АКАДЕМИЯ ЕСТЕСТВОЗНАНИЯ
«ACADEMY OF NATURAL HISTORY»

МЕЖДУНАРОДНЫЙ ЖУРНАЛ ПРИКЛАДНЫХ И ФУНДАМЕНТАЛЬНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ

INTERNATIONAL JOURNAL OF APPLIED AND FUNDAMENTAL RESEARCH

Журнал основан в 2007 году
The journal is based in 2007
ISSN 1996-3955

Двухлетний импакт-фактор РИНЦ = 0,570

Пятилетний импакт-фактор РИНЦ = 0,277

№ 6 2020

Научный журнал
Scientific journal

Журнал International Journal of Applied and Fundamental Research (Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований) зарегистрирован Федеральной службой по надзору в сфере связи, информационных технологий и массовых коммуникаций. Свидетельство ПИ № ФС 77-60735.

Подписной индекс по электронному каталогу «Почта России» – ПИ140

Электронная версия размещается на сайте www.rae.ru

The electronic version takes places on a site www.rae.ru

ГЛАВНЫЙ РЕДАКТОР
к.м.н. Н.Ю. Стукова
Ответственный секретарь
к.м.н. М.Н. Бизенкова

EDITOR
Natalia Stukova
Senior Director and Publisher
Maria Bizenkova

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ

д.б.н., проф. Абдуллаев А. (Душанбе); к.б.н. Алиева К.Г. (Махачкала); д.х.н., к.ф.-м.н., проф. Алоев В.З. (Чегем-2); д.б.н., проф. Андреева А.В. (Уфа); к.географ.н., доцент Аничкина Н.В. (Липецк); к.ф.-м.н. Барановский Н.В. (Томск); д.б.н., доцент Белых О.А. (Иркутск); д.т.н., проф. Бурмистрова О.Н. (Ухта); д.т.н., доцент Быстров В.А. (Новокузнецк); д.м.н., проф. Гарбуз И.Ф. (Тирасполь); д.ф.-м.н., проф. Геворкян Э.А. (Москва); д.х.н., проф. Гурбанов Г.Р. (Баку); д.ветеринар.н., доцент Ермолина С.А. (Киров); к.т.н. Есенаманова М.С. (Атырау); к.ф.-м.н., д.п.н., проф. Ефремова Н.Ф. (Ростов-на-Дону); д.м.н. Жураковский И.П. (Новосибирск); д.т.н., доцент Ибраев И.К. (Темиртау); к.т.н., доцент Исмаилов З.И. (Баку); д.б.н., с.н.с. Кавцевич Н.Н. (Североморск); д.т.н., проф. Калмыков И.А. (Ставрополь); д.б.н. Кокорева И.И. (Алматы); д.г.-м.н., доцент Копылов И.С. (Пермь); к.б.н., доцент Коротченко И.С. (Красноярск); к.с.-х.н., доцент Кряжева В.Л. (Нижний Новгород); д.ф.-м.н., доцент Кульков В.Г. (Волжский); д.б.н. Ларионов М.В. (Балашов); д.б.н., к.с.-х.н., доцент Леонтьев Д.Ф. (Иркутск); д.географ.н., к.б.н., проф. Луговской А.М. (Москва); д.г.-м.н., с.н.с. Мельников А.И. (Иркутск); д.т.н., проф. Несветаев Г.В. (Ростов-на-Дону); д.с.-х.н. Никитин С.Н. (п. Тимирязевский); д.фарм.н., доцент Олешко О.А. (Пермь); д.с.-х.н., с.н.с., проф. Партоев К. (Душанбе); к.п.н., доцент Попова И.Н. (Москва); д.т.н., проф. Рогачев А.Ф. (Волгоград); д.м.н., с.н.с., доцент Розыходжаева Г.А. (Ташкент); д.г.-м.н. Сакиев К.С. (Бишкек); д.т.н., проф. Сугак Е.В. (Красноярск); д.ветеринар.н., проф. Трефилов Б.Б. (Санкт-Петербург); д.м.н., проф. Чарышкин А.Л. (Ульяновск); д.географ.н., проф. Чодураев Т.М. (Бишкек); д.б.н., проф. Шалпыков К.Т. (Бишкек); к.х.н. Шарифуллина Л.Р. (Москва); д.п.н., проф. Щирин Д.В. (Санкт-Петербург)

МЕЖДУНАРОДНЫЙ ЖУРНАЛ ПРИКЛАДНЫХ
И ФУНДАМЕНТАЛЬНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ

INTERNATIONAL JOURNAL OF APPLIED
AND FUNDAMENTAL RESEARCH

Журнал включен в Реферативный журнал и Базы данных ВИНИТИ.
Сведения о журнале ежегодно публикуются в международной справочной системе по периодическим и продолжающимся изданиям «Ulrich's Periodicals directory» в целях информирования мировой научной общественности.

Журнал представлен в ведущих библиотеках страны и является рецензируемым.
Журнал представлен в НАУЧНОЙ ЭЛЕКТРОННОЙ БИБЛИОТЕКЕ (НЭБ) – головном исполнителе проекта по созданию Российского индекса научного цитирования (РИНЦ) и имеет импакт-фактор Российского индекса научного цитирования (ИФ РИНЦ).

Двухлетний импакт-фактор РИНЦ = 0,570.
Пятилетний импакт-фактор РИНЦ = 0,277.

Учредитель, издательство и редакция:
ООО НИЦ «Академия Естествознания»

Почтовый адрес: 105037, г. Москва, а/я 47
Адрес редакции: 410056, г. Саратов, ул. им. Чапаева В.И., д. 56

ISSN 1996-3955

Тел. редакции – 8-(499)-704-13-41
Факс (845-2)-47-76-77

E-mail: edition@rae.ru

Зав. редакцией Т.В. Шнуровозова
Техническое редактирование и верстка Л.М. Байгузова
Корректор Е.С. Галенкина, Н.А. Дудкина

Подписано в печать 29.06.2020
Дата выхода номера 29.07.2020

Формат 60x90 1/8
Типография
ООО НИЦ «Академия Естествознания»
410035, Саратовская область, г. Саратов, ул. Мамонтовой, д. 5

Распространение по свободной цене

Усл. печ. л. 8,88
Тираж 500 экз.
Заказ МЖПиФИ 2020/6

© ООО НИЦ «Академия Естествознания»

СОДЕРЖАНИЕ

БИОЛОГИЧЕСКИЕ НАУКИ

СТАТЬИ

ГЕНЕТИЧЕСКИЙ ПОЛИМОРФИЗМ ИЗОЛЯТОВ БАКТЕРИЙ *SALMONELLA*, ВЫДЕЛЕННЫХ ИЗ ПРОДУКТОВ ПИТАНИЯ

Бармак С.М., Синявский Ю.А., Бердыгалиев А.Б., Шарманов Т.Ш., Менденхалл И.Х., Жолдыбаева Е.В. 7

ВЛИЯНИЕ КЛУБЕНЬКОВЫХ И ПАТОГЕННЫХ БАКТЕРИЙ НА ИЗМЕНЕНИЕ КОМПОНЕНТОВ АДЕНИЛАТЦИКЛАЗНОЙ СИГНАЛЬНОЙ СИСТЕМЫ В КОРНЯХ ГОРОХА НА НАЧАЛЬНЫХ ЭТАПАХ ФОРМИРОВАНИЯ БОБОВО-РИЗОБИАЛЬНОГО СИМБИОЗА

Ищенко А.А. 12

ЭКОЛОГИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ СОДЕРЖАНИЯ НЕФТЕПРОДУКТОВ И ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ В АНТРОПОГЕННО ИЗМЕНЕННОМ ВОДОЕМЕ

Козлов А.В., Вершинина И.В. 17

ОСОБЕННОСТИ РАССЫПНЫХ И ПАКЕТИРОВАННЫХ ГРУНТОВ, ПРЕДНАЗНАЧЕННЫХ ДЛЯ ВЫРАЩИВАНИЯ ПОСАДОЧНОГО МАТЕРИАЛА И ОЗЕЛЕНИТЕЛЬНЫХ РАБОТ

Лысиков А.Б. 23

ГЕОГРАФИЧЕСКИЕ НАУКИ

СТАТЬИ

ЛЕСОВОССТАНОВЛЕНИЕ В НИЖЕГОРОДСКОЙ ОБЛАСТИ В СФЕРЕ РАЗВИТИЯ ИДЕЙ УСТОЙЧИВОГО РАЗВИТИЯ ПОСРЕДСТВОМ РЕАЛИЗАЦИИ НАЦПРОЕКТА «ЭКОЛОГИЯ»

Волкова А.В., Жаравина К.А. 29

ГЕОЛОГО-МИНЕРАЛОГИЧЕСКИЕ НАУКИ

СТАТЬИ

ТЕХНОЛОГИЯ ГЕОЛОГО-ГЕОМОРФОЛОГИЧЕСКИХ ИНСТРУМЕНТАЛЬНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ НА ЗАПАДНОМ ШЕЛЬФЕ ПОЛУОСТРОВА КРЫМ

Римский-Корсаков Н.А., Пронин А.А., Анисимов И.М. 33

МЕДИЦИНСКИЕ НАУКИ

СТАТЬИ

ГИГИЕНИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА ФАКТИЧЕСКОГО ПИТАНИЯ СТУДЕНТОВ МЕДИЦИНСКОГО УНИВЕРСИТЕТА

Блинова Е.Г., Павлова Е.В. 40

ФАКТОРЫ РИСКА НЕКРОТИЧЕСКОГО ЭНТЕРОКОЛИТА У ДОНОШЕННЫХ НОВОРОЖДЕННЫХ

Маммадова Т.А. 45

ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ

СТАТЬИ

ВЗАИМОСВЯЗЬ МЕЖДУ СКОРОСТЬЮ ДЕФОРМАЦИИ И КОЭФФИЦИЕНТОМ ВЯЗКОСТИ БАЗАЛЬТОВОГО РАСПЛАВА В ПРОЦЕССЕ ВОЛОКНООБРАЗОВАНИЯ

Айдаралиев Ж.К., Исманов Ю.Х., Кайназаров А.Т. 50

АНАЛИЗ ПОТРЕБИТЕЛЬСКИХ СВОЙСТВ МОДИФИЦИРОВАННЫХ ТЕКСТИЛЬНЫХ ПЕРЕВЯЗОЧНЫХ МАТЕРИАЛОВ

Джанпаизова В.М., Ташменов Р.С., Токсанбаева Ж.С., Аширбекова Г.Ш., Толганбек Н.Н., Шаймаханова А.Н. *57*

ФИЗИКО-МАТЕМАТИЧЕСКИЕ НАУКИ

СТАТЬИ

ВЛИЯНИЕ ФАЗОВЫХ ПРЕВРАЩЕНИЙ КАПЕЛЬ ДИСПЕРСНОЙ ФАЗЫ НА ГИДРОДИНАМИКУ ТЕЧЕНИЙ ЖИДКОСТНЫХ ЭМУЛЬСИЙ

Розенцвайг А.К. *62*

ХИМИЧЕСКИЕ НАУКИ

СТАТЬИ

ГЛЮКОФРУКТАНЫ РАСТЕНИЙ *HELIANTHUS TUBEROSUS*, ПРОИЗРАСТАЮЩИХ В КЫРГЫЗСТАНЕ

Турдумамбетов К.Т., Ажибаева З.С., Бекмуратов З.Б., Долотбаков А.К. *67*

CONTENTS

BIOLOGICAL SCIENCES

ARTICLES

GENETIC POLYMORPHISM OF ISOLATES OF *SALMONELLA* BACTERIA ISOLATED FROM FOODSTUFFS

Barmak S.M., Sinyavsky Yu.A., Berdygaliev A.B., Sharmanov T.Sh., Mendenkhall I.Kh., Zholdybaeva E.V. 7

INFLUENCE OF STEMEN AND PATHOGENIC BACTERIA ON CHANGE OF THE COMPONENTS OF THE ADENYLYL CYCLASE SIGNAL SYSTEM IN THE PEA ROOTS AT THE INITIAL STAGES OF THE FORMATION OF BEAN-RHIZOBIAL SYMBIOSIS

Ishchenko A.A. 12

ENVIRONMENTAL ANALYSIS OF OIL PRODUCTS CONTENT AND HEAVY METALS IN ANTHROPOGENIC MODIFIED WATER

Kozlov A.V., Vershinina I.V. 17

FEATURES OF PLACER AND PACKAGED SOIL GROUNDS INTENDED FOR GROWING PLANTING MATERIAL AND LANDSCAPING

Lysikov A.B. 23

GEOGRAPHICAL SCIENCES

ARTICLES

REFORESTATION IN THE NIZHNY NOVGOROD REGION IN THE FIELD OF DEVELOPMENT OF IDEAS OF SUSTAINABLE DEVELOPMENT BY MEANS OF IMPLEMENTATION OF THE ECOLOGY NATIONAL PROJECT

Volkova A.V., Zharavina K.A. 29

GEOLOGICAL-MINERALOGICAL SCIENCES

ARTICLES

WESTERN CRIMEAN SHELF GEOLOGICAL-GEOMORPHOLOGICAL INSTRUMENTAL RESEARCH TECHNOLOGY

Rimskiy-Korsakov N.A., Pronin A.A., Anisimov I.M. 33

MEDICAL SCIENCES

ARTICLES

HYGINIC ASSESSMENT OF ACTUAL NUTRITION OF STUDENTS OF MEDICAL UNIVERSITY

Blinova E.G., Pavlova E.V. 40

RISK FACTORS OF NECROTIZING ENTEROCOLITIS IN FULL-TERM NEWBORNS

Mammadova T.A. 45

TECHNICAL SCIENCES

ARTICLES

RELATIONSHIP BETWEEN THE DEFORMATION SPEED AND THE VISCOSITY COEFFICIENT OF THE MOLTEN BASALT IN THE PROCESS OF FORMATION OF FIBERS

Aidaraliev Zh.K., Ismanov Yu.Kh., Kaynazarov A.T. 50

ANALYSIS OF CONSUMER PROPERTIES OF MODIFIED TEXTILE DRESSINGS

Dzhanpaizova V.M., Tashmenov R.S., Toksanbaeva Zh.S., Ashirbekova G.Sh., Tolganbeк N.N., Shaymakhanova A.N. *57*

PHYSICAL AND MATHEMATICAL SCIENCES

ARTICLES

EFFECT OF PHASE CHANGES OF DISPERSAL PHASE STRAINS ON HYDRODYNAMICS OF LIQUID EMULSIONS

Rozentsvaig A.K. *62*

CHEMICAL SCIENCES

ARTICLES

GLUCOFRUCTANTS OF PLANTS *HELIANTHUS TUBEROSUS* GROWING IN KYRGYZSTAN

Turdumambetov K.T., Azhibaeva Z.S., Bekmuratov Z.B., Dolotbakov A.K. *67*

СТАТЬИ

УДК 579.678

ГЕНЕТИЧЕСКИЙ ПОЛИМОРФИЗМ ИЗОЛЯТОВ БАКТЕРИЙ *SALMONELLA*, ВЫДЕЛЕННЫХ ИЗ ПРОДУКТОВ ПИТАНИЯ

[1,2]Бармак С.М., [2]Синявский Ю.А., [2]Бердыгалиев А.Б., [2]Шарманов Т.Ш., [3]Менденхалл И.Х., [4]Жолдыбаева Е.В.

