогичный эффект не был достигнут после внутримышечного введения [33]. Было обнаружено значительное различие между внутрибрюшинным и внутримышечным введением витамина Е [54]. Таким образом, внутрибрюшинное введение витамина Е может быть рекомендовано для предотвращения образования адгезии. Однако, согласно нашему обзору литературы, не было ни одного исследования на людях, которые рекомендовали бы применение витамина Е для профилактики послеоперационной адгезии.

Одно из исследований было проведено с целью выяснения влияния различных концентраций метиленового синего на процесс формирования перитонеальной адгезии и определения его минимальной дозы, которая может эффективно предотвращать образование таких спаек на модели крыс [35]. Можно сделать вывод, что 1% метиленовый синий обладает лучшим антиадгезионным потенциалом [47]. Если метиленовый синий предотвращает спаечный процесс в брюшине, то он может вызвать

значительное снижение давления разрыва анастомоза на ранней стадии раневого процесса за счет его транзиторного ингибирующего действия на пути оксида азота [35].

Спайки являются результатом воспалительной реакции на повреждение тканей в брюшинном пространстве. Хотя механизм неясен, местные анестетики, как сообщается, имеют некоторые противовоспалительные эффекты, как показано в некоторых исследованиях на животных [16, 29, 41]. Эти противовоспалительные эффекты связаны с ингибированием нейтрофилов. Также было показано, что местные анестетики активируют фибринолитическую систему, снижают концентрацию фактора VIII, плазминогена и  $\alpha 2$ -антиплазмина, а также ингибируют агрегацию тромбоцитов [41]. Таким образом, помимо ускоряющего действия смеси 2,5% лидокаина и 2,5% прилокаина в процессе заживления ран, некоторые исследования показали, что внутрибрюшинный лидокаин и прилокаин ингибируют образование послеоперационных перитонеальных спаек без ущерба для заживления ран на модели бактериального перитонита у крыс [24].

## Заключение

Послеоперационные перитонеальные спайки являются серьезной проблемой здравоохранения со значительным экономическим эффектом. По-видимому, фибринолиз является ключевым фактором в определении патогенеза образования адгезии и в ее профилактике. Было проведено несколько исследований по этой проблеме. Их результаты обнадеживают, но большинство из них противоречивы и были проведены на животных моделях. До тех пор, пока не будут получены дополнительные результаты будущих клинических исследований, только тщательная хирургия может быть рекомендована для снижения ненужной заболеваемости и смертности от этих неблагоприятных последствий хирургии. При современном состоянии знаний доклинические или клинические исследования все еще необходимы для оценки эффективности нескольких предложенных стратегий профилактики послеоперационных перитонеальных спаек.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Алмабаев Ы.А., Кыжыров Ж. Н., Акжолова Я. Д., Фахрадиев И. Р. К вопросу профилактики спаечного процесса (обзор литературы). Наука и мир 2016; 3: 70–72.
2. Артеменко А. Р., Куренков А. Л. Ботулинический токсин: вчера, сегодня, завтра. Нервно-мышечные болезни. 2013; 2: 6–18.
3. Ахметзянов Ф. Ш., Егоров В. И., Анхимова Л. Е. Спаечный процесс как проблема абдоминальной оперативной онкологии. Сибирский онкологический журнал. 2018; 17 (2): 95–103.
4. Аюшинова Н. И., Шурыгин И. А., Шурыгин М. Г., Панасюк И. А. Современные подходы к профилактике спаечного процесса в брюшной полости. Сибирский медицинский журнал. 2011; 6: 16–20.

5. Аюшинова Н. И., Шурыгина И. А., Григорьев Е. Г., Чепурных Е. Е., Шурыгин М. Г. Оценка выраженности спаечного процесса брюшной полости (клиническое исследование). Современные проблемы науки и образования. 2018; 6; [Электронный ресурс]. URL: <http://science-education.ru/ru/article/view?id=28209>
6. Беженарь В. Ф., Цыпурдеева А. А., Байлюк Е. Н. Спаечная болезнь органов малого таза у гинекологических больных: от патогенеза к практике. Онкогинекология. 2014; 4: 68–74.
7. Бойко В. В., Евтушенко Д. А. Способ профилактики спайкообразования у ранее оперированных больных на органах брюшной полости. Инновации в науке. 2013; 25: 177–181.
8. Бойко В. В. Генетические факторы патогенеза спаечной болезни брюшины. Вестник Авиценны. 2015; 2 (63): 25–30.
9. Гаспаров А. С., Дубинская Е. Д. Тазовые перитонеальные спайки: этиология, патогенез, диагностика, профилактика. М.: ООО «Медицинское информационное агентство», 2013; 168.
10. Китаев А. В., Айрапетян А. Т., Турлай Д. М. Спаечная болезнь брюшины в эксперименте. Профилактика и лечение. Колопроктология. 2016; 51: 118а.
11. Кондратович Л. М. Основы понимания формирования спаечного процесса в брюшной полости. Интраоперационная профилактика противоспаечными барьерными препаратами (обзор литературы). Вестник новых медицинских технологий. 2014; 21:3: 169–173.
12. Костырной А. В., Гройзик К. Л., Мустафаева С. Р. Спаечная болезнь брюшины: настоящее и будущее проблемы. Таврический медико-биологический вестник. 2013; 16: 1–3 (61): 262–267.
13. Назаренко А. А., Акимов В. П. Преодоление адгезиогенеза. Медицинский вестник юга России. 2014; 4: 15–18.
14. Насретдинов И. Г., Ишкинин Р. Э., Гарипов И. И. Противоспаечные способы обработки брюшной полости. Новая наука: проблемы и перспективы. 2016; (4–2): 30–33.
15. Литвинов Р. И. Молекулярные механизмы и клиническое значение фибринолиза. Казанский медицинский журнал. 2013; 94(5): 711–718.
16. Овечкин А. М. Клиническая фармакология местных анестетиков: классические представления и новые перспективы применения в интенсивной терапии. Регионарная анестезия и лечение острой боли Том VII № 3 2013; 6–15.
17. Осомбаев М. Ш., Жакипбеков С. Т., Джекшенов М. Д. Спаечная болезнь брюшной полости (обзор литературы). Вестник Кыргызско-Российского славянского университета. 2016; 16: 3: 78–80.
18. Самарцев В. А., Кузнецова М. В., Гаврилов В. А., Кузнецова М. П., Паршаков А. А. Противоспаечные барьеры в абдоминальной хирургии: современное состояние проблемы. Пермский медицинский журнал 2017; 34 (2): 87–93.
19. Сидоренко В. Н., Хартанович Т. А. К вопросу о патогенезе и профилактике спаечного процесса органов брюшной полости при оперативных вмешательствах. Военная медицина. 2011; 1: 140–144.
20. Тихомиров А. Л., Манухин И. Б., Казенашев В. В., Манухина Е. И., Юдина Т. А. Профилактика спаечного процесса и его осложнений в оперативной гинекологии. Российский вестник акушера-гинеколога 5, 2016: 100–105.
21. Филенко Б. П., Земляной В. П., Борсак И. И., Иванов А. С. Спаечная болезнь: профилактика и лечение. СПб.: СЗГМУ им. ИИ Мечникова. 2013; 171.
22. Arung W., Meurisse M., Detry O. Pathophysiology and prevention of postoperative peritoneal adhesions. World J Gastroenterol 2011; 41 (17): 4545–4553.
23. Beck D. E., Cohen Z., Fleshman J. W., Kaufman H. S., van Goor H., Wolff B. G. A prospective, randomized, multicenter, controlled study of the safety of Seprafilm adhesion barrier in abdominopelvic surgery of the intestine. Dis Colon Rectum 2003; 46: 1310–1319.
24. Blumental S., Borgeat A., Pasch T. Ropivacaine decreases inflammation in experimental endotoxin-induced lung injury. Anesthesiology. 2006; 104: 961–969.
25. Brochhausen C. Current strategies and future perspectives for intraperitoneal adhesion prevention. J Gastrointest Surg. 2012; 16: 1256–1274.
26. Brown C. B., Luciano A. A., Martin D., Peers E., Scrimgeour A., diZerega G. S. Adept (icodextrin 4% solution) reduces adhesions after laparoscopic surgery for adhesiolysis: a doubleblind, randomized, controlled study. Fertil Steril 2007; 88: 1413–1426.
27. Buckman R. F., Woods M., Sargent L., Gervin A. S. A unifying pathogenetic mechanism in the etiology of intraperitoneal adhesions. J Surg Res 1976; 20: 1: 1–5.
28. Bukata V., Chornomydz A. Prevention of peritoneal adhesions: from surgery to pharmacology. Norwegian Journal of development of the International Science. 2019; 29: 34–40.
29. Cassuto J., Sinclair R., Bonderovic M. Anti-inflammatory properties of local anesthetics and their present and potential clinical implications. Acta Anaesth. Scand. 2006; 50: 265–282.
30. Coccolini F., Ansaloni L., Manfredi R. et al. Peritoneal adhesion index (PAI): proposal of a score for the “ignored iceberg” of medicine and surgery. World J. Emerg. Surg. 2013; 8(1); [Электронный ресурс]. URL: <https://wjeb.biomedcentral.com/articles/10.1186/1749-7922-8-6>
31. Coleman M. G., Mc Lain A. D., Moran A. B. Impact of previous surgery on time taken for incisions and division of adhesions during laparotomy. Dis. Colon. Rectum. 2000; 43: 1297–1299.
32. Corrales F, Corrales M, Schirmer CC. Pre-venting intraperitoneal adhesions with vitamin E and sodium hyaluronate/carboxymethylcellulose: a comparative study in rats. Acta Cir Bras. 2008; 23: 36–41.
33. de la Portilla F, Ynfante I, Bejarano D, Conde J, Fernández A, Ortega JM, Carranza G. Prevention of peritoneal adhesions by intraperitoneal administration of vitamin E: an experimental study in rats. Dis Colon Rectum. 2004; 47: 2157–2161.
34. Demir Weusten A. Y., Groothuis P. G., Dunselman G. A., de Goeij A. F., Arends J. W., Evers J. L. Morphological changes in mesothelial cells induced by shed menstrual endometrium in vitro are not primarily due to apoptosis or necrosis. Hum Reprod. 2000; 15: 1462–1468.
35. Dinc S, Ozaslan C, Kuru B, Karaca S, Ustun H, Alagol H, Renda N, Oz M. Methylene blue prevents surgery-induced peritoneal adhesions but impairs the early phase of anastomotic wound healing. Can J Surg. 2006; 49: 321–328.
36. Dubuisson J., Botchorishvili R., Perrette S., Bourdel N., Jardon K., Rabischong B., Canis M., Mage G. Incidence of intraabdominal adhesions in a continuous series of 1000 laparoscopic procedures. Am. J. Obstet. Gynecol. 2010; 203(2); 111.e1–111.e3.

37. Gonzalez-Quintero VH, Cruz-Pachano FE. Preventing adhesions in obstetric and gynecologic surgical procedures. *Rev Obst Gyn.* 2009; 2:1:38–45.
38. Guvenal T, Cetin A., Ozdemir H., Yanar O., Kaya T. Prevention of postoperative adhesion formation in rat uterine horn model by nimesulide: a selective COX2 inhibitor. *Hum Reprod* 2001; 16: 1732–1735.
39. Heuer G. J., Miller R. T., Matas R. In memoriam William Steward Halsted: 1852–1922. *Arch Surg* 1925; 10: 293–305.
40. Hodgkin T. Lectures on the morbid anatomy of the serous and mucous membranes. London: Simpkin Marshall and Co, 1836; 141.
41. Hollmann M., Durieux M. Local anesthetics and the inflammatory response: a new therapeutic indication? *Anesthesiology.* 2000; 93: 858–875.
42. Howell N., Senanayake E., Freemantle N., Pagano D. Putting the record straight on aprotinin as safe and effective: results from a mixed treatment meta-analysis of trials of aprotinin. *J. Thorac. Cardiovasc. Surg.* 2013; 145: 234–240.
43. Imudia A. N., Kumar S., Saed G. M., Diamond M. P. Pathogenesis of Intra-abdominal and pelvic adhesion development. *Semin. Reprod. Med.* 2008; 26 (4): 289–297.
44. Kirdak T., Uysal E., Korun N. Assessment of effectiveness of different doses of methylprednisolone on intraabdominal adhesion prevention. *Ulus Travma Acil Cerrahi Derg* 2008; 14: 188–191.
45. Lee YCG, Teixeira LR, Devin CJ. Transforming growth factor- $\beta$ 2 induces pleurodesis significantly faster than talc. *Am J Respir Crit Care Med.* 2001; 163: 640–644.
46. Liakakos T., Thomakos N., Fine P. M., Dervenis C., Young R. L. Peritoneal adhesions: etiology, pathophysiology, and clinical significance. *Recent advances in prevention and management.* *Dig Surg* 2001; 18: 260–273.
47. Mahdy T., Mohamed G., Elhawary A. Effect of methylene blue on intra-abdominal adhesion formation in rats. *Int J Surg.* 2008; 6: 452–455.
48. Marinelli S., Vacca V., Ricordi R. et al. The analgesic effect on neuropathic pain of retrogradely transported botulinum neurotoxin A involves Schwann cells and astrocytes. *PLoS One.* 2012; 7(10): e47977.
49. Molinas C. R., Mynbaev O., Pauwels A., Novak P., Koninckx P. R. Peritoneal mesothelial hypoxia during pneumoperitoneum is a cofactor in adhesion formation in a laparoscopic mouse model. *Fertil Steril* 2001; 76: 560–567.
50. Nappi C., Di Spiezio Sardo A., Greco E., Guida M., Bettocchi S., Bifulco G. Prevention of adhesions in gynaecological endoscopy. *Hum Reprod Update* 2007; 13: 379–394.
51. Ordoez J. L., Dominguez J., Evrard V., Koninckx P. R. The effect of training and duration of surgery on adhesion formation in the rabbit model. *Hum Reprod* 1997; 12: 2654–2657.
52. Rokitansky C. A. Manual of pathological anatomy The abdominal viscera. London: Sydenham Society, 1849; 39.
53. Rout U. K., Diamond M. P. Role of plasminogen activators during healing after uterine serosal lesioning in the rat. *Fertil Steril* 2003; 79: 138–145.
54. Sanfilippo J. S., Booth R. J., Burns C. D. Effect of vitamin E on adhesion formation. *J Reprod Med.* 1995; 40: 278–282.
55. Seriau L., Lauretta A., Infantino A. Abdominal Adhesions: From formation to prevention. *Soc Ital Chir ColoRettale.* 2013; 35: 289–300.
56. Schipper E, Valle RF, Nezhat C. Intrauterine adhesions: hysteroscopic evaluation and treatment. Website: [http://laparoscopy.blogs.com/prevention \\_ management\\_3/2010/11](http://laparoscopy.blogs.com/prevention_management_3/2010/11)
57. Singh N. K., Gupta A., Behera D. R., Dash D. Elevated plasminogen activator inhibitor type-1 (PAI-1) as contributing factor in pathogenesis of hypercoagulable state in antiphospholipid syndrome. *Rheumatol. Int.* 2013; 33: 2331–2336.
58. Sortini D, Feo CV, Maravegias K. Role of peritoneal lavage in adhesion formation and survival rate in rats: an experimental study. *J Invest Surg.* 2006; 19: 291–297.
59. Topal E., Ozturk E., Sen G., Yerci O., Yilmazlar T. A comparison of three fibrinolytic agents in prevention of intraabdominal adhesions. *Acta Chir Belg* 2010; 110: 71–75.
60. Viana Ade T., Daud F. V., Bonizzia A., Barros P. H., Gouvka E. S. Comparative study between parietal peritoneum suture and nonsuture in midline laparotomies in rats. *Acta Cir Bras* 2008; 23: 348–351.
61. Whitfield R. R., Stills H. F., Huls H. R., Crouch J. M., Hurd W. W. Effects of peritoneal closure and suture material on adhesion formation in a rabbit model. *Am J Obstet Gynecol* 2007; 197: 644.e1644.e5, 1–3.
62. Yesildaglar N., Koninckx P. R. Adhesion formation in intubated rabbits increases with high insufflation pressure during endoscopic surgery. *Hum Reprod* 2000; 15: 687–691.

© Магомедов Мухума Магомедович ( [muxuma@mail.ru](mailto:muxuma@mail.ru) ), Иманалиев Магомед Расулович, Магомедов Магомед Арсенович.

Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»

## ПОИСК НОВЫХ МАРКЕРОВ РАЗВИТИЯ КАРДИОМИОПАТИИ, КАК ПУТЬ К РЕШЕНИЮ ОДНОЙ ИЗ МЕДИКО-СОЦИАЛЬНЫХ ПРОБЛЕМ

### SEARCHING FOR NEW MARKERS OF THE DEVELOPMENT OF CARDIOMYOPATHY AS A WAY TO SOLVING ONE OF MEDICAL AND SOCIAL PROBLEMS

**A. Pateyuk**  
**M. Maksimenya**  
**T. Karavaeva**  
**Yu. Bakalova**  
**M. Zhilyaeva**  
**P. Tereshkov**

*Summary.* One of the urgent problems of the modern world is the increase in patients with diabetes mellitus, leading to disability and death of people. Examination of 20 patients with type 1 diabetes mellitus without complications and 20 patients with diabetic cardiomyopathy was carried out. In the blood by HPLC, the concentrations of malondialdehyde (MDA), glyoxal (Go), methylglyoxal (MGo), glutathione (GSH) were determined; by ELISA the level of cytokines (IL-1 $\beta$ , IL-6, IL-10, IL-17, TNF- $\alpha$ ) was assessed. In the presence of cardiomyopathy in persons of this category, the serum levels of glyoxal, methylglyoxal, interleukin-6, interleukin-10 and tumor necrosis factor - $\alpha$  are increased in the blood serum relative to individuals with diabetes without complications, and the values of free glutathione are decreased. These parameters can probably be used as diagnostic markers of heart damage in patients with type 1 diabetes mellitus.

*Keywords:* medical and social problem, type 1 diabetes mellitus, cardiomyopathy, oxidative stress, cytokines.

**Патейук Андрей Владимирович**

*Д.м.н., профессор, Забайкальский государственный университет, г. Чита*  
*pateykand@yandex.ru*

**Максименя Мария Владимировна**

*К.б.н., с.н.с., НИИ Молекулярной Медицины; ассистент, Читинская государственная медицинская академия Минздрава России, г. Чита*

**Каравеева Татьяна Михайловна**

*К.м.н., с.н.с., НИИ Молекулярной Медицины, доцент, Читинская государственная медицинская академия Минздрава России, г. Чита*

**Бакалова Юлия Валерьевна**

*Ассистент, Читинская государственная медицинская академия Минздрава России, г. Чита*

**Жилеева Марианна Сергеевна**

*К.псх.н., доцент, Забайкальский государственный университет, г. Чита*

**Терешков Павел Петрович**

*К.м.н., НИИ Молекулярной Медицины; Читинская государственная медицинская академия Минздрава России, г. Чита*

*Аннотация.* Одной из актуальных проблем современного мира является увеличение больных сахарным диабетом, приводящим к инвалидизации людей и их смерти. Проведено обследование 20 больных сахарным диабетом 1 типа без осложнений и 20 пациентов с наличием диабетической кардиомиопатии. В крови методом ВЭЖХ определены концентрации малонового диальдегида (MDA), глиоксаля (Go), метилглиоксаля (MGo), глутатиона (GSH); методом ИФА оценён уровень цитокинов (IL-1 $\beta$ , IL-6, IL-10, IL-17, TNF- $\alpha$ ). При наличии кардиомиопатии у лиц данной категории в сыворотке крови повышен уровень глиоксаля, метилглиоксаля, величины интерлейкина-6, интерлейкина-10 и фактора некроза опухолей - $\alpha$  относительно лиц с сахарным диабетом без осложнений, а значения свободного глутатиона — понижены. Данные параметры, вероятно, можно использовать в качестве диагностических маркеров поражения сердца у больных сахарным диабетом 1 типа.

*Ключевые слова:* медико-социальная проблема, сахарный диабет 1 типа, кардиомиопатия окислительный стресс, цитокины.

### Введение

**С**ахарный диабет (СД) — сложное хроническое заболевание, приводящее к развитию тяжелых инвалидизирующих осложнений, являющееся глобальной медико-социальной проблемой. Данные Международной федерации диабета (IDF) показывают,

что в мире около 415 миллионов человек живут с диабетом, а показатель распространенности составляет 8,8 [17]. По прогнозам экспертов Всемирной организации здравоохранения (ВОЗ) к 2040 г. уже более 640 миллионов человек будут страдать сахарным диабетом. На сегодняшний день число пациентов увеличивается на 2–5% в год и в Финляндии, стране с самой высокой

заболеваемостью диабетом 1 типа, и в Китае — стране с самой низкой заболеваемостью диабетом 1 типа [17]. Сахарный диабет (СД), убивая около 4 миллионов человек во всем мире каждый год, считается одной из 10 основных причин смерти. Ежегодно более 600 тыс. больных СД полностью теряют зрение, более 1 млн. пациентов подвергаются ампутации нижних конечностей, приблизительно у 500 тыс. больных развивается терминальная стадия хронической почечной недостаточности, лечение которой невозможно без использования высокотехнологичных и дорогостоящих методов. Кроме того, СД диабет является одним из основных факторов риска развития сердечнососудистых заболеваний [13]. В резолюции ООН подчёркивается, что проблема СД вышла за рамки сугубо медицинской и приобрела медико-социальную направленность и требует серьёзных научных, этических и экономических решений. В настоящее время для усовершенствования диабетологической помощи в большинстве стран осуществляются национальные программы, предусматривающие мероприятия по профилактике осложнений, ранней диагностике заболевания и своевременному лечению, а также по комплексной медико-социальной поддержке пациентов [1].

Так, в России, благодаря реализации федеральной целевой программы «Сахарный диабет», в период с 1996 по 2006 гг. произошло снижение смертности среди больных СД на 8,4%, увеличение средней продолжительности жизни более чем на 3 года, уменьшилась частота развития ретинопатии на 13%, нефропатии — на 10,6%. Однако многие проблемы, касающиеся разработки научно обоснованных методов профилактики осложнений этой патологии, технологий по работе с инвалидами по зрению [1] и организации диабетологической помощи, остаются далеко не решенными [3, 12].

Существующая тесная связь между хронической гипергликемией и окислительным стрессом, воспалением, развитием осложнений сахарного диабета [7, 10], явилась основной для проведения данного исследования.

Диабет 1 типа является фактором риска ишемической болезни сердца и инсульта [13]. Около 80% смертей, связанных с диабетом, вызваны сердечно-сосудистыми заболеваниями [15]. Уже выявлено, что такие метаболические изменения, как гипергликемия, усиление метаболизма жирных кислот в совокупности способствуют формированию и прогрессированию диабетической кардиомиопатии [20]. Несмотря на признанное влияние вышеупомянутых факторов, значение окислительного стресса в сочетании с эффектами иммунных медиаторов, также играющих важную роль в развитии биохимических и структурных изменений кардиомиоцитов, [16] изучено не полностью.

Целью данной работы явилось изучение параметров системы «перекисное окисление липидов — антиоксиданты», цитокинового профиля у пациентов с СД 1 типа с осложненным и неосложненным течением.

## Материалы и методы

Было проведено изучение окислительного и цитокинового статуса у 40 мужчин с диагнозом СД 1 типа и стажем заболевания от 3-х до 15 лет в возрасте от 25 до 40 лет. От всех пациентов было получено добровольное информированное согласие на проводимое исследование. В работе соблюдались этические принципы, предъявляемые Хельсинской Декларацией Всемирной Медицинской Ассоциации (World Medical Association Declaration of Helsinki 1964, 2013 — поправки), исследование одобрено локальным этическим комитетом ФГБОУ ВО «Читинская государственная медицинская академия» Минздрава России.

Пациенты были разделены на 2 группы: в первую вошли 20 человек с СД 1 типа без осложнений, во вторую — 20 пациентов с наличием диабетической кардиомиопатии (КМП). Диагноз СД 1 типа подтверждался с использованием диагностических критериев сахарного диабета (ВОЗ, 1999–2013), наличие кардиомиопатии устанавливалось путём оценки параметров ЭхоКГ, магнитнорезонансной томографии сердца с контрастированием, позитронно-эмиссионной томографии и коронароангиографии. При проведении ЭхоКГ оценивались структурные и функциональные изменения в виде гипертрофии и диастолической дисфункции левого желудочка.

Всем больным, участвующим в исследовании, проводилось общеклиническое обследование, включающее подробный сбор жалоб и анамнеза, физикальное исследование (измерение ЧСС, АД, измерение антропометрических данных), комплексное лабораторное обследование (общие анализы крови, мочи), инструментальное обследование (стандартная ЭКГ, эхокардиография с определением параметров трансмитрального кровотока). Ультразвуковое исследование сердца проводилось на аппаратах «Acuson SC 2000» и «Vivid E9» (США) по стандартной методике. Измерения проводились в шести последовательных циклах с последующим усреднением полученных данных.