[1]Казахский Национальный университет им. Аль-Фараби, Алматы;
[2]Казахская академия питания, Алматы;
[3]Медицинская школа Duke-NUS, Сингапур;
[4]Национальный центр биотехнологии, Нур-Султан, e-mail: sabyr95@mail.ru

Проведена молекулярно-генетическая идентификация изолятов бактерий Salmonella, выделенных из продуктов питания. ПЦР анализ с видоспецифичным праймером S Inv-1F и S Inv-1R показал положительный результат с ДНК 25 изолятов *Salmonella enterica*. С наибольшей частотой сальмонеллы обнаруживаются в мясе птицы – 36%, рыбе – 4%, яйцах – 20%, молочной продукции – 12%, растительных салатах – 4%. В сыром мясе и колбасных изделиях сальмонеллы присутствовали в 24% проб. При типировании исследованных ДНК 25 изолятов, выделенных из цепи пищевых продуктов, было выявлено, что 14 изолятов (56%) относятся к бактерии *Salmonella enterica Typhimurium*, 8 изолятов – к бактерии *Salmonella enterica Enteritidis* (32%), 3 изолята – к бактерии *Salmonella enterica Virchow* (12%). Генетическое разнообразие изолятов бактерий Salmonella определено с использованием RAPD ПЦР. Для 3 типов бактерии Salmonella enterica был выявлен специфический набор ДНК-фрагментов, отличающих их друг от друга. Проведенный RAPD-ПЦР анализ геномной ДНК бактерий *Salmonella enterica* показал генетическое родство 8 изолятов *Salmonella enterica Enteritidis,* такие же результаты показали 3 изолята *Salmonella enterica Virchow.* Исследованные изоляты *Salmonella enterica Typhimurium* показали генетическую гетерогенность.

Ключевые слова: генетический полиморфизм, бактериальные изоляты, праймер, продукты питания, *Salmonella*

GENETIC POLYMORPHISM OF ISOLATES OF *SALMONELLA* BACTERIA ISOLATED FROM FOODSTUFFS

[1,2]Barmak S.M., [2]Sinyavsky Yu.A., [2]Berdygaliev A.B., [2]Sharmanov T.Sh., [3]Mendenkhall I.Kh., [4]Zholdybaeva E.V.

[1]Kazakh National University named after Al-Farabi, Almaty;
[2]Kazakh Academy of Nutrition, Almaty;
[3]Duke-NUS Medical School, Singapore;
[4]National Center for Biotechnology, Nur Sultan, e-mail: sabyr95@mail.ru

Molecular genetic identification of isolates of Salmonella bacteria isolated from foodstuffs was carried out. PCR analysis with a species-specific primer S Inv-1F and S Inv-1R showed a positive result with DNA 25 isolates of *Salmonella enterica*. With the highest frequency, salmonella is found in poultry meat – 36%, fish – 4%, eggs – 20%, dairy products – 12%, vegetable salads – 4%. Salmonella was present in 24% of the samples in raw meat and sausages. When typing the studied DNA of 25 isolates isolated from the food chain, it was revealed that 14 isolates (56%) belong to the bacteria *Salmonella enterica Typhimurium*, 8 isolates to the bacteria *Salmonella enterica Enteritidis* (32%), 3 isolates to the bacteria *Salmonella enterica Virchow* (12%). The genetic diversity of Salmonella bacterial isolates was determined using RAPD PCR. For the three types of bacteria Salmonella enterica, a specific set of DNA fragments was identified that distinguished them from each other. RAPD-PCR analysis of the genomic DNA of *Salmonella enterica* bacteria showed the genetic affinity of eight isolates of *Salmonella enterica Enteritidis*, the same results were shown for three isolates of Salmonella *enterica Virchow*. The studied isolates of *Salmonella enterica Typhimurium* showed genetic heterogeneity.

Keywords: genetic polymorphism, bacterial isolates, primer, foodstuffs, *Salmonella*

Пищевые сальмонеллезы – широко распространенные заболевания человека, их регистрируют во всех странах, на всех континентах [1]. Болезнь имеет эпизоотологическое, эпидемиологическое, экологическое и социально-экономическое значение и представляет серьезную потенциальную угрозу для людей [2]. Актуальность проблемы сальмонеллы связана с высоким уровнем заболеваемости и сохраняющейся тенденцией к ее росту, трудностями в эпидемиологическом исследовании причин сальмонеллы, формированием устойчивости к противомикробным препаратам и отсутствием эффективной специфической профилактики. Быстрая диагностика сальмонеллы и методы типирования сальмонеллы являются наиболее важными моментами в подавлении распространения патогенных микроорганизмов [3].

По заключению Комитета экспертов ВОЗ, сальмонеллез не имеет себе равных по сложности диагностики, профилактики и лечения [4].

Пищевой сальмонеллез является широко распространенным заболеванием человека, регистрируется во всех странах, на всех континентах; сальмонеллы поражают человека и сохраняются в окружающей среде в течение длительного времени [5].

Большинство сальмонелл являются патогенными как для людей, так и для животных и птиц, но в эпидемиологическом отношении только несколько серотипов являются наиболее значимыми для людей, их доля составляет 85–91% сальмонелл во всем мире [6].

Возбудитель *Salmonella enterica* живет в основном в кишечнике, но, выделяясь с калом, он загрязняет почву и объекты окружающей среды, через которые он может передаваться восприимчивым животным и людям. Однако чаще заражение сальмонеллой происходит при непосредственном контакте с источником инфекции или при употреблении пищи, зараженной *Salmonella enterica*. Согласно существующей классификации [7] *Salmonella enterica* подразделяется на 6 подвидов: enterica, salamae, arizonae, diarizonae, houtenae и indica, которые различаются по биохимической активности и обозначены номерами I, II, IIIa, IIIb, IV и VI соответственно. В подавляющем большинстве случаев сальмонеллезной инфекции от людей изолируют серовары подвида *enterica* [8].

Цель исследования: определение генетического полиморфизма изолятов бактерий *Salmonella*, выделенных из продуктов питания, доступных потребителям на местных торговых точках.

Материалы и методы исследования

Бактериальные изоляты

25 изолятов сальмонеллы, использованных в этом исследовании, были получены из пищевых продуктов (табл. 1). Отбор проб для исследования проводили по ГОСТ 31904-2012 «Продукты пищевые. Методы отбора проб для микробиологических испытаний» [9].

В процессе работы применяли культуральные методы с использованием специальных селективных и дифференциально-диагностических сред. Культуральные, морфологические, и биохимические свойства выделенных микроорганизмов изучали общепринятыми методами и в соответствии с ГОСТ Р 52814-2007 (ИСО 6579:2002) «Продукты пищевые. Метод выявления бактерий рода *Salmonella*» [10] и ГОСТ Р 50455-92 «Мясо и мясные продукты. Обнаружение сальмонелл (арбитражный метод)» [11].

Выделение ДНК. Выделение ДНК из бактерий *Salmonella* проводили тризольным методом с использованием коммерческого реагента TRizol («Invitrogen», США) в соответствии с инструкцией производителя.

Олигонуклеотидные праймеры для выявления бактерии Salmonella

Определение вида и типа бактерии *Salmonella* осуществляли с помощью ПЦР анализа, используя специфические праймеры (табл. 2).

Таблица 1

Изоляты бактерии *Salmonella*, выделенные из пищевых продуктов в 2018 г.

№	Рег. номер	Использованные продукты	№	Рег. номер	Использованные продукты
1	8	Куриная печень	14	67	Сердце индейки
2	9	Яйца	15	69	Фарш говядина/курица
3	24	Фарш баранина/говядина	16	70	Яйцо промышленной птицефабрики
4	26	Голень индейки замороженная	17	86	Мороженое
5	27	Тушка цыпленка бройлера замороженная	18	90	Баранина
6	31	Желудок цыпленка	19	70/1	Яйцо промышленной птицефабрики
7	34	Яйца якорские	20	96	Рыба лещ
8	37	Яйца домашние	21	120	Сало свиное
9	39	Фарш куриный	22	121	Говядина
10	40	Голень куриная	23	124	Сосиски детские
11	46	Капуста цветная/салат	24	125	Сосиски говяжьи
12	53	Творог домашний	25	126	Брынза
13	63	Фарш куриный			

Таблица 2

Праймеры, используемые для выявления вида и типа бактерии *Salmonella*

№	Название праймера	Олигонуклеотиды	Размер ПЦР продукта, п.о.	Вид и тип бактерии *Salmonella*
1	SInv-1F	GTGAAATTATCGCCACGTTCGG	500	*Salmonella enterica*
	SInv-1R	ATCGCCATTTACGCGGGTCA		
2	SE Prot6e-1F	TAACCGGAGAGGCGCTCATC	300	*Salmonella enterica Enteritidis*
	SE Prot6e-1R	AACCATGCTCAGCTGCTCCA		
3	ST mdh-1F	TGCCGCTGCTGTCGCAGATT	200	*Salmonella enterica Typhimurium*
	ST mdh-1R	CACCACGCCCTTCTCGCCCT		
4	SVCRISPR-1F	AGCCGCAGGATGTGCTGGAA	400	*Salmonella enterica Virchow*
	SVCRISPR-1R	GATAAACCGCCGCGCCTTAT		
5	hgbAa (RAPD ПЦР)	GCG GGA ATG CTG AAG ATA AG	–	*Salmonella enterica*

Постановка ПЦР для идентификации сальмонелл. Получение ПЦР-фрагмента гена Inv бактерии *Salmonella enterica* проводили с использованием праймеров: S Inv-1F и S Inv-1R (размер ПЦР продукта 500 п.о.). Следующие праймеры использованы для типизации: для типа *Enteritidis* бактерии *Salmonella enterica* – SE Prot6e-1F и SE Prot6e-1R (размер ПЦР продукта 300 п.о.); для типа *Typhimurium* бактерии *Salmonella enterica* – ST mdh-1F и ST mdh-1R (размер ПЦР продукта 200 п.о.); для типа *Virchow* бактерии *Salmonella enterica* – SV CRISPR-1F и SV CRISPR-1R (размер ПЦР продукта 400 п.о.).

Амплификацию проводили в 25 мкл реакционной смеси следующего состава: 10хбуфер ДНК полимеразы – 2,5 мкл, 10 mM dNTP – 1 мкл., $MgCl_2$ – 1 мкл, 20-50 нг ДНК-матрицы, по 20 пмоль прямого и обратного праймеров и 0,5 ед. TaqДНК полимеразы (Invitrogen). Анализ продуктов ПЦР проводили при помощи электрофореза в 1,5%-ном агарозном геле, содержащем бромистый этидий (1 мкг/мл), при напряженности поля 6 В/см^2.

Постановка RAPD (Random Amplification of Polymorphic DNA) ПЦР

Для постановки RAPD ПЦР используют праймер: hgbAa –GCG GGA ATG CTG AAG ATA AG. Реакционный состав:10х буфер – 2,5 мкл; dNTPs – 1 мкл; $MgCl_2$ – 1 мкл; праймер – 2 мкл; 0,5 ед.TaqДНК полимеразы – 0,5 мкл; ДНК – 5 мкл; вода – до 25 мкл. Температурный режим амплификации: 94 °С – 5 мин; 40 циклов 94 °С – 45 сек, 35 °С – 5 сек, 72 °С – 1,20 мин; 72 °С – 10 мин.

Результаты исследования и их обсуждение

Осуществлено исследование 25 образцов пищевых продуктов на содержание в них бактерий *Salmonella.* Проведен ПЦР анализ с использованием видоспецифичных праймеров SInv-1F и SInv-1R для определения вида *enterica* бактерии *Salmonella*. Для типирования бактерии *Salmonella* вида *enterica* с помощью ПЦР-анализа использованы олигонуклеотидные праймеры: 1) для типа *Enteritidis* бактерии *Salmonella enterica* – SE Prot6e-1F и SE Prot6e-1R; 2) для типа *Typhimurium* бактерии *Salmonella enterica* – ST mdh-1F и ST mdh-1R; 3) для типа *Virchow* бактерии *Salmonella enterica* – SV CRISPR-1F и SV CRISPR-1R.

При типировании исследованных ДНК 25 изолятов, выделенных из цепи пищевых продуктов, было выявлено: 14 изолятов (56%) бактерии *Salmonella enterica Typhimurium*, 8 изолятов бактерии *Salmonella enterica Enteritidis* (32%), 3 изолята бактерии *Salmonella enterica Virchow* (12%).

С наибольшей частотой сальмонеллы обнаруживаются в мясе птицы – 36%, рыбе – 4%, яйцах – 20%, молочной продукции – 12%, растительных салатах – 4%. В сыром мясе и колбасных изделиях сальмонеллы присутствовали в 24% проб.

Генетический полиморфизм изолятов бактерии Salmonella enterica, полученных из цепи пищевых продуктов

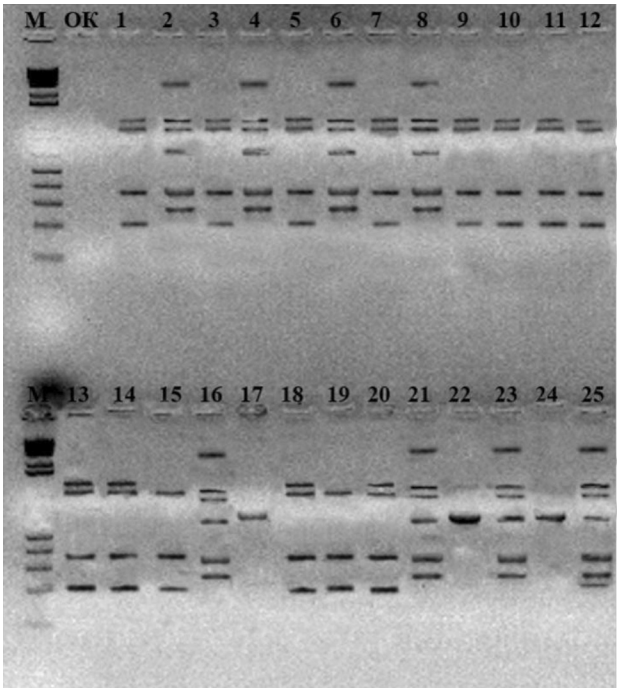
Для выявления генетического разнообразия изолятов *Salmonella enterica Enteritidis*, *Salmonella enterica Typhimurium и Salmonella enterica Virchow* проведен ПЦР анализ с использованием RAPD-праймера.

Результаты выявления генетического разнообразия исследуемых изолятов *Salmonella enterica Enteritidis*, *Salmonella enterica Typhimurium и Salmonella enterica Virchow*, полученных из цепи пищевых продуктов, представлены в табл. 3 и на рисунке.

При помощи данного RAPD-праймера был получен одинаковый специфический набор ДНК-фрагментов бактерии *Salmo-*

nella enterica Enteritidis, не отличающих их друг от друга. Показано, что для этих изолятов было выявлено по 6 ампликонов длиной 250, 350, 650, 1000, 1250, 3000 п.о., что говорит об их генетическом родстве.

При генотипировании изолятов *Salmonella enterica Typhimurium* под номерами 1,3, 5, 7, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 18, 19 и 20 (1-я группа) было выявлено 4 ампликона (200, 350, 1000, 1250 п.н.), а для изолятов *Salmonella enterica Typhimurium* под номерами 15 и 19 (2-я группа) были получены по 3 ампликона (200, 350, 1000 п.н.). В результате амплификации геномной ДНК изолятов RAPD-праймером был получен специфический набор ДНК-фрагментов, отличающих их друг от друга. Изоляты 1-й группы генетически отличаются от изолятов 2-й группы бактерии *Salmonella enterica Typhimurium*.