Электрокардиографическое исследование у пациентов с КМП выявило синусовую тахикардию в 100% случаев, синдром ранней реполяризации желудочков в 94,4% и признаки гипертрофии ЛЖ в 83,3%. Все пациенты на момент обследования получали интенсифицированную инсулинотерапию, статины (аторвастатин 20 мг или розувастатин 10 мг), ингибиторы ангиотензин-превраща-

щающего фермента (периндоприл, рамиприл) или сартаны (лозартан, валсартан, телмисартан).

В контрольную группу были включены 26 здоровых мужчины, соответствующего возраста. У всех обследуемых, включая контрольную группу, проводилось одномоментное определение биохимических параметров крови, отражающих окислительный и цитокиновый статус.

В плазме крови методом ВЭЖХ определяли концентрации малонового диальдегида (MDA), глиоксаля (Go) и метилглиоксаля (MGo) [6], в эритроцитах оценивали уровень глутатиона ((GSHtotal (свободный + восстановленный из дисульфидов), GSH (свободный), GSSG (окисленный)), рассчитывали их соотношение [5]. Для выполнения исследований использовали спектрофотометрический детектор SPD-20A Prominence («Shimadzu», Япония), насос высокого давления LC-20AT Prominence («Shimadzu», Япония), ручной инжектор 7725i Rheodyne (США) с петлей на 100 мкл, компьютерную хроматографическую программу «Мультихром», версия 3,2 («Амперсанд», Москва).

В сыворотке крови методом ИФА определяли концентрацию цитокинов (IL-1 $\beta$ , IL-6, IL-10, IL-17, TNF- $\alpha$ ) с использованием наборов реагентов фирмы «Вектор-Бест», Россия г. Новосибирск

Статистическая обработка результатов исследования проводилась в программе SPSS Statistics 21.0. Для анализа данных использовали непараметрические методы статистики. Проводилось вычисление критерия Крускала-Уоллиса для количественных признаков, при выявлении различий проводили попарное сравнение групп с помощью критерия Манна-Уитни. Результаты представлены в виде медианы (Me), нижнего и верхнего квартилей. Статистически значимыми считали различия при  $p < 0,05$ .

## Результаты исследования

Гипоксия тканей, возникающая при сахарном диабете вследствие гликирования гемоглобина, является основным фактором, способствующим повышенному образованию активных форм кислорода, участвующих в разрушении липидных и других органических структур клеток. В результате процессов перекисного окисления липидов (ПОЛ) образуются различные цитотоксичные соединения, прежде всего альдегиды, в том числе малоновый диальдегид.

Результаты проведенных исследований, показали, что уровень основного промежуточного продукта перекисного окисления липидов — малонового диальдегида

в плазме крови у больных СД и у лиц с диабетической КМП был выше контроля на 126,3% и 170,0% ( $p=0,001$ ) соответственно (табл. 1). Усиление активности ПОЛ играет существенную роль в повреждении эритроцитов, эндотелия сосудов и в формировании диабетических ангиопатий. При СД, из-за гликирования гемоглобина, нарушений микроциркуляции крови, клетки испытывают гипоксию и баланс процессов катаболизма глюкозы смещается в сторону анаэробного гликолиза, в итоге в цитозоле избыточно продуцируются такие токсичные соединения, как глиоксаль и метилглиоксаль [14, 19]. Кроме того, метилглиоксаль является побочным метаболитом катаболизма аминокислот, а глиоксаль — процесса перекисного окисления липидов. У пациентов с СД концентрации глиоксаля превышали контрольные на 85,0% ( $p=0,001$ ), а метилглиоксаля — на 92,5% ( $p=0,001$ ). У лиц с диабетической КМП уровень этих соединений был существенно выше и превышал таковые у больных СД без осложнений: глиоксаля — в 7,2 раза, метилглиоксаля — в 7,0 раза ( $p=0,001$ ). Данный факт является весьма неблагоприятным, поскольку альдегиды, вступают в неферментативные реакции с аминокислотами, в том числе и белков антиоксидантной системы, нуклеиновых кислот и других биополимеров (что называется гликированием), нарушая их конформацию и функционирование [18].

В клетках альдегиды могут быть инактивированы несколькими механизмами, в частности, работой глиоксалазной системы, где важную роль играет глутатион. Глутатион (GSH) — трипептид, участвующий в антирадикальной защите организма, как самостоятельно, так и в составе ферментов. В плазме концентрация глутатиона низкая (около 1,8 нг/мл), большая его масса находится в клетках и поэтому в эритроцитах его уровень на несколько порядков выше. В организме глутатион содержится в двух формах: окисленной (в виде дисульфидов (GSSG)) и восстановленной (или свободной), имеющей сульфгидрильную группу (GSH). Именно в восстановленном виде трипептид обладает антиоксидантной активностью. В нашем исследовании было выявлено, что уровень GSHfree у пациентов с СД был снижен на 23,3% ( $p=0,01$ ), а у лиц с диабетической КМП — на 42,0% ( $p=0,001$ ) относительно контроля. При наличии КМП у больных с СД содержание GSHfree в эритроцитах было на 24,4% ( $p=0,02$ ) меньше, чем при неосложненном СД. Коэффициент GSHfree/GSSG у лиц с СД также был ниже, чем в контроле в 1,7 раза ( $p=0,02$ ), в группе с диабетической КМП — в 2,4 раза ( $p=0,01$ ). Таки образом, полученные данные свидетельствуют об усугублении окислительного стресса у пациентов с СД 1 типа при наличии кардиомиопатии (табл. 1).

Примечание: n — количество обследованных лиц; p — значимость различий по сравнению с контролем

Таблица 1. Уровень параметров системы «ПОЛ-антиоксиданты» в компонентах крови больных СД без осложнений и при наличии диабетической кардиомиопатии

Показатель	Контроль (n=20)	Пациенты с диабетом (n=20)	Пациенты с диабетом и КМП (n=20)
Малоновый диальдегид MDA (нг/мл)	42,32 [32,32;53,81]	95,72 [81,17;111,24] p= 0,001	114,28 [89,19; 131,56] p = 0,001
Глиоксаль Go (нг/мл)	14,04 [12,49;17,01]	25,98 [23,66;28,44] p = 0,001	185,95 [165,15;206,40] p = 0,001 p1 = 0,001
Метилглиоксаль MGo (нг/мл)	20,68 [19,67;35,19]	39,81 [31,27; 48,86]	279,05 [185,07; 309,36] p = 0,001 p1 = 0,001
Свободный глутатион GSHfree (мкг/мл)	761,09 [732,19; 837,11]	583,42 [501,02; 724,69] p = 0,01	441,28 [362,43; 511,34] p = 0,001 p1 = 0,02
GSHfree/GSSG	20,09 [16,32; 24,18]	11,51 [9,23; 16,09] p = 0,02	8,33 [7,28; 10,17] p = 0,01

Таблица 2. Уровень цитокинов в сыворотке крови больных СД без осложнений и при наличии диабетической кардиомиопатии

Показатель	Контроль (n=20)	Пациенты с диабетом (n=20)	Пациенты с диабетом и КМП (n=20)
IL-1β, пг/мл	3,40 [2,46;4,00]	2,77 [2,27;3,47]	2,39 [1,97; 3,19]
IL-6, пг/мл	2,80 [2,49;3,01]	4,57 [3,82;5,10] p = 0,001	5,99 [5,11;6,49] p = 0,001 p1 = 0,03
IL-17, пг/мл	6,75 [4,84;10,1]	7,79 [5,27; 10,36]	7,03 [5,07; 9,38]
IL-10, пг/мл	0,85 [0,78; 0,99]	1,45 [0,87; 2,05] p = 0,002	1,79 [1,31; 2,56] p = 0,001 p1 = 0,035
TNF-α, пг/мл	6,32 [5,03; 7,54]	6,17 [5,08; 7,84]	8,28 [7,19; 8,84] p = 0,03 p1= 0,02

ной группой; p1 — значимость различий по сравнению с группой пациентов с сахарным диабетом без КМП.

Окислительный стресс — это нарушение баланса между прооксидантами и компонентами системы антиоксидантной защиты в сторону окислительных процессов, протекающих в организме [7]. Полученные результаты еще раз доказывают, что окислительный стресс (накопление большого количества продуктов ПОЛ, снижение концентрации глутатиона) служит важным звеном патогенеза развития ангиопатий и заболеваний сердца при сахарном диабете 1 типа.

Наличие взаимосвязей между развитием сердечной недостаточности и цитокиновым статусом продемонстрировано в ряде работ [9]. Существенную роль

в патогенезе хронической сердечной недостаточности, отводят вазопрессорным провоспалительным цитокинам, к которым относят, в том числе, ФНО-α, IL-1α, IL-6 [2]. По мнению исследователей, влияние провоспалительных цитокинов на течение сердечной недостаточности складывается из таких ключевых составляющих как, отрицательное инотропное действие, ремоделирование сердца, усиление процесса апоптоза кардиомиоцитов, нарушение эндотелий-зависимой дилатации артериол и гибель периферических миоцитов [8]. Высокое содержание ФНО-α, относящегося к первичным медиаторам воспаления, вызывает активацию изоформ синтетазы оксида азота [8], что в свою очередь приводит к развитию оксидативного стресса в кардиомиоцитах [11]. С другой стороны, считается, что вызванный гипергликемией окислительный стресс, повышает уровень про-

воспалительных цитокинов, что приводит к местному и системному воспалению [17].

При исследовании уровня цитокинов нами было выявлено, что у лиц с СД значения IL-6 на 63,2% ( $p=0,001$ ) и IL-10 на 70,6% ( $p=0,001$ ) были выше контроля (табл. 2). У пациентов с СД и диабетической КМП эти же показатели были увеличены по сравнению с контрольными на 113,9 ( $p=0,001$ ) и 110,6% ( $p=0,001$ ), а также по сравнению с показателями группы лиц с СД без осложнений на 31,1 ( $p=0,03$ ) и 23,4% ( $p=0,035$ ) соответственно. Кроме того, у пациентов с диабетической КМП выше контрольных на 31,0 ( $p=0,03$ ) и выше таковых в группе без осложнений на 34,2 ( $p=0,02$ ) регистрировался уровень ФНО- $\alpha$ .

Примечание:  $n$  — количество обследованных лиц;  $p$  — значимость различий по сравнению с контрольной группой;  $p_1$  — значимость различий по сравнению с группой пациентов с сахарным диабетом без КМП.

## Заключение

Хроническое воспаление вызывает клеточные побочные эффекты главным образом за счет непрерывного и чрезмерного производства свободных радикалов и истощения антиоксидантов [17]. АФК также усиливают воспаление, активируя определенные стресс-киназы. АФК могут растормаживать факторы транскрипции, такие как ядерный фактор-каппа В (NF- $\kappa$ B) и активатор-белок-1 (AP-1), что стимулирует синтез провоспалительных цитокинов. Сложные взаимодействия между окислительным стрессом и воспалительными путями включают механизмы взаимного усиления (положительная обратная связь или «порочный круг»). Следовательно, было бы разумным предположить, что подавление окислительного стресса и синтеза воспалительных цитокинов может оказаться перспективной стратегией для лечения диабета и профилактики его осложнений.

Безусловно, изучение молекулярных механизмов окислительного стресса и воспаления при сосудистых поражениях на фоне сахарного диабета должно помочь в разработке новых диагностических маркеров прогнозирования развития и прогрессирования сосудистых осложнений у больных сахарным диабетом 1 типа, а также может решить проблему патогенетически обоснованной профилактики и терапии ангиопатий [14].

Поскольку больные сахарным диабетом, как правило, не имеют клинических признаков поражения сердечно-сосудистой системы, это приводит к поздней диагностике осложнений [4].

Исходя из полученных данных у пациентов с сахарным диабетом 1 типа целесообразно оценивать уровень глиоксаля, метилглиоксаля, свободного глутатиона, концентрации интерлейкина-6, интерлейкина-10 и фактора некроза опухолей  $\alpha$  в сыворотке крови, так как значительное отклонение данных показателей от нормы может послужить поводом для назначения эхокардиографического исследования у этих больных с целью ранней диагностики кардиомиопатии (диастолической дисфункции левого желудочка) и определения типа патологического ремоделирования левого желудочка, своевременного назначения патогенетически обоснованного лечения при данном осложнении.

## Выводы

1. У больных сахарным диабетом 1 типа при наличии кардиомиопатии в крови увеличивается концентрация глиоксаля, метилглиоксаля, уменьшается уровень свободного глутатиона, относительно здоровых и лиц, страдающих этим заболеванием без кардиомиопатии.
2. Формирование кардиомиопатии у пациентов с СД 1 типа сопровождается ростом сывороточной концентрации интерлейкина-6, интерлейкина-10 и фактора некроза опухолей  $\alpha$ .

## ЛИТЕРАТУРА

1. Буянова В. В. Исследование технологий используемых в работе с инвалидами по зрению в Забайкальском крае / В. В. Буянова, А. В. Патеюк // Состояние здоровья: Медицинские, социальные и психологические аспекты, Чита, 2016. — С. 597–604.
2. Говорин А. В. Некоронарогенные поражения миокарда / А. В. Говорин // Новосибирск: Наука. 2014. — 448 с.
3. Дедов И. И. Государственный регистр сахарного диабета в Российской Федерации: статус 2014 г. и перспективы развития / И. И. Дедов, М. В. Шестакова, О. К. Викулова // Сахарный диабет. 2015, — № 18 (3). — С. 5–23.
4. Изменение внутрисердечной гемодинамики у больных сахарным диабетом 1 типа / В. И. Просняк, О. В. Серебрякова, Ю. В. Бакалова [и др.] // Забайкальский медицинский вестник, 2018, — № 2. — С. 48–54.
5. Простой ВЭЖХ-анализ глутатиона в эритроцитах / А. А. Дутов, Д. А. Никитин, П. П. Терешков и др. // Вопросы биологической, медицинской и фармацевтической химии, 2015, — № 6. — С. 12–15.
6. Простой ВЭЖХ метод анализа метилглиоксаля и глиоксаля в плазме / А. А. Дутов, Д. А. Никитин, А. В. Ермолина и др // European Journal of Analytical and Applied Chemistry, 2017, — № 1. — С. 14–20.

7. Окислительный стресс в патогенезе сахарного диабета 1 типа: роль ксантинооксидазы адипоцитов / В. В. Иванов, Е. В. Шахристова, Е. А. Степовая и др. // Бюллетень сибирской медицины, 2017, — № 16 (4). — С. 134–143.
8. Фактор некроза опухоли  $\alpha$  — маркер системного воспаления у пациентов с сердечной недостаточностью / Е. В. Хазова, О. В. Булашова, В. Н. Ослопов и др. // Практическая медицина, 2017, — 2(103). — С. 24–27.
9. Цитокиновый статус у больных диабетической кардиомиопатией / О. В. Серебрякова, Ю. В. Бакалова, Д. М. Серкин и др. // Журнал научных статей «Здоровье и образование в XXI веке», 2017, — № 1. — С. 54–60.
10. Шемякина Н. А. К вопросу диагностики диабетической макроангиопатии нижних конечностей у пациентов с сахарным диабетом 2-го типа и способы коррекции выявленных нарушений / Н. А. Шемякина, Е. В. Намоконов, М. А. Даренская // Acta Biomedica Scientifica, 2017, — 2(6). — С. 167–171.
11. Шишкин А. Н. Сахарный диабет как глобальная медико-социальная проблема / А. Н. Шишкин, И. Ю. Пчелин // Здоровье — основа человеческого потенциала: проблемы и пути их решения, 2010. — № 1. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/saharnyy-diabetkak-globalnaya-mediko-sotsialnaya-problema> (дата обращения: 17.06.2020).
12. Шляхто, Е. В. Молекулярные и генетические аспекты сердечной недостаточности при сахарном диабете / Е. В. Шляхто // Вестник Российской академии медицинских наук, 2012, — № 1. — С. 31–37.
13. Щербак Е. Н. Роль провоспалительных цитокинов интерлейкина-1 (ИЛ-1), фактора некроза опухоли альфа (ФНО- $\alpha$ ) и интерлейкина-6 (ИЛ-6) в патогенезе диабетической ангиопатии / Е. Н. Щербак // Наука и современность, 2011, — № 3. — С. 191–194.
14. Brownlee M. Biochemistry and molecular cell biology of diabetic complications / M. Brownlee // Nature, 2001. — № 414. — P. 813–820.
15. Ding H. Endothelial cell dysfunction and the vascular complications associated with type 2 diabetes: assessing the health of the endothelium / H. Ding, C. R. Triggle // Vasc Health Risk Manag., 2005. № 1. — P. 55–71.
16. Funk S. D., Yurdagul A. Jr., Orr A. W. Hyperglycemia and endothelial dysfunction in atherosclerosis: lessons from type 1 diabetes / S. D. Funk, A. Jr Yurdagul, A. W. Orr // Int J Vasc Med., 2012. — P. 569–654.
17. Oguntibeju O. O. Type 2 diabetes mellitus, oxidative stress and inflammation: examining the links / O. O. Oguntibeju // Int J Physiol Pathophysiol Pharmacol., 2019, — № 11 (3). — P. 45–63.
18. Pun P. B. A mitochondria-targeted mass spectrometry probe to detect glyoxals: implications for diabetes / P. B. Pun, A. Logan, V. Darley-Usmar et al. // Free Radic Biol Med., 2014, — № 67 (100). — P. 437–450.
19. Rabbani N. Glyoxalase in diabetes, obesity and related disorders / N. Rabbani, P. J. Thornalley // Semin. Cell Dev. Biol., 2011, — № 22. — P. 309–317.
20. Varga Z. V. Pacher P. Interplay of oxidative, nitrosative/nitrative stress, inflammation, cell death and autophagy in diabetic cardiomyopathy / Z. V. Varga, Z. Giricz, L. Liaudet et al. // Biochim. Biophys. Acta., 2015, — № 1852. — P. 232–42.