Электрофореграмма разделения ПЦР продуктов изолятов Salmonella enterica, полученных из цепи пищевых продуктов с использованием RAPD-праймера

Таблица 3

Характеристики изолятов бактерии *Salmonella*, выявленных из цепи производства пищевых продуктов методами ПЦР и RAPD ПЦР

№	Рег. номер штамма	Использованные продукты	Вид бактерии *Salmonella*	Тип *Salmonella enterica*	Размеры ампликонов в RAPD ПЦР, п.о.
1	8	Куриная печень	*Salmonella enterica*	*Typhimurium*	250, 350, 1000, 1250
2	9	Яйца	*Salmonella enterica*	*Enteritidis*	250, 350, 650, 1000, 1250, 3000
3	24	Фарш баранина	*Salmonella enterica*	*Typhimurium*	250, 350, 1000, 1250
4	26	Голень индейки	*Salmonella enterica*	*Enteritidis*	250, 350, 650, 1000, 1250, 3000
5	27	Тушка цыпленка бройлера	*Salmonella enterica*	*Typhimurium*	250, 350, 1000, 1250
6	31	Желудок цыпленка	*Salmonella enterica*	*Enteritidis*	250, 350, 650, 1000, 1250, 3000
7	34	Яйца якорские	*Salmonella enterica*	*Typhimurium*	250, 350, 1000, 1250
8	37	Яйца домашние	*Salmonella enterica*	*Enteritidis*	250, 350, 650, 1000, 1250, 3000
9	39	Фарш куриный	*Salmonella enterica*	*Typhimurium*	250, 350, 1000, 1250
10	40	Голень куриная	*Salmonella enterica*	*Typhimurium*	250, 350, 1000, 1250
11	46	Капуста цветная	*Salmonella enterica*	*Typhimurium*	250, 350, 1000
12	53	Творог домашний	*Salmonella enterica*	*Typhimurium*	250, 350, 1000, 1250
13	63	Фарш куриный	*Salmonella enterica*	*Typhimurium*	250, 350, 1000

Окончание табл. 3

№	Рег. номер штамма	Использованные продукты	Вид бактерии *Salmonella*	Тип *Salmonella enterica*	Размеры ампликонов в RAPD ПЦР, п.о.
14	67	Сердце индейки	*Salmonella enterica*	*Typhimurium*	250, 350, 1000, 1250
15	69	Фарш курица	*Salmonella enterica*	*Typhimurium*	250, 350, 1000, 1250
16	70	Яйцо птицефабрики	*Salmonella enterica*	*Enteritidis*	250, 350, 650, 1000, 1250, 3000
17	86	Мороженое	*Salmonella enterica*	*Virchow*	200, 650, 1200
18	90	Баранина	*Salmonella enterica*	*Typhimurium*	250, 350, 1000, 1250
19	70/1	Яйцо птицефабрики	*Salmonella enterica*	*Typhimurium*	250, 350, 1000, 1250
20	96	Рыба лещ	*Salmonella enterica*	*Typhimurium*	250, 350, 1000, 1250
21	120	Сало свиное	*Salmonella enterica*	*Enteritidis*	250, 350, 650, 1000, 1250, 3000
22	121	Говядина	*Salmonella enterica*	*Virchow*	200, 650, 1200
23	124	Сосиски детские	*Salmonella enterica*	*Enteritidis*	250, 350, 650, 1000, 1250, 3000
24	125	Сосиски говяжьи	*Salmonella enterica*	*Virchow*	200, 650, 1200
25	126	Брынза	*Salmonella enterica*	*Enteritidis*	250, 350, 650, 1000, 1250, 3000

В изолятах *Salmonella enterica Virchow* были выявлены по 3 ампликона длиной 200, 650, 1200 п.о. Эти данные являются показателями их генетического родства.

Существуют генетические различия между штаммами возбудителей различных заболеваний. При накоплении достаточного количества мутаций в штаммах методы генотипирования начинают различать изоляты. В некоторых случаях изоляты не отличаются распределением фрагментов ДНК, что указывает на генетическую близость этих изолятов. В таких случаях они являются генетически идентичными или отличаются друг от друга на уровне только одного или нескольких генов, полиморфизм которых ускользает от скрининга [12].

Обнаружение различных типов изолятов *Salmonella enterica*, циркулирующих на территории Республики Казахстан, указывает на необходимость проведения более углубленных генетических исследований.

Выводы

При типировании изолятов *Salmonella enterica*, полученных из цепи пищевых продуктов, выявлено 14 изолятов (56%) бактерии *Salmonella enterica Typhimurium*, 8 изолятов бактерии *Salmonella enterica Enteritidis* (32%), 3 изолята бактерии *Salmonella enterica Virchow* (12%).

Проведен молекулярный анализ с использованием RAPD ПЦР для выявления генетического разнообразия изолятов бактерий *Salmonella enterica*, полученных из цепи пищевых продуктов. В RAPD ПЦР 8 изолятов *Salmonella enterica Enteritidis* показали генетическое родство с одинаковым количество ампликонов (50, 350, 650, 1000, 1250, 3000 п.о.). Близкое генетическое родство выявлено у 3 изолятов *Salmonella enterica Virchow* (200, 650, 1200 п.о.) В изолятах *Salmonella enterica Typhimurium*, выделенных из цепи пищевых продуктов, обнаружены две генетически отличающиеся группы с разным набором ДНК-фрагментов.

Список литературы

1. Чугунова Е.О., Татарникова Н.А. Сальмонеллез сельскохозяйственных животных и птиц: характеристика возбудителя, распространенность в пермском крае и эпидемиологическое значение: учебное пособие. Пермь: Прокростъ, 2014. 63 с.

2. Тимофеева М.А., Ларина О.Н., Шкиль Н.А. Биологические свойства и чувствительность к антибиотикам бактерий рода Salmonella, изолированных из продукции птицеводства // Вестник НГАУ (Новосибирский государственный аграрный университет). 2019. № 3. С. 112–119. DOI: 10.31677/2072-6724-2019-52-3-112-119.

3. Слизень В.В., Гудкова Е.И., Скороход Г.А. Разработка метода пцр для экспрессидентификации Salmonella spp. и среди них Salmonella enteritidis // Инновации в медицине: сборник научных трудов. Минск: БГМУ, 2012. 6 с.

4. Рождественская Т.Н., Яковлев С.С., Кононенко Е.В. Профилактика сальмонеллеза птиц // Farm Animals. 2012. № 1 (1). С. 54–56.

5. Lal A., Hales S., French N., Baker M.G. Seasonality in Human Zoonotic Enteric Diseases: A Systematic Review. PLoS ONE. 2012. V. 7(4). P. e31883. DOI: 10.1371/journal.pone.0031883.

6. Simpson K.M.J., Hill-Cawthorne G.A., Ward M.P., Diversity of Salmonella serotypes from humans, food, domestic animals and wildlife in New South Wales, Australia. BMC Infect. 2018. V. 623. DOI: 10.1186/s12879-018-3563-1.

7. Mukherjee N., Nolan V.G., Dunn J.R., Banerjee P. Sources of human infection by Salmonella enterica serotype Javiana: A systematic review. PLoS ONE. 2019. V. 14(9). P. e0222108. DOI: 10.1371/journal.pone.0222108.

8. Шуляк Б.Ф. Традиционные и новые подходы к лабораторной диагностике сальмонеллеза // Справочник заведующего КДЛ. 2009. № 12. С. 21–26.

9. Межгосударственный стандарт ГОСТ 31904-2012. Продукты пищевые. Методы отбора проб для микробиологических испытаний. М.: Стандартинформ, 2014. 10 с.

10. ГОСТ Р 52814-2007 (ИСО 6579:2002). Продукты пищевые. Метод выявления бактерий рода Salmonella. М.: Стандартинформ, 2010. 22 с.

11. ГОСТ Р 50455-92. Мясо и мясные продукты. Обнаружение сальмонелл (арбитражный метод). М.: Стандартинформ, 2010. 14 с.

12. Терлецкий В.П., Усенбеков Е.С., Жансеркенова О.О. Генотипирование штаммов микроорганизмов методом ДРИМ (двойное расщепление и избирательное мечение) // Исследования, результаты. 2016. № 3(71). С. 86–91.

УДК 581.1

ВЛИЯНИЕ КЛУБЕНЬКОВЫХ И ПАТОГЕННЫХ БАКТЕРИЙ НА ИЗМЕНЕНИЕ КОМПОНЕНТОВ АДЕНИЛАТЦИКЛАЗНОЙ СИГНАЛЬНОЙ СИСТЕМЫ В КОРНЯХ ГОРОХА НА НАЧАЛЬНЫХ ЭТАПАХ ФОРМИРОВАНИЯ БОБОВО-РИЗОБИАЛЬНОГО СИМБИОЗА

Ищенко А.А.

Сибирский институт физиологии и биохимии растений СО РАН, Иркутск, e-mail: aspt25@yandex.ru

В статье изучена динамика активности растворимой и трансмембранной форм аденилатциклазы (рАЦ и тАЦ), а также циклического аденозинмонофосфата (цАМФ) в корнях этиолированных двухсуточных проростков гороха *Pisum sativim* L. при взаимодействии с патогенными и клубеньковыми бактериями эффективного и неэффективного производственного штаммов. В краткосрочных опытах (в течение 1 часа с интервалом в 10 минут) обнаружен эндогенный ритм изменения концентрации циклического аденозинмонофосфата в тканях корня проростков гороха, характеризующийся во временной динамике увеличением и снижением уровня цАМФ, который подвержен влиянию экзогенных факторов биотической (симбионт, патоген) природы. Подобные флуктуации также были обнаружены при изучении динамики активности растворимой и трансмембранной форм аденилатциклазы под влиянием тех же биотических факторов. Предполагается, что наблюдаемые эффекты связаны с влиянием на растение определенных экзометаболитов *Rhizobium leguminosarum* bv. *viceae* (симбионт) и *Pseudomonas syringae* pv. *pisi* (патоген), которые активируют врожденный иммунитет бобового растения. При этом различная динамика изменения изучаемых компонентов сигнальной системы растения-хозяина на начальных этапах взаимодействия с симбиотическими и патогенными микроорганизмами имеет, вероятно, различную функцию: при симбиозе регуляторную, а при патогенезе – защитную.

Ключевые слова: *Pisum sativum* L., аденилатциклаза, циклический аденозинмонофосфат, биотический стресс, сигнальные системы

INFLUENCE OF STEMEN AND PATHOGENIC BACTERIA ON CHANGE OF THE COMPONENTS OF THE ADENYLYL CYCLASE SIGNAL SYSTEM IN THE PEA ROOTS AT THE INITIAL STAGES OF THE FORMATION OF BEAN-RHIZOBIAL SYMBIOSIS

Ishchenko A.A.

Siberian Institute of Plant Physiology and Biochemistry, Irkutsk, e-mail: aspt25@yandex.ru

We studied the dynamics of the activity of soluble and transmembrane forms of adenylate cyclase (pAC and tAC), as well as cyclic adenosine monophosphate (cAMP) in the roots of etiolated two-day-old seedlings of pea *Pisum sativim* L. when interacting with pathogenic and nodule bacteria of effective and ineffective production strains. In short-term experiments (within an hour with an interval of 10 minutes), an endogenous rhythm of a change in the concentration of cyclic adenosine monophosphate in the tissues of the root of pea seedlings was found, characterized in time dynamics by an increase and decrease in the level of cAMP and which is subject to the influence of exogenous biotic factors (symbiont, pathogen) in nature. Similar fluctuations were also found when studying the dynamics of the activity of the soluble and transmembrane forms of adenylate cyclase under the influence of the same biotic factors. It is assumed that the observed effects are obviously related to the effect on the plant of certain exometebolites of *Rhizobium leguminosarum* bv. *viceae* (symbiont) and *Pseudomonas syringae* pv. *pisi* (pathogen), which activate the innate immunity of a legume plant. Moreover, the different dynamics of changes in the studied components of the signal system of the host plant at the initial stages of interaction with symbiotic and pathogenic microorganisms probably has a different function: regulatory in case of symbiosis, and protective in case of pathogenesis.

Keywords: *Pisum sativum* L., adenylate cyclase, cyclic adenosine monophosphate, biotic stress, signaling systems

Патогенные и симбиотические взаимодействия растений с различными группами микроорганизмов часто встречаются в природе и во многом схожи. Они основываются на подавлении или преодолении защитных механизмов растений, что способствует успешной колонизации их клеток. Растения способны реагировать на различные сигналы из внешней среды, приспосабливаясь к ним при помощи генетического аппарата. В свою очередь бактерии, взаимодействуя с растением-хозяином, способны создавать для себя благоприятные условия. В литературе имеются данные о том, что одним из механизмов запуска сигнальных реакций у растений является аденилатциклазная сигнальная система, когда под влиянием различных биотических факторов активируется трансмембранная аденилатциклаза, что вызывает резкое и кратковременное увеличение уровня циклического аденозинмонофосфата [1, 2].

Целью настоящей работы было в краткосрочных опытах изучить влияние клубеньковых и патогенных бактерий на отдельные компоненты аденилатциклазной сигнальной системы (цАМФ, рАЦ и тАЦ).

Материалы и методы исследования

Исследования проводили на проростках гороха (*Pisum sativum* L.) сорта Рондо, выращенных в термостате при температуре

22 °С, у которых в течение часа с интервалом в 10 минут определяли содержание цАМФ, а также активность растворимой и трансмембранной форм аденилатциклазы. В качестве контроля применяли нулевой отрезок времени. Для экспериментов использовали растения, выращенные на воде без инокуляции, а также инокулированные клубеньковыми и патогенными бактериями. Для инокуляции использовали 2 штамма бактериями *Rhizobium leguminosarum* bv. *viceae*: эффективный производственный (CIAM 1022), который характеризуется умеренной способностью проникать в корни растений, образуя при этом развитые клубеньки, фиксирующие азот; неэффективный производственный (CIAM 1064), отличающийся более агрессивной способностью колонизировать корневую систему растения-хозяина, что на заключительном этапе формирования бобово-ризобиального симбиоза приводит к образованию большого числа недоразвитых клубеньков, не способных к эффективной азотфиксации; и 1 штамм патогена гороха *Pseudomonas syringae* pv. *pisi*, вызывающий бактериальный ожог.

Активность компонентов аденилатциклазной сигнальной системы определяли по методу, основанному на работе [3]. Для этого корни фиксировали в жидком азоте и гомогенизировали в среде выделения, содержащей 0,02 М фосфатный буфер, pH 7,2; 0,1 мМ теофиллин; 1 мМ дитиотреитол; 50 мкг/мл фенилметилсульфонилфторид; 50 мкг/мл гидроксимеркурийбензоат; 1 мкг/мл лейпептин. Затем гомогенат центрифугировали 20 мин при 16 000 g («Allegra 64 R»). Полученный супернатант центрифугировали 90 мин при 105 000 g («Sorvall Discovery 90 SE»). Полученный осадок ресуспендировали и определяли в нем активность трансмембранной аденилатциклазы (тАЦ), а в супернатанте – активность растворимой аденилатциклазы (рАЦ) и концентрацию циклического аденозинмонофосфата (цАМФ). Активность аденилатциклаз оценивали по концентрации цАМФ в пробе в пересчете на 1 мг белка. Концентрацию цАМФ определяли иммуноферментным анализом (ELISA). Белок определяли по методу Брэдфорда.

Эксперименты проводили в 3 независимых повторениях. Для лучшего восприятия результаты представлены в процентах от контроля. Достоверность различий оценивали по критерию Стьюдента.

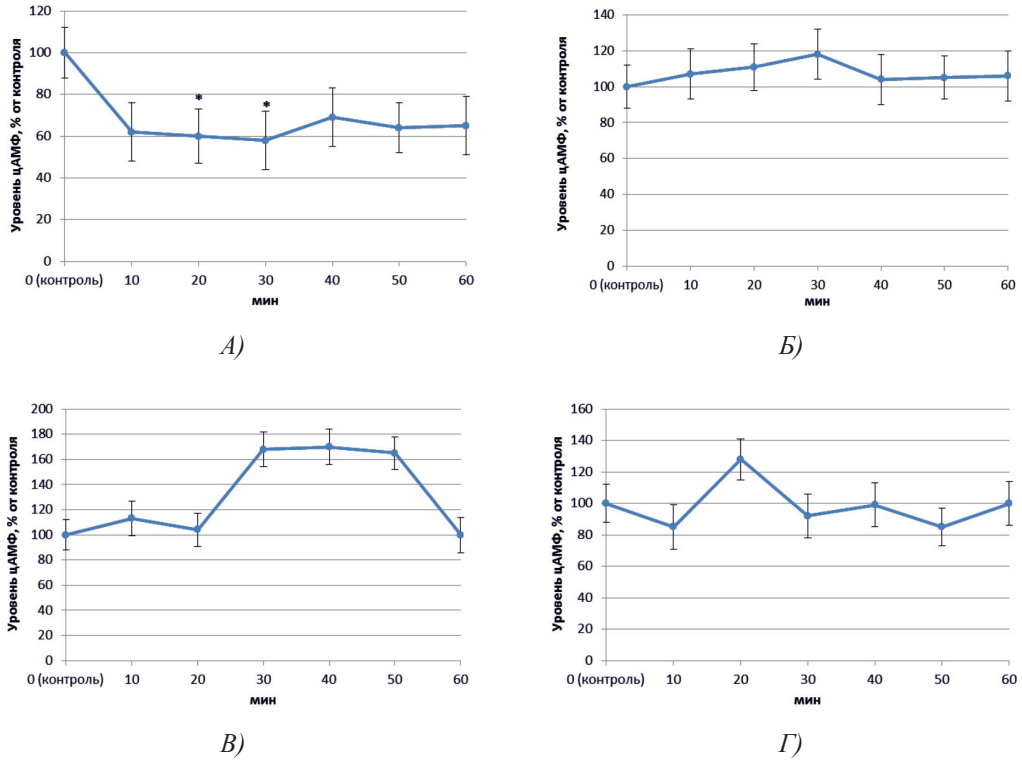


*Рис. 1. Динамика уровня цАМФ в корнях проростков гороха: А) выращенных на воде; Б) инокулированных Rhizobium leguminosarum bv. viceae (CIAM 1022); В) инокулированных Rhizobium leguminosarum bv. viceae (CIAM 1064) и Г) зараженных Pseudomonas syringae pv. pisi. Примечание. * – различия достоверны при p ≥ 0,95; ** – различия достоверны при p ≥ 0,99; *** – различия достоверны при p ≥ 0,999; не помеченные «*» – различия не достоверны*

Результаты исследования и их обсуждение

При выращивании проростков гороха на воде наблюдали снижение уровня цАМФ на протяжении всего эксперимента в среднем на 35–40 % (рис. 1, А).

При добавлении в среду инкубации клубеньковых бактерий эффективного производственного штамма (CIAM 1022) ярко выраженных изменений в концентрации цАМФ не наблюдалось (рис. 1, Б). В свою очередь на фоне инокуляции неэффективным производственным штаммом *Rhizobium leguminosarum* bv. *viceae* (CIAM 1064) в период 30–50 минут происходило значительное увеличение уровня цАМФ (на 70 %) (рис. 1, В). При заражении *Pseudomonas syringae* pv. *pisi* цАМФ оставался на уровне контроля, за исключением периода 20 минут, когда наблюдалось его увеличение на 30 % (рис. 1, Г).

Из литературы известно, что увеличение концентрации цАМФ внутри клеток при стрессе носит защитный характер и способствует активации соответствующих защитных реакций [2]. В связи с этим повышение концентрации цАМФ под влиянием неэффективного штамма ризобий вполне логично и является механизмом, предотвращающим избыточную колонизацию корневой системы растения-хозяина. Пониженный уровень цАМФ при инокуляции эффективным штаммом клубеньковых бактерий, возможно, также выполняет регуляторную функцию, поскольку уменьшение цАМФ в клетке не приводит к запуску защитных реакций и позволяет ризобиям колонизировать клетки корня. Относительно взаимодействия с PS можно полагать, что пониженный уровень цАМФ свидетельствует о степени вирулентности патогена.

Так как основным источником циклического аденозинмонофосфата является аденилатциклаза, в дальнейших исследования изучали не только уровень цАМФ, но и активность синтезирующих его ферментов (тАЦ и рАЦ).

Изучив активность трансмембранной аденилатциклазы (тАЦ), можно сказать, что во всех вариантах наблюдалась тенденция к увеличению активности изучаемого фермента к 60 минутам (рис. 2).

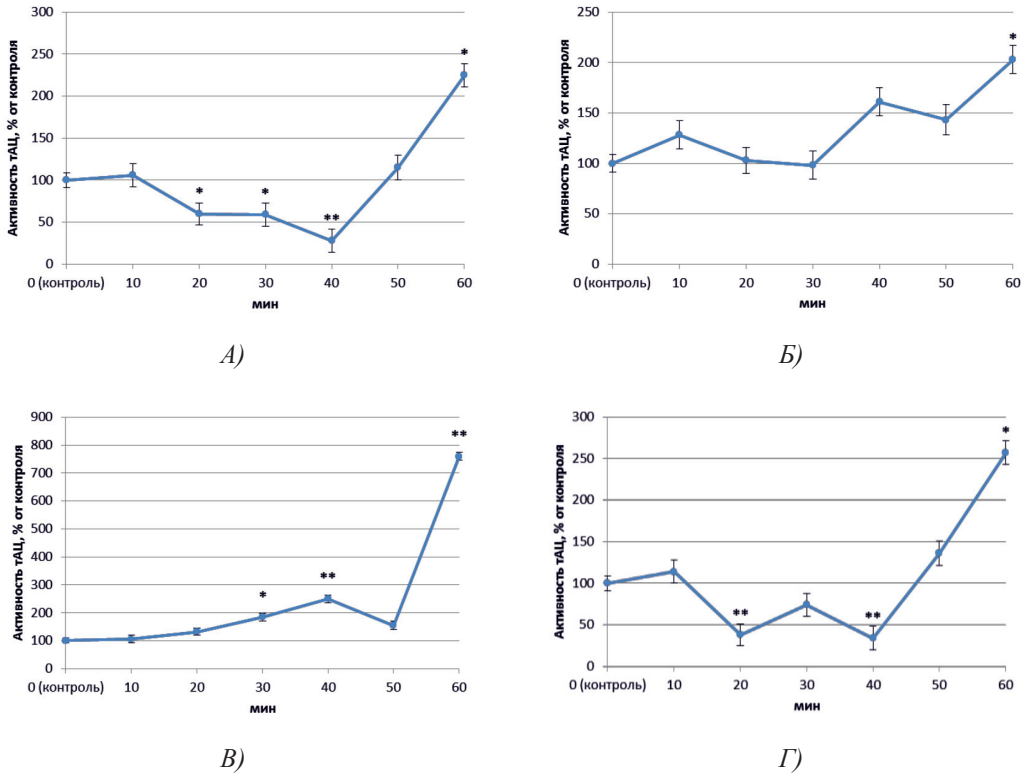


*Рис. 2. Динамика активности тАЦ в корнях проростков гороха: А) выращенных на воде; Б) инокулированных Rhizobium leguminosarum bv. viceae (CIAM 1022); В) инокулированных Rhizobium leguminosarum bv. viceae (CIAM 1064) и Г) зараженных Pseudomonas syringae pv. pisi. Примечание. * – различия достоверны при p ≥ 0,95; ** – различия достоверны при p ≥ 0,99; *** – различия достоверны при p ≥ 0,999; не помеченные «*» – различия не достоверны*

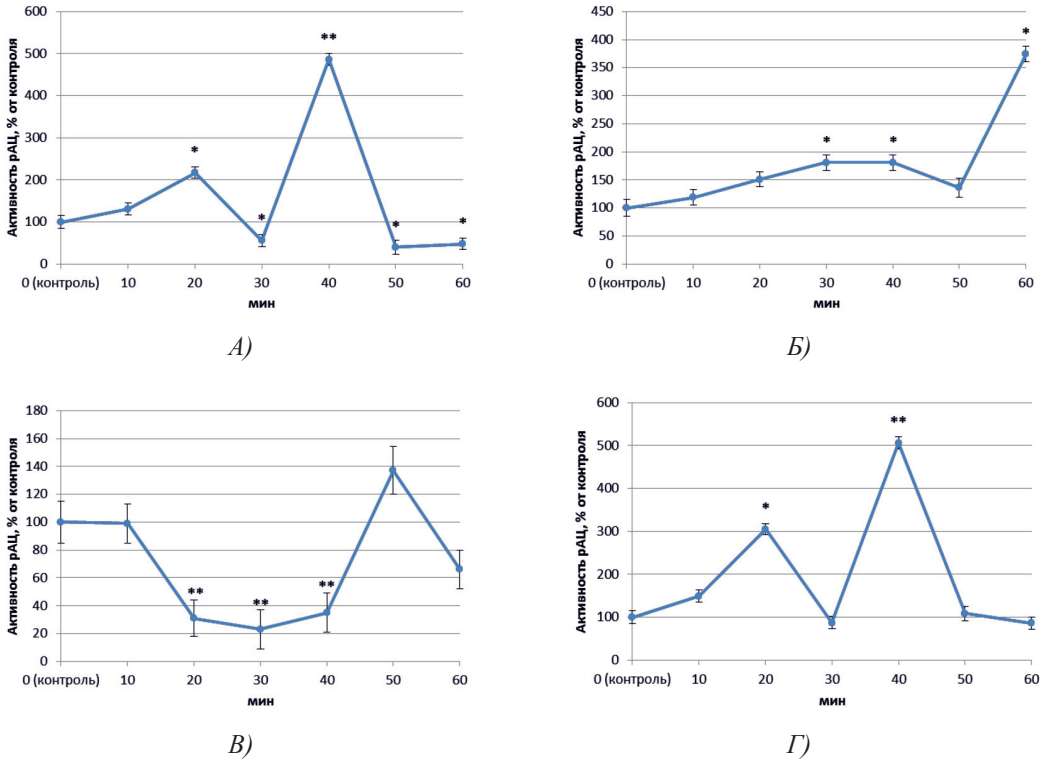


*Рис. 3. Динамика активности рАЦ в корнях проростков гороха: А) выращенных на воде; Б) инокулированных Rhizobium leguminosarum bv. viceae (CIAM 1022); В) инокулированных Rhizobium leguminosarum bv. viceae (CIAM 1064) и Г) зараженных Pseudomonas syringae pv. pisi. Примечание. * – различия достоверны при p ≥ 0,95; ** – различия достоверны при p ≥ 0,99; *** – различия достоверны при p ≥ 0,999; не помеченные «*» – различия не достоверны*

Наибольшее увеличение было вызвано неэффективным штаммом клубеньковых бактерий (650 %) (рис. 2, В), в остальных же вариантах изменение активности составило 100–150 %.

В динамике растворимой аденилатциклазы (рАЦ) в норме также определены ритмичные изменения, которые проявлялись в увеличении активности через 20 и 40 минут (на 127 % и 386 % соответственно) и снижении ее до уровня ниже контрольного через 30 и 50 минут на 50 % в обоих случаях (рис. 3, А). Как и в эксперименте с тАЦ, активность рАЦ при взаимодействии с патогеном практически совпадала с контролем (рис. 3, Г). Наибольшие различия наблюдались при инокуляции клубеньковыми бактериями. Так, при взаимодействии с эффективным штаммом ризобий преобладала тенденция к увеличению активности рАЦ, которая к концу эксперимента выросла почти на 350 % (рис. 3, Б). Неэффективный штамм в свою очередь вызывал снижение активности в интервале от 20 до 40 минут (на 50 %) (рис. 3, В).

Основываясь на данных литературы, можно сказать, что распознавание микросимбионта происходит с участием LysM-рецепторных киназ растения-хозяина, которые воспринимают сигналы от экзометаболитов микроорганизмов, в частности экзополисахаридов и Nod-факторов, позволяя сигнальным системам растения реагировать на биотические воздействия [1, 4, 5]. Так, аденилатциклазная сигнальная система, изменяя активность трансмембранной аденилатциклазы – основного источника цАМФ, регулирует метаболические реакции растения при биотических стрессах [6].

Труднее объяснить активность рАЦ в клетках корня гороха. Так как данная форма фермента у растений функционирует во внутриклеточных компартментах, можно предположить, что регуляция ее активности осуществляется посредством внутриклеточного кальция, по аналогии с млекопитающими [2].

Известно, что сигнальные молекулы у растений функционируют взаимосвязанно, на основе чего их можно объединить в сигнальную сеть [7]. В отдельных

работах указывается, что у растений под влиянием биотических стрессов источником первичных сигналов является цАМФ, поскольку доказано, что под влиянием бактериальных элиситоров в растениях повышается концентрация цАМФ, сопровождающаяся изменениями в концентрациях внутриклеточного Ca^{2+}, который в свою очередь может влиять на уровень оксида азота [6]. Поэтому в дальнейших исследованиях интересно будет изучить влияние экзогенного цАМФ на интенсивность флуоресценции оксида азота в норме и на фоне взаимодействия с клубеньковыми и патогенными бактериями.

Заключение

Таким образом, по результатам исследований можно отметить следующие закономерности.

1. Под влиянием симбиотических и патогенных бактерий у проростков гороха обнаружены внутриклеточные колебания в уровне циклического аденозинмонофосфата и активности растворимой и трансмембранной форм аденилатциклазы.

2. Можно предположить, что вышеописанные изменения отдельных компонентов аденилатциклазной сигнальной системы растения-хозяина (тАЦ, рАЦ и цАМФ) могут использоваться растениями в качестве кода для передачи сигнала о взаимодействующем факторе.

Работа выполнена при поддержке Российского фонда фундаментальных исследований (молодежный грант № 18-34-00221 мол_а).

Список литературы

1. Глянько А.К., Ищенко А.А. Иммунитет бобового растения, инфицированного клубеньковыми бактериями *Rhizobium* spp. F. (ОБЗОР) // Прикладная биохимия и микробиология. 2017. Т. 53. № 2. С. 136–145. DOI: 10.7868/S0555109917020106.

2. Ломоватская Л.А., Кузакова О.В., Романенко А.С., Гончарова А.М. Активность аденилатциклаз и изменение концентрации цАМФ в клетках корня проростков гороха при инфицировании мутуалистами и патогенами // Физиология растений. 2018. Т. 65. № 3. С. 310–320. DOI: 10.7868/S0015330318040073.

3. Lomovatskaya L.A., Romanenko A.S., Filinova N.V., Dudareva L.V. Determination of cAMP in plant cells by a modified enzyme immunoassay method. Plant Cell Rep. 2011. vol. 30. P. 125–132. DOI: 10.1007/s00299-010-0950-5.

4. Ferguson B.J., Indrasumunar A., Hayashi S., Lin M-H., Lin Y-H., Reid D.E., Gresshoff P.M. Molecular analysis of legume nodule development and autoregulation. Journal of Integrative Plant Biology. 2010. vol. 52. P. 61–76. DOI: 10.1111/j.1744-7909.2010.00899.x.

5. Gough C., Jacquet C. Nod factor perception protein carries weight in biotic interaction. Trends Plant Sciences. 2013. vol. 18. no. 10. P. 566–574. DOI: 10.1016/j.tplants.2013.06.001.

6. Кузакова О.В., Ломоватская Л.А., Романенко А.С. Влияние различных по симбиотической эффективности штаммов *Rhizobium leguminosarum* bv. *viceae* на изменение концентрации цАМФ и пероксида водорода в клетках проростков гороха // Физиология растений. 2019. Т. 66. № 5. С. 360–366. DOI: 10.1134/S0015330319050129.

7. Granqvist E., Sun J., den CampR. O., Pujic P., Hill L., Normand P., Morris R.J., Downie J.A., Geurts R., Oldroyd G.E.D. Bacterial-induced calcium oscillations are common to nitrogen-fixing associations of nodulating legumes and non-legumes. New Phytol. 2015. vol. 207. P. 551–558.

УДК 504.455:574.63:504.062

ЭКОЛОГИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ СОДЕРЖАНИЯ НЕФТЕПРОДУКТОВ И ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ В АНТРОПОГЕННО ИЗМЕНЕННОМ ВОДОЕМЕ

Козлов А.В., Вершинина И.В.