---

© Патеюк Андрей Владимирович (pateykand@yandex.ru), Максименя Мария Владимировна,  
Караваева Татьяна Михайловна, Бакалова Юлия Валерьевна,  
Жилиева Марианна Сергеевна, Терешков Павел Петрович.  
Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»

# КЛИНИКО-АМНЕСТИЧЕСКИЕ И СТРУКТУРНО-ФУНКЦИОНАЛЬНЫЕ ПОКАЗАТЕЛИ У БОЛЬНЫХ САХАРНЫМ ДИАБЕТОМ 2 ТИПА С НАЛИЧИЕМ НЕЙРОДЕГЕНЕРАТИВНЫХ ИЗМЕНЕНИЙ СЕТЧАТКИ

## CLINICAL, AMNESTIC AND MORPHOFUNCTIONAL PARAMETERS IN PATIENTS WITH TYPE 2 DIABETES MELLITUS WITH NEURODEGENERATION OF RETINA

**M. Ruchkin  
E. Makarevich  
E. Markelova  
G. Fedyashev**

**Summary.** In this study we have included 40 patients with confirmed diagnosis of diabetes mellitus type 2 (main group) and 30 healthy volunteers (control group). All patients have been examined with optic coherence tomography RTVue-100 («Optovue», USA) and microperimetry «MAIA» (CenterVue, Italy).

Analyze result of microperimetry we have revealed reliable ( $p=0,001$ ) decrease of average sensitivity of retina in patients of the main group. Analyze results of OCT we have revealed reliable ( $p=0,01$ ) difference in focal loss volume, in main group. These changes haven't any dependence from clinical signs of diabetic retinopathy and this conclusion confirm that neurodegeneration begins earlier than vascular damage. In patients with diabetic neuropathy neurodegeneration of retina reveals more often.

**Keywords:** diabetes mellitus, diabetic retinopathy, neurodegeneration, microperimetry, optic coherence tomography.

**Ручкин Михаил Петрович**

Аспирант, ФГБОУ ВО «Тихоокеанский  
Государственный Медицинский Университет»  
Минздрава России (г. Владивосток)  
michaelr-n@mail.ru

**Макаревич Екатерина Сергеевна**

Ординатор, ФГБОУ ВО «Тихоокеанский  
Государственный Медицинский Университет»  
Минздрава России (г. Владивосток)  
katyuha-m@mail.ru

**Маркелова Елена Владимировна**

Д.м.н., профессор, ФГБОУ ВО «Тихоокеанский  
Государственный Медицинский Университет»  
Минздрава России (г. Владивосток)  
markev2010@mail.ru

**Федяшев Глеб Арнольдович**

Д.м.н., профессор, ФГБОУ ВО «Тихоокеанский  
Государственный Медицинский Университет»  
Минздрава России (г. Владивосток)  
fediashev@mail.ru

**Аннотация.** В исследование включены 40 пациентов с подтвержденным диагнозом сахарный диабет 2 типа (основная группа) и 30 практически здоровых добровольцев (контрольная группа). Всем исследуемым проведена оптическая когерентная томография (ОКТ) на аппарате RTVue-100 («Optovue», США) и микропериметрия на аппарате «MAIA» (CenterVue, Италия). При оценке результатов микропериметрии выявлено достоверное ( $p=0,001$ ) снижение средней светочувствительности сетчатки. Анализируя результаты ОКТ выявлена значимая ( $p=0,01$ ) увеличение объема фокальных потерь ганглиозных клеток сетчатки (FLV) у пациентов основной группы. Выявленные изменения не зависели от наличия клинических признаков диабетической ретинопатии, что подтверждает теорию о том, что нейродегенеративные процессы в сетчатке возникают раньше сосудистых. Пациенты с диагнозом диабетическая полинейропатия могут иметь более высокий риск развития нейродегенеративных процессов в сетчатке.

**Ключевые слова:** сахарный диабет, диабетическая ретинопатия, нейродегенерация, микропериметрия, оптическая когерентная томография.

## Введение

По обновленным данным международной федерации диабета в мире насчитывается 463 млн. больных сахарным диабетом (СД), предполагается, что к 2045 году эта цифра достигнет 700 млн. [9].

Общая численность пациентов с СД в России составляет более 4 млн., все они находятся в группе высокого риска развития серьезных осложнений, снижающих качество жизни [6]. Диабетическая ретинопатия (ДР) является одним из наиболее тяжелых осложнений СД, приводящим к необратимой потере зрения.

Длительное время ДР рассматривалась, как сосудистое осложнение СД, но в последнее время накапливается все больше данных о том, что ДР является комплексным заболеванием при котором нейродегенеративные процессы в сетчатке играют важную роль [9–10]. Нейродегенерация при ДР в первую очередь начинается с гибели ганглиозных клеток сетчатки и уменьшения толщины сетчатки [9–10,13]. Все это усугубляет течение ДР и ухудшает прогноз заболевания. В связи с этим остается актуальным вопрос поиска методов ранней диагностики нейродегенеративных изменений сетчатки у больных СД.

В современной офтальмологической практике для изучения структурных изменений сетчатки применяется оптическая когерентная томография (ОКТ). Данный метод позволяет измерить общую толщину сетчатки и толщину ее отдельных слоев. Существуют исследования, которые выявляли уменьшение этих параметров у пациентов с СД [1,4,6,11].

Функциональное состояние сетчатки может быть оценено при помощи психофизических методов исследования, к которым относится компьютерная микропериметрия, позволяющая определить чувствительность сетчатки в центральной зоне с одномоментным сопоставлением с картиной глазного дна [7]. Преимущества метода заключаются в том, что полученные результаты не зависят от движения глазного яблока и четко соответствуют исследуемой области. В настоящее время имеются единичные исследования об информативности этого метода в диагностике нейродегенерации сетчатки [2,3].

### Цель исследования

Изучить особенности клинико-анамнестических и структурно-функциональных показателей у больных сахарным диабетом 2 типа с нейродегенеративными изменениями сетчатки.

### Материал и методы

В исследование включены 40 пациентов, обратившихся в диагностическое отделение ООО «Приморский центр микрохирургии глаза», с подтвержденным у эндокринолога диагнозом сахарный диабет 2 типа (основная группа) и 30 практически здоровых добровольцев (контрольная группа). Основная группа была разделена на две подгруппы: в первую вошли пациенты без клинических признаков диабетической ретинопатии (20 человек), во вторую вошли пациенты с клиническими признаками непролиферативной диабетической ретинопатии (20 человек). Критериями исключения служили наличие диабетического макулярного отека, глаукомы, заболеваний макулярной области и зрительного нерва, непрозрачности оптических сред глаза. Участники ос-

новной и контрольной групп были сопоставимы по полу и возрасту. Средний возраст пациентов основной группы составил  $60,8 \pm 9,5$  года, мужчин 42,5%, женщин 57,5%. Средний возраст участников контрольной группы составил  $60,3 \pm 5,56$  года мужчин 40%, женщин 60%. Все пациенты основной группы получали терапию пероральными сахароснижающими препаратами, средний стаж СД составлял  $7,75 \pm 4,06$  года, уровень гликированного гемоглобина в среднем равнялся  $7,73 \pm 1,08\%$ .

Всем исследуемым проведено стандартное офтальмологическое обследование: визометрия, пневмотонометрия, биомикроскопия, офтальмоскопия в условиях медикаментозного мидриаза.

Функциональное состояние сетчатки оценивали при помощи компьютерной микропериметрии, используя аппарат «MAIA» (CenterVue, Италия). Применяли стратегию 4–2, при которой на макулярную область проецируются 37 стимулов с центром в точке фиксации (у всех пациентов она была стабильно фовеальной). Определяли среднюю световую чувствительность сетчатки, световую чувствительность в зоне фовеа, парафовеа и перифовеа, последние делились на 4 квадранта: верхний, нижний, носовой и височный. Единица измерения — децибел, дБ.

ОКТ сетчатки выполнялось с помощью аппарата RTVue-100 («Optovue», США). Карта общей толщины сетчатки, толщины ее внутренних и наружных слоев выполнялась при помощи протокола Retina Map и исследовалась в 9 зонах: фовеа (окружность диаметром 1 мм), парафовеа (окружность диаметром 3 мм), перифовеа (окружность диаметром 5 мм). Пара- и перифовеа делились на 4 квадранта: верхний, нижний, носовой и височный. Также при помощи протокола GCC определяли толщину комплекса ганглиозных клеток сетчатки (ГКС), объем фокальных (FLV) и глобальных (GLV) потерь ГКС.

Статистическая обработка результатов проводилась при помощи программы SPSS Statistics, версия 23. Показатели представлены как средняя арифметическая величина и ее стандартное отклонение ( $M \pm s$ ). Сравнение количественных показателей в несвязанных выборках выполнялось с использованием критерия Манна-Уитни, ранговый коэффициент Спирмена применяли для корреляционного анализа. Различия считались достоверными при  $p \leq 0,05$ .

Исследование одобрено локальным этическим комитетом ФГБОУ ВО «Тихоокеанский государственный медицинский университет» Минздрава России.

### Результаты и обсуждение

Анализ результатов микропериметрии показал, что величина средней световой чувствительности сетчатки

во всех группах была в пределах референтных значений. Однако у пациентов с СД 2 типа этот показатель оказался достоверно ниже ( $p=0,001$ ) и составил  $25,11\pm 1,14$  дБ в сравнении с контрольной группой, где он был равен  $27,28\pm 1,1$  дБ.

Результаты ОКТ не показали достоверно значимой разницы в общей толщине сетчатки между контрольной и основной группами. Отсутствовала достоверная разница в толщине комплекса ГКС и объеме их глобальных потерь (GLV), однако имелась значимая ( $p=0,01$ ) разница в объеме фокальных потерь ГКС (FLV). В основной группе этот показатель был больше ( $1,65\pm 1,23\%$ ), чем в контрольной ( $0,42\pm 0,66\%$ ). Последнее наблюдение подтверждает существующие данные о том, что процесс нейродегенерации сетчатки начинается с апоптоза ГКС.

Оценивая взаимосвязь данных микропериметрии и ОКТ, мы выявили отрицательную корреляцию между средней световой чувствительностью сетчатки и объемом фокальных потерь ГКС ( $r=-0,539$ ,  $p=0,01$ ). Это показывает связь между структурными и функциональными нарушениями.

Сравнивая пациентов основной группы с клиническими признаками ДР и пациентов той же группы, но без клинических признаков ДР мы не обнаружили достоверной разницы в морфофункциональном состоянии сетчатки. Данный факт подтверждает теорию о том, что нейродегенеративные изменения сетчатки при СД происходят независимо от сосудистых изменений и, возможно, имеют отдельный патогенез, что требует дальнейшего исследования.

Согласно исследованию Л.К. Мошетовой (2013г) показатель средней световой чувствительности  $\leq 25,8$  дБ является пороговым и может быть использован в ка-

честве диагностического критерия снижения функциональной активности сетчатки у пациентов с СД[3]. Используя этот параметр в своем исследовании, мы отметили, что в основной группе он был ниже порогового у 19 пациентов (47,5%). Распределение по полу в этой подгруппе пациентов было следующим: 8 мужчин (42,1%) и 11 женщин (57,9%), полученные гендерные отличия согласуются с общим составом основной группы. Средний возраст пациентов составил  $59,3\pm 8,9$  лет и статистически не отличался от возраста остальных участников основной группы ( $60,1\pm 9,3$  лет). Стаж диабета также достоверно не отличался и был равен  $7,2\pm 4,3$  и  $6,9\pm 4,1$  соответственно. Также, в отличии от других авторов, мы не увидели корреляции между уровнем гликированного гемоглобина и средней светочувствительностью сетчатки[2]. Однако изучая анамнестические данные этих пациентов было выявлено, что 12 больных (63,1%) находились на диспансерном учете у невролога с диагнозом диабетическая полинейропатия, в то время как среди остальных участников основной группы эта патология была выявлена у 3 пациентов (14,2%). Данный факт может косвенно подтверждать теорию о том, что процесс нейродегенерации сетчатки может быть одним из вариантов периферической полинейропатии и требует отдельного исследования[12].

## Заключение

По результатам исследования были выявлены структурные и функциональные изменения сетчатки у пациентов с СД 2 типа, связанные с процессом нейродегенерации, которые не зависели от наличия клинических признаков ДР. Пациенты с диагнозом диабетическая полинейропатия могут иметь более высокий риск развития нейродегенеративных процессов в сетчатке. Микропериметрия и ОКТ могут быть использованы для диагностики и мониторинга данного процесса.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Кулыбышева В. С., Ронзина И. А., Гамидов А. А. Нейродегенеративные изменения сетчатки у пациентов с сахарным диабетом. // Вестник офтальмологии. 2019. № 5. 31–37.
2. Кулыбышева В. С., Ронзина И. А., Гамидов А. А. Прединдикторы ранних изменений при сахарном диабете. // Офтальмология. 2020. № 17(1). С. 88–95.
3. Мошетова Л. К., Аржиматова Г. Ш., Комаров А. В. Микропериметрия при сахарном диабете 1-го типа. // Российская педиатрическая офтальмология. 2013. № 2. Р. 32–37.
4. Овсепян Т. Р., Казарян А. А., Шишкин М. М. Ранние морфологические и нейрофункциональные изменения сетчатки при сахарном диабете. // Российский офтальмологический журнал. 2015. № 4. С. 83–87.
5. Шестакова М. В., Викулова О. К., Железнякова А. В., Исаков М. А., Дедов И. И. Эпидемиология сахарного диабета в Российской Федерации: что изменилось за последнее десятилетие? // Терапевтический архив. 2019. № 10. С. 4–13.
6. Hegazy AI, Zedan RH, Macky TA, Esmat SM. Retinal ganglion cell complex changes using spectral domain optical coherence tomography in diabetic patients without retinopathy. // International Journal of Ophthalmology. 2017. № 10(3). P. 427–433.
7. Hirooka K, Misaki K, Nitta E, Ukegawa K, Sato S, Tsujikawa A. Comparison of macular integrity assessment (MAIA), MP-3, and the Humphrey field analyzer in the evaluation of the relationship between the structure and function of the macula. // PLoS ONE. 2016. № 11(3). e0151000.
8. International Diabetes Federation. Diabetes Atlas 2019. URL: <https://diabetesatlas.org/> (Accessed June 20, 2019).

9. Kadlubowska J, Malaguarnera L, Waz P, Zorena K. Neurodegeneration and neuroinflammation in diabetic retinopathy: potential approaches to delay neuronal loss. // *Current Neuropharmacology*. 2016. № 14(8). P. 831–839.
10. Simo R, Stitt AW, Gardner TW. Neurodegeneration in diabetic retinopathy: does it really matter? // *Diabetologia*. 2018. № 61(9). 1902–1912.
11. Srinivasan S, Deghani C, Pritchard N, Edwards K, Russel AW, Malik AR, Efron N. Corneal and retinal neuronal degeneration in early stages of diabetic retinopathy. // *Investigative Ophthalmology Visual Science*. 2017. № 58. P. 6365–6373.
12. Srinivasan S, Pritchard N, Samson G, Edwards K, Vagenas D, Russell A, Malik R, Efron N. Focal loss volume of ganglion cell complex in diabetic neuropathy. // *Clinical and Experimental Optometry*. 2016. № 99. P. 526–534.
13. Wolter JR. Diabetic retinopathy. // *American Journal of Ophthalmology*. 1961. № 51. P. 1123–1141.