ФГБОУ ВО «Нижегородский государственный педагогический университет имени Козьмы Минина», Нижний Новгород, e-mail: a.v.kozlov_ecology@mail.ru

В работе дан экологический анализ суммарного содержания нефтепродуктов и некоторых тяжелых металлов (Zn, Cd, Pb, Cu) в водах антропогенно преобразованного водоема культурной зоны – Мухинского озера, расположенного в г. Бор Нижегородской области. Изначально имеющий природный генезис, этот водоем в силу активных инженерных решений по благоустройству территории оказался загрязнен некоторыми поллютантами, претерпел техническое изменение своего строения и оказался в активной фазе эвтрофикации. В результате исследования природно-техногенного водоема было установлено наличие цинка (до 0,3 % от ПДК), кадмия (до 78,2 % от ПДК), свинца (до 62,1 % от ПДК) и меди (до 257 % от ПДК), а также содержание нефтепродуктов в повышенных концентрациях (до 114 % от ПДК), по некоторым из которых были выявлены превышения относительно санитарно-экологических норм. Значительная вариабельность концентрации поллютантов в водах озера (Zn – 102 %, Cd – 66 %, Pb – 82 %, Cu – 141 %, н/п – 12 %) свидетельствует о возможном микрозональном загрязнении по диаметру водоема, а также о его полуприродном генезисе и наличии техногенного воздействия. В целях улучшения экологического состояния рассматриваемого водного объекта необходимо активное внедрение инженерно-технических решений по реабилитации и самовосстановлению озера, к которым можно отнести разбавление водоема и изменение скорости водообмена, удаление донных отложений, контроль насосоудерживающей способности озера и его зарастания макрофитами, использование сорбентов, коагулянтов и флокулянтов, биоманипуляции и использование биопрепаратов, а также балансировка кислотности воды. Подобные меры будут способствовать приведению озера к экологически оптимальному состоянию при условии прекращения неблагополучного техногенного воздействия.

Ключевые слова: техногенное изменение акватории, озерные водные системы, экологический анализ воды, тяжелые металлы, нефтепродукты, благоустройство территории водоема

ENVIRONMENTAL ANALYSIS OF OIL PRODUCTS CONTENT AND HEAVY METALS IN ANTHROPOGENIC MODIFIED WATER

Kozlov A.V., Vershinina I.V.

Minin Nizhny Novgorod State Pedagogical University, Nizhny Novgorod, e-mail: a.v.kozlov_ecology@mail.ru

The work provides an ecological analysis of the total content of oil products and some heavy metals (Zn, Cd, Pb, Cu) in the waters of the anthropogenic transformed water body of the cultural zone «Mukhinsky Lake,» located in the city of Bor of the Nizhny Novgorod region. Initially having a natural genesis, this water body, due to active engineering solutions for the improvement of the territory, was contaminated with some pollutants, underwent a technical change in its structure and was in the active phase of eutrophication. As a result of the study of the natural-man-made water basin, the presence of zinc (up to 0.3 % of TLV), cadmium (up to 78.2 % of TLV), lead (up to 62.1 % of TLV) and copper (up to 257 % of TLV) was found, as well as the content of petroleum products in increased concentrations (up to 114 % of TLV), for some of which excess environmental standards were identified. The significant variability in the concentration of pollutants in the lake waters (Zn – 102 %, Cd – 66 %, Pb – 82 %, Cu – 141 %, O/P – 12 %) indicates possible micro-horizontal contamination by the diameter of the water basin, as well as its semi-natural genesis and the presence of man-made effects. In order to improve the ecological state of the water object under consideration, it is necessary to actively introduce engineering and technical solutions for rehabilitation and self-recovery of the lake, which include dilution of the water basin and change of the rate of water exchange, removal of bottom deposits, control of the lake ‘s storage capacity and its growth by macrophytes, use of sorbents, coagulants and floculants, biomanipulation and use of biopreparations, as well as balancing water. Such measures will contribute to bringing the lake to an environmentally optimal state, provided that the adverse technological impact is stopped.

Keywords: technogenic change of water area, lake water systems, ecological analysis of water, heavy metals, oil products, improvement of water basin territory

Любая городская система в определенный период времени характеризуется рядом специфических, присущих только ей проблем, которые возникают в результате антропогенного воздействия на природные компоненты урбоэкосистемы. Практически повсеместно на территории Российской Федерации чрезвычайно остро стоит вопрос неблагополучного экологического состояния городских водных объектов [1–3].

Рядом современных исследований указывается [4, 5], что усиление темпов негативного воздействия антропогенно-техногенного пресса на состояние водоемов обусловлено в первую очередь ростом промышленных предприятий и городского на-

селения, а также увеличением доли водного и наземного транспорта. Действие данных объектов, имеющее хронический характер, обусловлено газо-пылевыми выбросами, частицы которых оседают на поверхность близлежащих водных объектов, сточными водами, нормативная чистота которых, так или иначе, привносит поллютанты, а также твердыми отходами, негативно действующими в виде опосредованного эффекта через почвы, грунты и грунтовые воды при их складировании и захоронении.

Водоемы в городской черте являются элементами экологической инфраструктуры, они определяют рекреационные свойства городов и формируют ландшафтный облик урбанизированной территории, при этом за счет водных объектов происходит сток поверхностных и дренажных вод в них как в резервуары для очищения и накопления [6–8]. Как правило, городские водные объекты не используют в качестве источников хозяйственно-питьевого водоснабжения, а ценность водоемов на урбанизированной местности заключается в возможности использования их в качестве объектов рекреации (культурно-бытовое водопользование). Также нужно отметить, что экологическое состояние водоемов характеризует социально-экономическую и эстетическую привлекательность городских территорий, без которой не может обойтись ни одна современная городская застройка.

В условиях современной активной урбанизации происходит усиление техногенного воздействия на водные объекты, которое наиболее ярко проявляется на тех водоемах, которые расположены в центре урбанизированной территории (экологические центры каркаса города) [9]. В такие водные объекты стоками с городской местности привносятся загрязняющие вещества, которые ухудшают качество природных вод, нарушают гомеостаз водных экосистем и, как следствие, снижают их способность к самоочищению и самовосстановлению. В свою очередь, зачастую это приводит к усилению процессов эвтрофикации водоемов, их заболачиванию и комплексному нарушению местных биоценозов [10, 11].

В современной урбоэкологии для реализации целей сохранения и оптимизации экологических и социально значимых функций городских водоемов указывается на необходимость комплексного внедрения эффективной инженерно-экологической системы управления урбанизированными водными объектами [12–14]. В свою очередь, проведение мониторинговых исследований по оценке экологического состояния таковых водоемов является одной из первоочередных задач при выявлении их общего состояния.

Цель работы заключалась в оценке экологического состояния антропогенно измененного водоема – Мухинского озера, размещенного в условиях городской среды г. Бор Нижегородской области по содержанию нефтепродуктов и тяжелых металлов как по приоритетным экологическим показателям антропогенеза.

Материалы и методы исследования

Исследования осуществлялись на городском водном объекте г.о. г. Бор Нижегородской области, который был реконструирован в ходе проведения благоустройства территории. Ранее озеро Мухинское представляло собой естественный природный водоем со сложившимися трофическими связями и энергетическими потоками, однако в результате осуществленных технических работ данный исторический памятник центральной части г. Бор превратился в полуискусственную техногенную систему.

В соответствии с проектом «Формирование комфортной городской среды» весной 2018 г. озеро углубили с помощью земснаряда, очистили и сформировали береговую линию. В ходе работ были нарушены подводные ключи, питавшие озеро, в результате чего вода стала постепенно убывать за счет испарения, а озеро пересыхать. Без проведения гидрогеологических исследований чашу озера перенесли на 10 м ближе к зданию местного рынка с целью создания центрального объекта вновь формируемой территории рекреации. Прежнее ложе водного объекта было засыпано песком и щебнем – на первом этапе благоустройства, таким образом, был сформирован искусственный водоем.

В соответствии с генпланом общая площадь водного зеркала искусственной системы составляет 1560 м^2, глубина водоема 73,5 м. Береговая линия водного объекта укреплена шпунтовой стенкой, пешеходные дорожки вокруг озера выполнены из пластиковой террасной доски. Чаша озера размещена таким образом, что все рядом мигрирующие городские стоки несут свои воды непосредственно в водный объект.

В весенний период 2019 г. искусственно сформированная система пересохла, и вода из озера полностью ушла. За первые два месяца лета 2019 г. чашу водоема многократно наполняли водопроводной водой, подпитывая его искусственно, однако вода в озере не задерживалась. В июле 2019 г. были осуществлены работы по изоляции дна с помощью геомембраны, поверх изоляционного материала уложен слой песка, чаша вновь заполнена водой, сформирована искус-

ственная система подпитки озера. Результатом выполненных работ явился интенсивно протекающий процесс эвтрофизации водоема, после чего была предпринята попытка удалить все поверхностные цветущие водоросли из водной среды механическим путем, а затем в осенний период вода вновь была химически обработана.

Для проведения экологического анализа Мухинского озера в середине марта 2020 г. проводили отбор проб воды из четырех точек, расположенных равномерно по диаметру озера, непосредственно после схода снежного покрова и льда с водного зеркала исследуемого объекта (рис. 1).

Анализ показателей качества воды производился на базе Эколого-аналитической лаборатории мониторинга и защиты окружающей среды при НГПУ им. К. Минина; аналитическая повторность – трехкратная. Оценка экологического состояния воды Мухинского озера проводилась по наиболее приоритетным показателям, отражающим наличие и интенсивность техногенного воздействия на водоемы [15]. В пробах воды определяли содержание наиболее распространенных тяжелых металлов в общей (суммарной) форме – цинка, кадмия, свинца и меди, а также суммарное содержание нефтепродуктов.

Анализ воды по определению концентрации тяжелых металлов проводили инверсионно-вольтамперометрическим методом на анализаторе ТА-Lab по ПНД Ф 14.1:2:4.222-06 «Методика измерений массовой концентрации цинка, кадмия, свинца и меди в водах питьевых, природных и сточных методом инверсионной вольтамперометрии на анализаторах типа ТА»; определение содержания нефтепродуктов проводили флуориметрическим способом на анализаторе ФЛЮОРАТ 02-4М по ПНД Ф 14.1:2:4.128-98 «Методика измерений массовой концентрации нефтепродуктов в пробах природных (включая морские), питьевых и сточных вод флуориметрическим методом на анализаторе жидкости «Флюорат-02»».

Результаты исследования и их обсуждение

В результате проведенного анализа было установлено, что в целом воды Мухинского водоема характеризовались наличием определенного количества тяжелых металлов, в частности цинка и кадмия (рис. 2).

Содержание цинка оказалось наименьшим в точке 3, а наибольшим из всех определенных – в точке 2, превышающим минимальное значение в 77,1 раза. Несколько иная, гораздо менее похожая по вариабельности картина сложилась по концентрации кадмия: его минимальное количество оказалось в точке 1, а максимальное – в точке 4, увеличенное относительно первой точки отбора в 3,9 раза. Достаточно высокий уровень вариации уровня концентрации тяжелых металлов в воде, по-видимому, был обусловлен отсутствием проточности водоема, а также микрозональным загрязнением. Превышенных относительно допустимых концентраций значений содержания цинка и кадмия в исследуемых водах установлено не было.

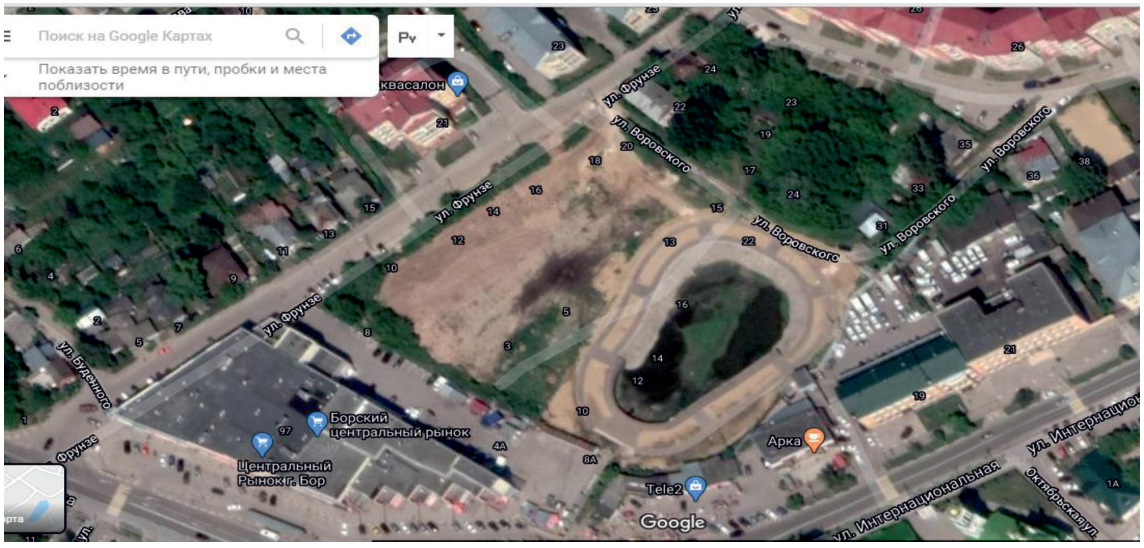


Рис. 1. Территория г. Бор с полуприродным комплексом «Мухинское озеро»

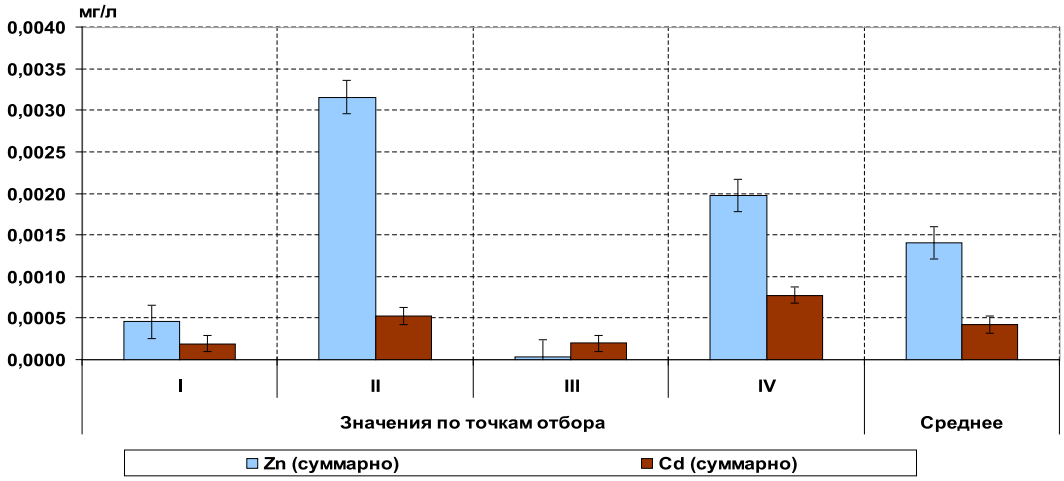


Рис. 2. Суммарное содержание соединений цинка и кадмия в водах антропогенно измененного водоема «Мухинское озеро» (2020 г.)

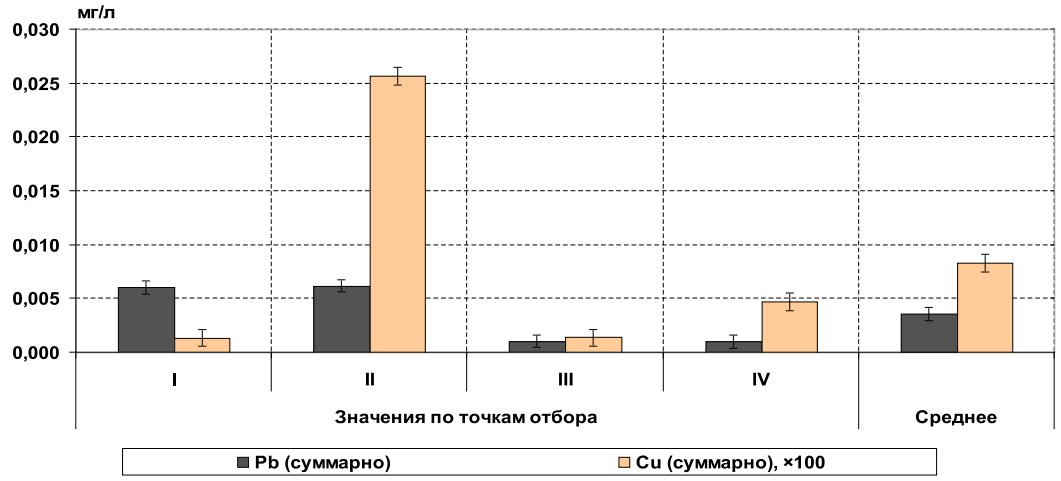


Рис. 3. Суммарное содержание соединений свинца и меди в водах антропогенно измененного водоема «Мухинское озеро» (2020 г.)

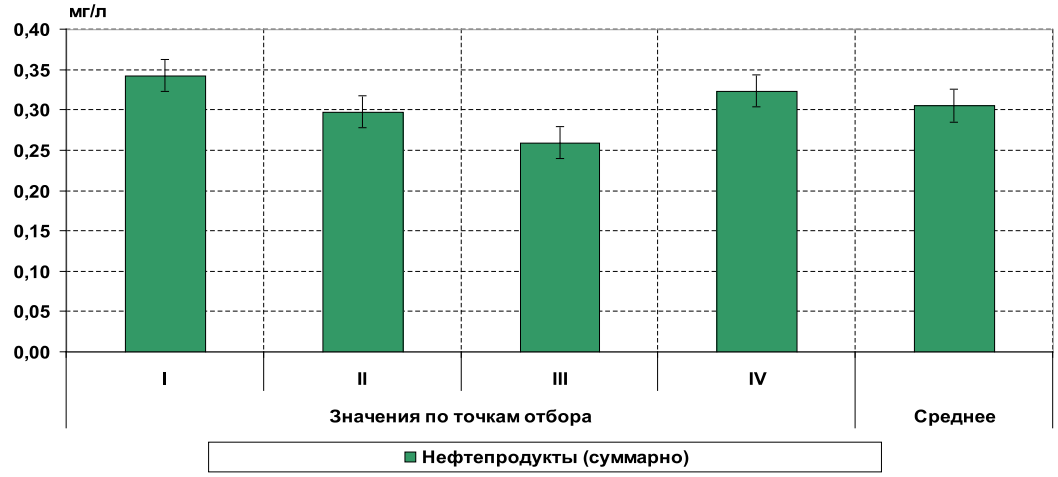


Рис. 4. Суммарное содержание нефтепродуктов в водах антропогенно измененного водоема «Мухинское озеро» (2020 г.)

Данные вариационного анализа показателей содержания тяжелых металлов и нефтепродуктов в природно-техногенном водоеме «Мухинское озеро» (Нижегородская область, 2020 г.)

Показатель	Минимальное значение (Min)	Максимальное значение (Max)	Среднее значение (M)	Ошибка среднего значения (m)	Коэффициент вариации (V,%)	ПДК*
Zn (суммарно)	0,000041	0,003162	0,001411	0,00072	102	1,0
Cd (суммарно)	0,000198	0,000782	0,000428	0,00014	66	0,001
Pb (суммарно)	0,001034	0,006213	0,003599	0,00147	82	0,01
Cu (суммарно)	0,137011	2,570014	0,829636	0,58538	141	1,0
Нефтепродукты	0,260	0,343	0,306	0,018	12	0,3

Примечание. ПДК – согласно ГН 2.1.5.1315-03 «Предельно допустимые концентрации (ПДК) химических веществ в воде водных объектов хозяйственно-питьевого и культурно-бытового водопользования», ГН 2.1.5.2280-07 Дополнения и изменения № 1 к ГН 2.1.5.1315-03, ГН 2.1.5.2307-07 «Ориентировочные допустимые уровни (ОДУ) химических веществ в воде водных объектов хозяйственно-питьевого и культурно-бытового водопользования».

Содержание в водах озера свинца и меди, представленное на рис. 3, также имело заметный уровень колебания в зависимости от точки отбора пробы. Например, наибольшая концентрация свинца была выявлена также в точке 2, а наименьшая – в точке 4; при этом в точке 2 уровень содержания металла превышал минимальное значение в 6 раз. Чего нельзя сказать про содержание меди в водах Мухинского озера. Здесь вариабельность между наибольшим и наименьшим значением достигала 18,7 раза между показателями 0,137011 мг/л и 2,570014 мг/л.

Очевидно, что, несмотря на столь несущественные размеры водоема, уровень токсичности его вод может быть различным, что оказалось продиктовано значительным разбросом уровня показателей содержания тяжелых металлов в диаметре водного объекта. Также необходимо отметить, что по накоплению в воде меди было установлено превышение относительно ПДК в 2,6 раза.

Относительно накопления нефтепродуктов в водах озера, показанного на рис. 4, необходимо отметить, что их суммарное содержание в целом было достаточно повышенным и по точкам отбора 1 и 4 превышало установленные нормы соответственно в 1,14 и 1,02 раза.

Однако между точками отбора заметной разницы в показателе не обнаружилось – кратность повышения в содержании нефтепродуктов в водах достигала лишь 1,3 раза. Данные статистической обработки показателей, представленные в таблице, свидетельствуют об уровне значимости их вариации при $p < 0,05$.

Из таблицы следует, что очень существенной вариабельностью характеризовалось содержание в водах озера цинка и меди (более 100%), значительной вариабельностью – содержание кадмия и свинца (60–80%) и несущественной – суммарное содержание нефтепродуктов (менее 20%). Полученный разброс данных свидетельствует об антропогенном микрозональном загрязнении водоема, а также о факте его техногенного преобразования.

Заключение

В результате экологического анализа природно-техногенного водоема, находящегося в культурной зоне «Мухинское озеро» г. Бор Нижегородской области, было установлено наличие цинка, кадмия, свинца и меди, а также содержание нефтепродуктов в повышенных концентрациях, по некоторым из которых были установлены превышения относительно санитарно-экологических норм. Значительная вариация концентрации поллютантов в водах озера свидетельствует о возможном микрозональном загрязнении по диаметру водоема, а также о его полуприродном генезисе. В целях улучшения экологического состояния рассматриваемого водного объекта необходимо активное внедрение инженерно-технических решений по реабилитации и самовосстановлению озера, к которым можно отнести: разбавление водоема и изменение скорости водообмена, удаление донных отложений, контроль насосоудерживающей способности озера и его зарастания макрофитами, использование сорбентов, коагулянтов и флокулянтов, биоманипуляция и использование биопрепаратов, а также балансировка кислотности воды. Подобные меры будут способствовать приведению озера к экологически оптимальному состоянию при условии прекращения неблагополучного техногенного воздействия.

Список литературы

1. Берникова Т.А., Цупикова Н.А., Нагорнова Н.Н. Роль водных объектов в обеспечении устойчивого развития городской среды (на примере бассейна пруда Верхнего в г. Калининграде // Вестник Российского университета дружбы народов. Серия: Экология и безопасность жизнедеятельности. 2013. № 4. С. 97–106.

2. Козлов А.В., Вершинина И.В. Применение гидробиологических показателей для оценки экологического состояния крупных водоемов (на примере Чебоксарского водохранилища) // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. 2019. № 11. С. 15–20.

3. Kozlov A.V., Vershinina I.V., Volkova A.V., Uromova I.P., Novik I.R., Zhadaev A.Yu., Avdeev Yu.M. Environmental performances and biological toxicity of snowpack water. International Journal of Engineering and Advanced Technology. 2019. Vol. 9. № 1. P. 4967–4971.

4. Теличенко В.И., Курочкина А.В. Методология оценки техногенного загрязнения водных объектов урбанизированных территорий // Вестник МГСУ. 2016. № 6. С. 80–89.

5. Козлов А.В., Маркова Д.С., Соколюк С.А., Тогузов В.И. Экспертиза эколого-гидрохимического состояния памятника природы – озера «Светлояр» Нижегородской области // Успехи современного естествознания. 2019. № 6. С. 74–81.

6. Крохалева С.И., Чепиль А.П. Сравнительный анализ экологического состояния водных рекреационных объектов г. Биробиджана // Вестник Приамурского государственного университета им. Шолом-Алейхема. 2016. № 3 (24). С. 14–26.

7. Маркова С.М., Наркозиев А.К. Методика исследования содержания профессионального образования // Вестник Мининского университета. 2019. Т. 7. № 1 (26). С. 2.

8. Козлов А.В., Тарасов И.А., Дедык В.Е. Эколого-гидрохимическая характеристика акватории озера «Ключик» Павловского района Нижегородской области // Современные проблемы науки и образования. 2017. № 1. URL: http://science-education.ru/ru/article/view?id=25909 (дата обращения: 26.05.2020).

9. Шабанов В.А., Шабанова А.В. Управление качеством городской среды: два подхода к реабилитации водных объектов // Международный научно-исследовательский журнал. 2017. № 7–2 (61). С. 51–58.

10. Горюнова С.И. Влияние антропогенного воздействия на экологическое состояние малой городской реки // Вестник Московского университета. Серия 3 «Естественные науки». 2010. № 2. С. 57–64.

11. Усманова Л.И. Характеристика химического состава речных вод на территории и в окрестностях города Читы // Успехи современного естествознания. 2018. № 7. С. 200–208.

12. Суппес Н.А. Влияние хозяйственной деятельности на экологическое состояние водоемов города Ишима // Самарский научный вестник. 2018. Т. 7. № 3 (24). С. 98–103.

13. Мялкина Е.В. Диагностика качества образования в вузе // Вестник Мининского университета. 2019. Т. 7. № 3 (28). С. 4.

14. Дмитриев В.В., Боброва О.Н., Грачева И.В., Колодкин П.А., Примак Е.А., Седова С.А., Четверова А.А. Мониторинг и моделирование продукционно-деструкционных отношений в водных экосистемах // Успехи современного естествознания. 2019. № 1. С. 82–87.

15. Козлов А.В. Лабораторно-инструментальные методы исследований в экологии объектов окружающей среды: учебно-методическое пособие. Н. Новгород: НГПУ им. К. Минина, 2016. 89 с.

УДК 631.422:712.3

ОСОБЕННОСТИ РАССЫПНЫХ И ПАКЕТИРОВАННЫХ ГРУНТОВ, ПРЕДНАЗНАЧЕННЫХ ДЛЯ ВЫРАЩИВАНИЯ ПОСАДОЧНОГО МАТЕРИАЛА И ОЗЕЛЕНИТЕЛЬНЫХ РАБОТ

Лысиков А.Б.

ФГБУН «Институт лесоведения РАН», Московская область, п/о Успенское, e-mail: lysikov@yandex.ru

В работе рассматриваются актуальные вопросы, связанные с оценкой характеристик и свойств различных рассыпных и пакетированных почвенных смесей и растительных грунтов. Обсуждаются вопросы качества и пригодности почвенно-органических субстратов, наиболее часто предлагаемых в московском регионе для целей растениеводства. Проведена характеристика основных типов реализуемых рассыпных растительных субстратов, таких как торф и торфогрунты, «чернозем», «земляная смесь», «пойменная земля», сапропель, тепличный грунт, навоз и торфонавозные смеси. Обсуждается оптимальный состав рассыпных посадочных смесей для проведения питомниководческих и озеленительных работ. Оценка качества изученных пакетированных грунтов на торфяной основе продемонстрировала отсутствие полной гарантии их соответствия задачам растениеводства и озеленения. Из шести оцениваемых образцов растительного грунта только четыре («Morris Green», «Terra Vita», «Земля для ваших любимых растений», «Добрый помощник») оказались подходящими для проращивания семян и выращивания растений, использование грунта «Микропарник» показало уменьшение значения сохранности проростков и всхожести семян, а грунт универсальный «ЭКЗО» оказался непригодным для вегетации растений. Проблемы качества предлагаемых на рынке растительных грунтов и почвенных смесей диктуют необходимость ужесточения отраслевых стандартов и привлечения квалифицированных специалистов с агрономическим или агрохимическим образованием в организации, выполняющие питомниководческие и озеленительные работы, для обеспечения контроля качества применяемых почвенных субстратов.

Ключевые слова: почва, почвенная смесь, торф, рассыпной органический субстрат, пакетированный субстрат, качество грунтов, фитотоксичность, прорастание семян

FEATURES OF PLACER AND PACKAGED SOIL GROUNDS INTENDED FOR GROWING PLANTING MATERIAL AND LANDSCAPING

Lysikov A.B.

Institute of Forest Science, RAS, Moscow region, Uspenskoe, e-mail: lysikov@yandex.ru

The paper deals with topical issues related to the evaluation of the characteristics and properties of different placer and packaged soil mix and organic grounds. The quality and suitability of soil and organic substrates, most commonly on offer in the Moscow region for the purpose of crop production are discussed. Characteristics of the main types of placer organic substrates, such as peat and peat soils, «chernozem», «soil mixture», «floodplain land», sapropel, greenhouse soil, manure and peat-dung mixture are conducted. The optimal composition of placer planting mix for nursery management and planting work are discussed. Evaluation of the quality proposed for implementation of packaged substrates based on peat showed the absence of a full guarantee of their suitability for the purpose of growing plant material. Of the six evaluable samples of organic mix only four («Morris Green», «Terra Vita», «Earth for your favorite plants», «Kind helper») was suitable for germination of seeds and growing plants, the soil «Microparnic» demonstrated lower value of seed germination and preservation of seedlings, and universal soil «EKZO» proved to be unsuitable for plant growth. Quality problems of soil mixtures and organic soils proposed on the market dictate the need for tougher industry standards and skilled professionals with agricultural or agrochemical education for organizations of nursery management and planting work with the aim of ensure quality control used soil substrates.

Keywords: soil, soil mix, peat, placer organic substrates, packaged substrates, soil quality, phytotoxicity, seed germination

Для выращивания растений в соответствии с задачами питомниководства, озеленения территорий и внутренних интерьеров налажен промышленный выпуск различных рассыпных и пакетированных почвенных смесей и растительных грунтов. От их характеристик и свойств напрямую зависит всхожесть высеваемых семян, рост проростков и саженцев, успешность вегетации высаженного на объектах посадочного материала [1; 2]. При этом качество субстратов по содержанию элементов питания, фитотоксичности и другим параметрам не всегда соответствует принятым законодательным нормативам [3]. В связи с этим представляется важным обсудить актуальные аспекты, связанные с качеством и пригодностью наиболее часто предлагаемых в московском регионе рассыпных и пакетированных почвенно-органических субстратов.

Целью данной работы было изучение ассортимента, характеристика и оценка качества и пригодности некоторых рассыпных и пакетируемых грунтов, предлагаемых к использованию для целей растениеводства и для озеленительной практики.

Материалы и методы исследования

Материалами исследования служили результаты собственных работ по выявлению и характеристике наиболее часто предлагаемых грунтов и почвосмесей, данные по органолептической оценке качества пакетированных грунтов, изучению аналитических показателей их кислотности и фитотоксических свойств, а также современные литературные источники, посвященные этим вопросам.

Результаты исследований и их обсуждение

В настоящее время качество почв и грунтов, используемых при озеленительных работах, а также в питомниководческой практике вызывает частые нарекания. Анализ образцов используемых грунтов, проводимый в последние годы Объединением административно-технических инспекций Москвы свидетельствует, что от половины до двух третей из них по содержанию элементов питания и фитотоксичности не соответствуют нормативам по требованиям Правил создания, содержания и охраны зеленых насаждений г. Москвы [3; 4]. В этой связи становится очевидной актуальность контроля качества почвенных субстратов и растительных грунтов, используемых в ходе реализации проектов городского и коттеджного озеленения.

Гарантией пригодности почвенного субстрата для озеленительных работ является сертификация его качества на основании анализа агрохимических показателей, выполненного в сертифицированной лаборатории. Однако предъявляемые поставщиками сертификаты могут вызывать сомнение, и окончательное решение о возможности применения того или иного растительного грунта исполнитель работ нередко принимает на основании его органолептической оценки.

В соответствии с нормативными документами, устанавливающими требования к качеству почвенных субстратов, грунты должны соответствовать весьма жестким параметрам [3]. Структура грунтов должна быть однородной, комковатой, с размерами агрегатов не более 1 см, иметь супесчаный или суглинистый состав с содержанием физической глины от 15 до 35%. Почвогрунты должны содержать достаточное количество питательных веществ в подвижной форме (5–20 мг/100 г N и 10–20 мг/100 г K и P), кислотность должна быть в диапазоне 5,5–6,0 (KCL) и 6,1–7,1 (H2O), содержание органического вещества 4-15%.