© Ручкин Михаил Петрович ( michaelr-n@mail.ru ), Макаревич Екатерина Сергеевна ( katuha-m@mail.ru ),  
Маркелова Елена Владимировна ( markev2010@mail.ru ), Федяшев Глеб Арнольдович ( fediashev@mail.ru ).  
Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»



Г. Владивосток

## НАШИ АВТОРЫ    OUR AUTHORS

**Antonenko D.** — candidate of agricultural sciences, associate professor, Kuban State Agrarian University named after I.T. Trubilin (Krasnodar)  
dasha-slav@rambler.ru

**Bakalova Yu.** — Assistant, Chita State Medical Academy of the Ministry of Health of Russia, Chita

**Brechka D.** — cand. tech., associate Professor, The Siberian State Automobile and Highway University (Omsk)  
dbrechkawork@yandex.ru

**Brezhnev V.** — electronics engineer, LRNU LLC «Trancneft-Baltic»  
vladyslav.brezhnev@yandex.ru

**Budaichieva M.** — Dagestan State Medical University

**Budaichieva P.** — Dagestan State Medical University

**Chervinets V.** — MD, Professor, Tver State Medical University  
chervinets@mail.ru

**Chervinets Yu.** — MD, Professor, Tver State Medical University  
julia\_chervinec@mail.ru

**Dmitrieva E.** — Cand. biol. Sciences, Associate professor, Kursk State University  
sv-dmitr@yandex.ru

**Fedyashev G.** — PhD, Pacific State Medical University (Vladivostok)  
fediashev@mail.ru

**Garayeva S.** — Junior Researcher, Institute of Microbiology of ANAS, Baku  
azmbi@mail.ru

**Grigoryants E.** — Postgraduate student, Tver State Medical University  
lina.grigo@gmail.com

**Hizhalova Z.** — Dagestan State Medical University  
gasan.budaychiev005@mail.ru

**Igoshev M.** — Graduate student of Arzamas Polytechnic Institute (branch) FSBEI of Higher Education "Nizhny Novgorod State Technical University named after R.E. Alekseeva" (NSTU), Arzamas  
lazareva@apingtu.edu.ru

**Imanaliev M.** — doctor of medical sciences, professor, State Budget Educational Institution Dagestan State Medical Academy

**Karavaeva T.** — Candidate of Medical Sciences, Senior Researcher, Research Institute of Molecular Medicine; Associate Professor, Chita State Medical Academy of the Ministry of Health of Russia, Chita

**Kolchenko O.** — Postgraduate student, Donetsk National University  
daniaua411@gmail.com

**Kornienko V.** — Senior lecturer, Donetsk National University  
kornienkovo@mail.ru

**Kozlova E.** — Ph. D., associate Professor, Tver State Medical University  
eabelyaeva1@mail.ru

**Magomedov M.** — Assistant, State Budget Educational Institution Dagestan State Medical Academy

**Magomedov M.** — doctor of medical sciences, professor, State Budget Educational Institution Dagestan State Medical Academy  
muxuma@mail.ru

**Makarevich E.** — resident, Pacific State Medical University (Vladivostok)  
katyuha-m@mail.ru

**Maksimenya M.** — Ph.D., Senior Researcher, Research Institute of Molecular Medicine; Assistant, Chita State Medical Academy of the Ministry of Health of Russia, Chita

**Markelova E.** — PhD, Pacific State Medical University (Vladivostok)  
markev2010@mail.ru

**Medzhidova N.** — Dagestan State Medical University

**Melnik O.** — candidate of biological sciences, associate professor, Kuban State Agrarian University named after I.T. Trubilin (Krasnodar)  
melnik\_olga240781@mail.ru

**Meshkovskiy E.** — The postgraduate of the Peter the Great St. Petersburg Polytechnic University  
meshkovskii\_evge@mail.ru

**Nasukhin Sh.** —Ph. D., West Kazakhstan Marat Ospanov State Medical University, Kazakhstan, Aktobe  
shada63@mail.ru

**Nikiforenko Yu.** — Candidate of biological sciences, associate professor, Kuban State Agrarian University named after I.T. Trubilin (Krasnodar)  
petuh\_yulya@mail.ru

**Pateyuk A.** —Doctor of Medical Sciences, Professor, Trans-Baikal State University, Chita  
pateykand@yandex.ru

**Ruchkin M.** —PhD-student, Pacific State Medical University (Vladivostok)  
michaelr-n@mail.ru

**Rybak A.** —Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Far Eastern Law Institute of the Ministry of Internal Affairs of Russia  
Budaichiev G

**Stepanova E.** —Postgraduate student, Tver State Medical University  
s-emma@list.ru

**Tereshkov P.** —Ph.D., Research Institute of Molecular Medicine; Chita State Medical Academy of the Ministry of Health of Russia, Chita

**Urekeshov B.** —Ph. D., associate Professor, West Kazakhstan Marat Ospanov State Medical University, Kazakhstan, Aktobe  
bakhty64@mail.ru

**Veliyeva S.** —Dissertation (PhD) of the Institute of Microbiology of ANAS, Azerbaijan, Baku  
gshakir@mail.ru

**Yaitsky A.** —Senior lecturer, Samara State University of Social Sciences and Education  
yaitsky@pgsga.ru

**Zevalkina E.** —Lecturer, West Kazakhstan Marat Ospanov State Medical University, Kazakhstan, Aktobe  
ezevalkina@list.ru

**Zhanamanova R.** —Senior Lecturer, West Kazakhstan Marat Ospanov State Medical University, Kazakhstan, Aktobe  
roza.new.west@mail.ru

**Zhilyaeva M.** —PhD in Psychology, Associate Professor, Trans-Baikal State University, Chita

## Требования к оформлению статей, направляемых для публикации в журнале



Для публикации научных работ в выпусках серий научно-практического журнала «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики» принимаются статьи на русском языке. Статья должна соответствовать научным требованиям и общему направлению серии журнала, быть интересной достаточно широкому кругу российской и зарубежной научной общественности.

Материал, предлагаемый для публикации, должен быть оригинальным, не опубликованным ранее в других печатных изданиях, написан в контексте современной научной литературы, и содержать очевидный элемент создания нового знания. Представленные статьи проходят проверку в программе «Антиплагиат».

**За точность воспроизведения дат, имен, цитат, формул, цифр несет ответственность автор.**

Редакционная коллегия оста вляет за собой право на редактирование статей без изменения научного содержания авторского варианта.

Научно-практический журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики» проводит независимое (внутреннее) рецензирование.

### Правила оформления текста.

- ◆ Текст статьи набирается через 1,5 интервала в текстовом редакторе Word для Windows с расширением “.doc”, или “.rtf”, шрифт 14 Times New Roman.
- ◆ Перед заглавием статьи указывается шифр согласно универсальной десятичной классификации (УДК).
- ◆ Рисунки и таблицы в статью не вставляются, а даются отдельными файлами.
- ◆ Единицы измерения в статье следует выражать в Международной системе единиц (СИ).
- ◆ Все таблицы в тексте должны иметь названия и сквозную нумерацию. Сокращения слов в таблицах не допускаются.
- ◆ Литературные источники, использованные в статье, должны быть представлены общим списком в ее конце. Ссылки на упомянутую литературу в тексте обязательны и даются в квадратных скобках. Нумерация источников идет в последовательности упоминания в тексте.
- ◆ Литература составляется в соответствии с ГОСТ 7.1-2003.
- ◆ Ссылки на неопубликованные работы не допускаются.

### Правила написания математических формул.

- ◆ В статье следует приводить лишь самые главные, итоговые формулы.
- ◆ Математические формулы нужно набирать, точно размещая знаки, цифры, буквы.
- ◆ Все использованные в формуле символы следует расшифровывать.

### Правила оформления графики.

- ◆ Растровые форматы: рисунки и фотографии, сканируемые или подготовленные в Photoshop, Paintbrush, Corel Photopaint, должны иметь разрешение не менее 300 dpi, формата TIF, без LZW уплотнения, CMYK.
- ◆ Векторные форматы: рисунки, выполненные в программе CorelDraw 5.0-11.0, должны иметь толщину линий не менее 0,2 мм, текст в них может быть набран шрифтом Times New Roman или Arial. Не рекомендуется конвертировать графику из CorelDraw в растровые форматы. Встроенные - 300 dpi, формата TIF, без LZW уплотнения, CMYK.

По вопросам публикации следует обращаться к шеф-редактору научно-практического журнала «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики» ( e-mail: [redaktor@nauteh.ru](mailto:redaktor@nauteh.ru) ).