Наилучшее качество грунтов обеспечивают, как правило, крупные, хорошо зарекомендовавшие себя на рынке производители, выпускающие сертифицированные почвенные смеси, получившие сертификат соответствия «Экологичные почвогрунты». Тем не менее различные почвогрунты реализуют как крупные агропромышленные фирмы, так и мелкие частные предприятия. Что же представляют собой по качеству и степени пригодности для растениеводческих и озеленительных работ наиболее часто предлагаемые в московском регионе рассыпные почвенные субстраты и грунты? Наши исследования показали, что наиболее часто встречается следующая продукция.

Торф верховой – буровато-желтый слаборазложившийся торф с верховых сфагновых болот, характеризующийся высокой кислотностью и влагоемкостью, низкой зольностью, бедностью элементами питания, особенно фосфором и калием. Обычно используется для приготовления почвенных смесей. Нередко применяется также для мульчирования почвы и заправки почвенных ям под ацидофильные растения (рододендроны, верески и др.).

Торф низинный – темно-бурый, иногда почти черный, сильно разложившийся торф, разрабатываемый на низинных болотах грунтового питания. Имеет слабокислую или реже нейтральную реакцию, по сравнению с другими торфами несколько богаче азотом и зольными элементами. Наиболее качественный торф – выветренный, фрезерованный, однородный, без грубых включений. Используется для приготовления почвенных смесей, компостов, а также для мульчирования посадок.

Торф переходный – бурого цвета, промежуточный по своим характеристикам между низинным и верховым торфами. Как и другие виды торфа, обычно имеет низкое содержание ионов калия и фосфора. Используется для приготовления компостов и почвенных смесей. Следует отметить, что в упомянутых выше нормативных документах, в частности, указано, что непосредственное применение торфов в качестве почвогрунтов запрещается.

Торфгрунты (торфоземельные и торфопесчаные смеси) – смеси супесчаной (суглинистой) почвы или песка с торфом в разных пропорциях, обычно с преобладанием торфа. Именно торфогрунты чаще всего предлагаются для растениеводческих и озеленительных задач. Торфогрунты можно встретить также под названиями «садовая земля», «растительный грунт на основе торфа», «растительная земля», «плодородный грунт». Значительно раз-

личаются по характеристикам и качеству у разных производителей.

Чернозем – материал темноокрашенного гумусового горизонта черноземных почв, развитых под лесостепной и степной растительностью. Чернозем – чрезвычайно плодородный почвенный субстрат, богат органическим веществом, азотом и зольными элементами, обменными основаниями, реакция его близка к нейтральной. Однако в чистом виде использовать чернозем для ландшафтных работ не рекомендуется, особенно на участках с тяжелыми, сырыми почвами. Причина – почти неизбежное заиливание и заплывание поверхности почвы на участке в условиях климата средней полосы России, а в случае пересыхания – образование плотной корки. Получить подходящие для ландшафтных работ почвенные смеси можно при смешивании с черноземом песка и торфа в количестве 20-30%. Следует отметить, что нередко под видом чернозема предлагается высокозольный низинный торф.

Срезка – смесь материала верхних горизонтов почвы, добытая с разрабатываемых для разных целей земельных участков. Предлагается к реализации под названиями: «природный почвенный слой», «срез с полей», «земляная смесь», «суглинок» или «супесь». Срезка может быть самой различной по гранулометрическому составу и свойствам, в зависимости от характера и типологической принадлежности почвы в месте ее заготовки. Согласно действующим СНиП**,** на почвах подзолистого типа растительные грунты, применяемые для озеленения территорий, необходимо заготавливать путем снятия верхнего слоя земли на глубину 7–20 см. Эти правила часто нарушаются, поскольку, по нашим оценкам, в составе срезки нередко отмечается наличие материала иллювиальных горизонтов почвы.

Срезку используют для засыпки неровностей ландшафта, поднятия уровня поверхности участка, для формирования искусственного рельефа. Непосредственно для посадок растений и создания газонов срезку использовать не рекомендуется. В зависимости от места ее отбора, она может быть малоплодородной, загрязненной противогололедными реагентами, тяжелыми металлами или радионуклидами, в ней могут присутствовать строительный мусор и семена сорных видов растений.

Сапропель – плодородный прудовой или озерный донный ил, богатый органическим веществом. Используется, главным образом, как компонент почвенных смесей и ценное органическое удобрение. В качестве посадочного субстрата использовать его нецелесообразно, в основном по причине неблагоприятной структуры и тяжелого механического состава. Применение сапропеля требует повышенного внимания, так как в его составе могут присутствовать повышенные количества радионуклидов и тяжелых металлов. Встречаются случаи, когда под видом сапропеля предлагаются осадки сточных вод из аэротенков и других очистных сооружений.

Пойменная земля – имеющий темную окраску органогенный горизонт аллювиальных почв, сформированных под заливными лугами, в поймах рек при участии паводковых, богатых илом вод. Пойменная земля варьирует по составу, реакция ее может быть от кислой до нейтральной, часто отличается высоким содержанием гумуса и зольных элементов. Как и сапропель, может быть загрязнена тяжелыми металлами и радионуклидами.

Навоз – органическое удобрение, улучшающее агрохимические свойства практически любой почвы. Содержит необходимый растениям набор элементов питания в доступной, легко усвояемой форме. Обычно к продаже предлагается навоз крупного рогатого скота, реже – менее ценный свиной и наиболее качественный конский, часто – в смеси с соломой. Навоз используют только в перепревшем виде и в качестве удобрения. В навозе могут содержаться семена сорных растений, не потерявшие всхожести. Иногда предлагается под названием «перегной».

Торфонавозная смесь – редко предлагаемая смесь навоза с торфом в разном соотношении, обычно 1:3–1:5. При условии продолжительного компостирования и дополнительного известкования – это ценный, плодородный субстрат, но также рекомендуемый к использованию как удобрение. Как и навоз, такой компост может содержать семена сорняков.

Тепличный грунт – отработанный почвенный субстрат из теплиц и парников темно-бурого или черного цвета. Рассыпчатый, имеет низкий объемный вес, как правило, крайне беден азотом и зольными элементами. Может содержать пестициды и семена культурных растений [4].

Анализ предложения почвенных субстратов и растительных грунтов, предназначенных для использования в ландшафтной и растениеводческой практике, свидетельствует о том, что оно до сих пор не урегулировано. Далеко не всегда приобретаемый грунт можно непосредственно использовать для посадок древесно-кустарниковых и травянистых растений, посева газонов.

Среди предлагаемых субстратов могут оказаться как пригодные для непосредственного использования на озеленяемой территории, так и малопригодные, в лучшем случае требующие мелиорации (внесения удобрений, известкования, улучшения грануломет-рического состава и др.), а в ряде случаев и опасные для применения вследствие высокого содержания пестицидов, тяжелых металлов, радиоактивных веществ.

Согласно нашей оценке, для проведения ландшафтных работ оптимальными из предлагаемых растительных субстратов можно считать гомогенизированные, раскисленные торфопесчаные и торфоземельные смеси с добавлением минеральных удобрений, сапропеля или компоста. При этом соотношения различных компонентов в смесях должны подбираться в соответствии с особенностями их использования под конкретные культуры. В связи с большим разнообразием и разным качеством предлагаемых на рынке растительных грунтов и почвенных смесей, с целью обеспечения необходимого контроля качества применяемых почвенных субстратов необходимо ужесточение отраслевых стандартов на посадочные смеси. Кроме того, в штат крупных организаций, выполняющих питомниководческие и озеленительные работы, целесообразно обязательное привлечение квалифицированных специалистов с агрономическим или агрохимическим образованием.

Кроме рассыпных субстратов, объектами исследования послужили также шесть наименований различных пакетированных растительных грунтов, реализуемых в торговой сети и предназначенных для выращивания плодоовощных и декоративных растений в открытом и закрытом грунте. Пакетированные грунты оценивались по внешним качественным признакам, в их образцах также проводили измерение реакции солевой вытяжки, в том числе и на предмет сравнения с заявленными производителем значениями этого показателя. Обменную кислотность (в вытяжке KCl) определяли в 3-кратной повторности с помощью иономера И-500. Кроме того, проводили изучение фитотоксических свойств испытуемых грунтов с помощью биотестов на всхожесть семян кресс-салата.

Для изучения были отобраны широко реализуемые растительные грунты следующих наименований и производителей: «Земля для ваших любимых растений» – ООО «ФАСКО+», «TERRA VITA» («Живая земля») – ЗАО «МНПП «ФАРТ», «MORRIS GREEN» – торфопредприятие «Пельгорское-М», «Микропарник» (торговая марка «Агрикола») – производитель «Грин Бэлт», «Добрый помощник» – торфопредприятие «Пельгорское-М», «Грунт универсальный «ЭКЗО» (торговая марка «Селигер-АГРО») – ЗАО «Селигер-Холдинг».

Как показали наши исследования, приводимые изготовителями на упаковках значения содержания элементов питания в грунтах близки к оптимальным или несколько ниже оптимальных, а в некоторых случаях – весьма высокие («Morris Green») [3]. Указанные на упаковках цифровые данные, однако, имеют разную размерность (мг/л, мг/кг) что не во всех случаях дает возможность корректного сравнения показателей. Поскольку все грунты произведены на основе торфов, главным образом верховых, изначально характеризующихся невысоким содержанием азота и зольных элементов и достаточно высокой кислотностью, при их приготовлении использовались раскисляющие компоненты и минеральные удобрения, а иногда и стимуляторы роста (гуминовые вещества). В части грунтов присутствуют также минеральные сорбенты (агроперлит) и песок. При анализе грунтов оказалось, что из всех изучаемых лишь один имел значение кислотности, попадающее в диапазон, указанный производителем.

1. Питательный грунт «Земля для ваших любимых растений», производитель ООО «ФАСКО».

Грунт торфяной (мезотрофно-олиготрофный). Заявленное содержание всех элементов питания близкое к оптимальному для торфяных почв. Заявленное значение pH 5,5–6,5 (вытяжка не указана), измеренное значение pH (KCl) – 4,90.

2. Грунт «TERRA VITA» («Живая земля»), производитель ЗАО «МНПП «ФАРТ».

Грунт торфяной (мезотрофно-олиготрофный). Заявленное содержание элементов питания несколько ниже оптимального для торфяных почв. Заявленное значение pH 6,0–6,5 (вытяжка KCl), измеренное значение pH (KCl) – 6,85.

3. Грунт универсальный «Morris Green», производитель: торфопредприятие «Пельгорское-М».

Грунт торфяной (преимущественно олиготрофный). Заявленное содержание элементов питания несколько выше оптимального для торфяных почв. Заявленное значение pH 6,0–6,5 (вытяжка KCl), измеренное значение pH (KCl) – 5,80.

4. Почвогрунт универсальный «Добрый помощник», производитель: торфопредприятие «Пельгорское-М».

Грунт торфяной (преимущественно олиготрофный), Заявленное содержание элементов питания несколько ниже опти-

мального для торфяных почв. Заявленное значение pH 6,0–6,5 (вытяжка KCl), измеренное значение pH (KCl) – 5,55.

5. Грунт растительный «Микропарник», торговая марка «Агрикола», производитель «Грин Бэлт».

Грунт торфяной (преимущественно олиготрофный). Заявленное содержание элементов питания оценить сложно, обозначен только нижний предел содержания, который несколько меньше оптимального значения для торфяных почв. Заявленное значение pH 5,5–6,5 (вытяжка KCl), измеренное значение pH (KCl) – 4,25. Образец этого грунта имеет самую высокую кислотность из всех изучаемых грунтов.

6. Грунт универсальный «ЭКЗО», торговая марка «Селигер-АГРО», производитель: ЗАО «Селигер-Холдинг».

Грунт торфяной (эутрофно-олиготрофный), грубый, неоднородный по составу, с включениями крупных неминерализованных корней и фрагментов древесины. Заявленное содержание элементов питания ниже оптимального для торфяных почв. Заявленное значение pH 6,0–6,5 (вытяжка не указана), измеренное значение pH (KCl) – 6,00.

Чтобы оценить качество реализуемых растительных грунтов, проводили изучение их агрономических особенностей и фитотоксичности с помощью биотестов на всхожесть семян. В качестве тест-культуры был выбран кресс-салат – традиционный тест-объект для оценки качества почв и грунтов [5]. Семена салата обладают высокой энергией прорастания и довольно низкой толерантностью к токсическим факторам, поэтому традиционно используются как биоиндикатор для экспресс-оценки фитотоксичности почв [4; 6]. Семена салата (сорт «4 сезона») высаживали в стерилизованные пластиковые контейнеры, заполненные образцами изучаемых грунтов в количестве 20 шт. на каждый образец. Условия освещения и влажности при проращивании семян для всех вариантов грунтов были одинаковыми.

В результате биотеста оказалось, что в первых 4 вариантах семена салата показали высокую всхожесть и нормальное развитие (таблица). Некоторое отставание по энергии прорастания и всхожести отмечалось на грунте «Микропарник», что может объясняться высокой кислотностью данного субстрата. Наиболее низкие результаты всхожести и энергии прорастания семян отмечали в варианте с грунтом «ЭКЗО», при этом на 5–6-е сутки часть проростков салата стала гибнуть от так называемой черной ножки, которую, как известно, вызывают паразитические почвенные грибы и бактерии. Во всех остальных вариантах случаев появления инфекции не отмечали. Можно констатировать, что грунт «ЭКЗО», который и по внешним признакам негативно отличался от всех изучаемых грунтов, проявляет свойства фитотоксичности и инфицирован патогенной микрофлорой.

Заключение

В работе охарактеризованы наиболее распространенные почвенно-грунтовые смеси и субстраты, предлагаемые в рассыпном виде. В соответствии с результатами исследований для проведения озеленительных и питомниководческих работ оптимальными из предлагаемых растительных субстратов можно считать гомогенизированные, раскисленные торфопесчаные и торфоземельные смеси с добавлением минеральных удобрений, сапропеля или компоста. При этом соотношения различных компонентов в смесях должны подбираться в соответствии с особенностями их использования под конкретные культуры. В связи с большим разнообразием и разным качеством предлагаемых на рынке растительных грунтов и почвенных смесей с целью обеспечения необходимого контроля качества применяемых почвенных субстратов необходимо ужесточение отраслевых стандартов на посадочные смеси.

Результаты биотеста

Вариант опыта	Всхожесть на 4-й день	Сохранность всходов на 10-й день
«Morris Green»	20	20
«Terra Vita»	19	19
«Земля для ваших любимых растений»	19	19
«Добрый помощник»	18	18
«Микропарник»	13	14
Грунт универсальный «ЭКЗО»	11	6

Выполненная оценка качества предлагаемых пакетированных органических субстратов на торфяной основе показала, что полная гарантия их применимости для целей выращивания растительного материала отсутствует. Из шести оцениваемых образцов органического субстрата только четыре («Morris Green», «Terra Vita», «Земля для ваших любимых растений», «Добрый помощник») оказались подходящими для выращивания растений и проращивания семян. Использование грунта «Микропарник» привело к понижению величин всхожести семян и уменьшению сохранности проростков, а грунт универсальный «ЭКЗО» оказался практически непригодным для прорастания и роста растений. Полученные данные свидетельствуют о необходимости обязательного контроля качества пакетированных растительных субстратов и рассыпных грунтовых смесей для питомниководческой, озеленительной и ландшафтной практики. Проведенное изучение ассортимента и качества доступных растительных субстратов можно использовать в дальнейшем для разработки рекомендаций по выбору оптимальных почвогрунтов для разных целей.

Список литературы

1. Гиниятуллин К.Г., Валеева А.А., Смирнова Е.В. Анализ тепличных почвогрунтов и их компонентов. Казань: Казан. ун-т, 2017. 67 с.

2. Шваров А.П., Смагин А.В., Дембовецкий А.В., Умарова А.Б., Поздняков А.И., Фаустова Е.В. Полевые методы определения физических свойств торфяных и минеральных почв. Тула: Гриф и К°, 2012. 144 с.

3. Постановление Правительства Москвы от 17.06.2008 № 514-ПП «Об утверждении Методических рекомендаций и требований по производству компостов и почвогрунтов, используемых в городе Москве» [Электронный ресурс]. URL: https://www.mos.ru/upload/documents/oiv/l-17062008-514_pp.rtf (дата обращения: 02.06.2020).

4. Лысиков А.Б. Сравнительная характеристика качества и пригодности почвенных субстратов и растительных грунтов, используемых в ландшафтной практике // Научные основы экологии мелиорации и эстетики ландшафтов: материалы Международной научно-практической конференции (г. Москва, 17–21 мая 2010 г.). Тула: Гриф и К°, 2010. С. 318–323.

5. Овсянникова И.В., Хайруллин Р.М. Реакция кресс-салата на действие модельного экотоксиканта в почве // Защита окружающей среды от экотоксикантов: сб. науч. тр. II междунар. науч.-техн. конф. (Уфа, 23–24 апр. 2015 г.). Уфа: Изд-во УГНТУ, 2015. С. 49–51.

6. Тищенко А.Ю., Рядинская А.Г., Зеленкова Н.В. Семена сельскохозяйственных растений как тест – объекты качества воды // Новая наука: Современное состояние и пути развития. 2016. № 5–3. С. 27–34.

СТАТЬИ

УДК 504.052(470.341)

ЛЕСОВОССТАНОВЛЕНИЕ В НИЖЕГОРОДСКОЙ ОБЛАСТИ В СФЕРЕ РАЗВИТИЯ ИДЕЙ УСТОЙЧИВОГО РАЗВИТИЯ ПОСРЕДСТВОМ РЕАЛИЗАЦИИ НАЦПРОЕКТА «ЭКОЛОГИЯ»

Волкова А.В., Жаравина К.А.

ФГБОУ ВО «Нижегородский государственный педагогический университет имени К. Минина», Нижний Новгород, e-mail: repulenko@mail.ru

В статье представлена информация по ведению лесного хозяйства в Нижегородской области, исследованы статистические данные по видам рубок, породному составу, преобладающему в них. В исследовании также изучен вопрос важности проведения лесовосстановительных работ, поскольку лесные ресурсы обладают рядом средообразующих функций и способствуют сохранению окружающей среды, а также поддержанию ее в определенном качестве. Для Нижегородской области вопрос восстановления эксплуатируемых лесных ресурсов чрезвычайно важен, поскольку в области развиты практически все виды лесного хозяйства, среди которых деревообработка, производство мебели, бумаги и целлюлозы, а также развиты смежные отрасли хозяйства, например лесохимия. Нижегородская область – это регион с высокой плотностью населения, что также способствует нарушению лесных экосистем вследствие рекреационной деятельности. Особую роль в восстановлении лесных ресурсов сыграла реализация национальных проектов, направленных на улучшение качества окружающей среды. В ходе воплощения данного проекта область получила возможность приобретения новой лесовосстановительной, противопожарной, лесопатрульной техники. Также были проведены массовые акции по искусственному восстановлению лесных ресурсов. Ведется масштабная работа по формированию экологической культуры у населения.

Ключевые слова: лес, эксплуатационные леса, качество окружающей среды, лесовосстановление, национальные проекты

REFORESTATION IN THE NIZHNY NOVGOROD REGION IN THE FIELD OF DEVELOPMENT OF IDEAS OF SUSTAINABLE DEVELOPMENT BY MEANS OF IMPLEMENTATION OF THE ECOLOGY NATIONAL PROJECT

Volkova A.V., Zharavina K.A.

Kozma Minin Nizhny Novgorod State Pedagogical University, Nizhny Novgorod, e-mail: repulenko@mail.ru

The article provides information on forestry in the Nizhny Novgorod region, investigated statistical data on the types of felling, species composition prevailing in them. The study also examined the issue of the importance of reforestation, as forest resources have a number of forming functions and contribute to the preservation of the environment, as well as its maintenance in a certain quality. For the Nizhny Novgorod region, the issue of restoring exploitable forest resources is extremely important, since almost all types of forestry are developed in the region, including woodworking, furniture, paper and pulp, and related industries, for example, chemical chemistry. The Nizhny Novgorod region is a region with a high population density, which also contributes to the disruption of forest ecosystems due to recreational activities. The implementation of national projects aimed at improving the quality of the environment played a special role in the restoration of forest resources. During the implementation of this project, the region got the opportunity to purchase new reforestation, fire fighting, forest patrol equipment. Mass actions on the artificial restoration of forest resources were also held. Extensive work is underway to form an environmental culture among the population.

Keywords: forest, production forests, environmental quality, reforestation, national projects

Лес представляет собой ценнейший возобновляемый природный ресурс, играющий важную роль в экономике государства и оказывающий огромное влияние на создание благоприятной среды для проживания людей. Социальная ценность лесов заключается в наличии редких видов растений и животных, мест для отдыха людей, продуктов леса, заготавливаемых местным населением.

В этой связи представляется особенно важным исследование состояния лесных ресурсов, грамотное, рациональное природопользование, а также лесовосстановительные проекты.

Исходя из вышесказанного, целью нашего исследования является изучение видов эксплуатации лесных ресурсов Нижегородской области и анализ проведения восстановительных работ, адекватных объему лесозаготовок.

Материалы и методы исследования

Среди методов исследования особое внимание уделяется исследовательскому, статистическому, аналитическому методам. Материалами являются опубликованные данные Министерства экологии и природных ресурсов Нижегородской области.

Таблица 1

Распределение ежегодного объема заготовки древесины по видам рубок [1]

Вид рубок	Объём заготовки древесины, млн м^3					
	всего за 2017 г.	в т.ч. по хвойным породам	всего за 2018 г.	в т.ч. по хвойным породам	всего за 2019 г.	в т.ч. по хвойным породам
Рубка спелых и перестойных насаждений, всего	2,6	0,6	3,2	0,4	3,0	0,2
Рубка средневозрастных, приспевающих и спелых насаждений при уходе за лесом	1,0	0,4	1,1	0,3	1,1	0,2
Рубка погибших и поврежденных лесных насаждений	0,5	0,0	0,5	0,0	0,5	0,0
Рубка, не связанная с заготовкой древесины (создание объектов лесной и лесоперерабатывающей инфраструктуры)	0,4	0,0	0,4	0,0	0,4	0,0

Результаты исследования и их обсуждение

Почти половина территории Нижегородской области занята лесами. Самые лесистые районы области – Заволжье и северная часть области. В северной и западной части преобладают хвойные леса, а в южной – смешанные и широколиственные леса. Породный состав в области достаточно разнообразен, среди мягколиственных пород – осина, ольха и др., среди хвойных – ель, сосна, пихта.

В Нижегородской области леса выполняют несколько функций, в том числе защитную и эксплуатационную. Последние используются для получения древесины, побочных лесных продуктов, а защитная роль лесов заключается в водоохранных, санитарно-гигиенических, оздоровительных и иных полезных функциях лесов.

Основные территории лесных массивов в Нижегородской области имеют промышленное значение, этому способствуют несколько условий, среди которых расположение лесосек рядом с промышленными центрами и путями сообщения, густая автомобильная и железнодорожная сеть, возрастной состав лесов, климатические особенности, породный состав лесных ресурсов. Исходя из данных, представленных Министерством экологии и природных ресурсов Нижегородской области, можно отметить, что большие объемы вырубки производятся в спелых и перестойных насаждениях, а также средневозрастных приспевающих и спелых насаждениях при уходе за лесом. Динамика вырубок в последние годы меняется незначительно (табл. 1).

Породная структура ежегодного объема заготовки древесины за 2017–2019 гг. характеризуется преобладанием сосны, березы и осины (табл. 2).

Таблица 2

Породная структура ежегодного объема заготовки древесины [1]

Порода	Процентное соотношение		
	2017 г.	2018 г.	2019 г.
Сосна	32	32	32
Ель	5	5	5
Береза	38	38	38
Осина	23	23	23
Дуб	2	2	2

На территории Нижегородской области заготовка древесины ведется на праве аренды лесных участков; при исполнении государственных контрактов и государственных заданий на выполнение работ по охране, защите и воспроизводству лесов; на основании договоров купли-продажи лесных насаждений.

Помимо вырубок, в Нижегородской области леса страдают от пожаров и насекомых-вредителей, от неблагоприятных погодных условий и других причин. Самой существенной причиной, по которой происходят пожары, является человеческий фактор, приблизительно половина пожаров происходят по вине населения, также большая доля возгораний происходит вследствие грозовых разрядов.

В качестве противопожарных мероприятий применяется строительство лесных дорог, прокладка просек, благоустройство зон отдыха граждан, устанавливаются шлагбаумы, ведется работа с населением, в том числе устанавливаются информационные стенды.

В качестве борьбы с вредителями применяются выборочные санитарные рубки, уборка неликвидной древесины и ряд других мер.

Площадь лесов в Нижегородской области уменьшается вследствие необходимости использования этих территорий для иных видов землепользования, например под строительство дорог, поселений, предприятий, инфраструктуру, сельскохозяйственное производство. Постоянный рост населения, его увеличивающиеся потребности влияют на состояние лесных ресурсов через перечисленные выше примеры, а также путем рекреации. Большое количество людей, посещающих леса, приводит к уплотнению верхнего почвенного слоя. Поскольку именно здесь находятся тонкие корни, через которые происходит питание деревьев, уплотнение почвы нарушает их деятельность, и это сказывается на дальнейшем росте растений. Уплотненная почва также быстрее и глубже промерзает в холодный период года. При вытаптывании из состава травостоя выпадают лесные травы, на смену им приходят луговые, это сказывается на возобновлении леса, поскольку через плотную дернину луговых трав семенам деревьев сложно прорастать, а появившиеся проростки страдают от недостатка влаги, поскольку почва насыщена корнями трав.

Крайне серьезное влияние на состояние лесов оказывает рост загрязнения окружающей среды, посредством несанкционированных свалок, через загрязнение атмосферы. Влияние различных примесей в воздухе приводит к таким последствиям, как уменьшение продукции пыльцы, уменьшение ее роста, скорости прорастания семян и т.д. Особенно чувствительны к загрязнению хвойные породы. Скопление в атмосфере большого количества оксидов серы и азота приводит к выпадению кислотных осадков, что крайне отрицательно влияет на зеленые насаждения, например подавляет фотосинтез, кислоты высвобождают алюминий, содержащийся в почве, что негативно влияет на корни растений.

Особенно остро стоит вопрос о ликвидации несанкционированных свалок на землях лесного фонда. Так, самая лесистая, северная часть Нижегородской области находится в зоне южной тайги и характеризуется слабой устойчивостью к антропогенному фактору, по сравнению с южными районами области, кроме того, здесь преобладают хвойные породы, которые отличает особая чувствительность к загрязнению окружающей среды. Также можно отметить, что на данной территории расположено много уникальных природных объектов, это территория Варнавинского, Шарангского и Шахунского районов области [2].

Несанкционированные свалки на лесных территориях являются местами размножения грызунов, которые в свою очередь, являются переносчиками различных инфекций, на таких участках возможно самопроизвольное возгорание, общее загрязнение химическими компонентами, патогенной микрофлорой.

Таким образом, проведение лесовосстановительных работ является необходимой мерой по сохранению окружающей природной среды в Нижегородской области. Среди видов лесовосстановления в 2019 г. в области преобладало естественное восстановление (табл. 3).

Особую роль в восстановлении лесного хозяйства области сыграла реализация национальных проектов. Нижегородская область сейчас является одним из лидеров по объемам финансирования для воплощения нацпроекта «Экология». На сегодняшний день существуют такие федеральные проекты, как «Чистая вода», «Чистая страна» и ряд других, в которых принимает участие и Нижегородская область, среди них «Сохранение лесов».

В рамках этого проекта предусмотрено увеличение площади лесовосстановительных территорий, оснащение специализированной новейшей лесохозяйственной техникой и т.п.

Таблица 3

Виды и площадь лесовосстановления в 2019 году [1]

Вид лесовосстановления	Площадь, га (%)
Искусственное – осуществляется путем создания лесных культур: посадки сеянцев, саженцев, в том числе с закрытой корневой системой, черенков или посева семян лесных растений, в том числе при реконструкции малоценных лесных насаждений	5325 (38,6%)
Естественное – осуществляется вследствие как природных процессов, так и мер содействия лесовосстановлению: путем сохранения подроста лесных древесных пород при проведении рубок лесных насаждений, минерализации почвы, огораживании	7642 (55%)
Комбинированное – осуществляется за счет сочетания естественного и искусственного лесовосстановления	811 (5,9%)

Так, была произведена закупка 57 лесопатрульных комплексов, 9 лесопожарных автоцистерн, противопожарное оборудование, лесовосстановительная техника. Подобного пополнения лесной техники в Нижегородской области не было более 10 лет [3].

В весенний и осенний периоды 2019 г. департаментом лесного хозяйства Нижегородской области были организованы и проведены акции «День посадки леса» и «Живи, лес!». В акции приняли участие все лесничества области. Для лесовосстановительных работ были привлечены администрации районов, общественные организации, а также в качестве волонтеров, студенты и школьники (на территории области более 30 школьных лесничеств). Участниками акций стали более 3,5 тыс. чел. В ходе акций проведены масштабные мероприятия по ликвидации несанкционированных свалок на лесных территориях, а также осуществлены посадки саженцев деревьев и кустарников.

Подобные мероприятия важны не только для поддержания качества окружающей среды. Значительно влияние таких акций на подрастающее поколение. Поскольку часто современное поколение – это подростки с компьютерной зависимостью, иногда с неопределенной гражданской позицией. У многих ребят, увлеченных компьютерной реальностью, слабо выражено стремление к коммуникативной деятельности, наблюдаются нарушения в самооценке, они предпочитают не брать на себя ответственность [4]. Мы считаем, что проведение подобных акций, где развита преемственность поколений, дружеская атмосфера, позволяет подрастающему поколению почувствовать свою значимость, через созидающую деятельность способствует становлению у ребят гражданской позиции, проявлению любви к своей родине, государству, формированию экологической культуры в целях устойчивого развития.

Особую роль в сохранении лесных ресурсов Нижегородской области, бесспорно, играют ООПТ, среди которых государственный природный биосферный заповедник Керженский, природный парк «Воскресенское Поветлужье», около 20 заказников и большое число памятников природы.

Выводы

Лес выполняет ряд очень важных функций, среди которых водоохранная, воздухоохранная, снегозащитная, почвозащитная, полезащитная, закрепляет пески, служит местом обитания животных, множество растений используются в качестве лекарственных средств (листья, плоды и т.д.), лес используется в рекреационных целях – для восстановления здоровья и трудоспособности, также известен противошумовой эффект зеленых насаждений (звукоотражательная способность листвы) [5]. Нерациональное лесопользование приводит к глобальной экологической проблеме – обезлесению.

Для Нижегородской области вопрос о лесовосстановлении довольно значим в силу обширного лесного хозяйства, среди основных видов которого можно назвать деревообработку, производство мебели, производство бумаги и целлюлозы, картона, обширны также смежные производства лесохимии, поскольку область является ведущей по химической промышленности в стране, художественная роспись по дереву, которая издревле является визитной карточкой Нижегородской области в России и за рубежом и т.п.

Поэтому реализация ряда направлений национального проекта «Экология» является крайне необходимой мерой, которая окажет влияние на восстановление лесного фонда в области, ввиду достойного финансирования, поступления большого числа современной техники, увеличения доли лесовосстановительных работ. Это сохранит лесные территории для последующих поколений, а также позволит нынешнему поколению полноценно использовать все необходимые функции лесных территорий.

Список литературы

1. Доклад «Состояние окружающей среды и природных ресурсов Нижегородской области в 2019 году». [Электронный ресурс]. URL: http://mineco-nn.ru/doklad-sostoyanie-okruzhayushhej-sredy-i-prirodnykh-resursov-nizhegorodskoj-oblasti-v-2019-godu/ (дата обращения 20.05.2020).

2. Волкова А.В., Мизгирева М.С., Петрова Е.Н. Твердые коммунальные отходы в Левобережной части территории Нижегородской области: размещение и проблемы рекультивации // Успехи современного естествознания. 2019. № 4. С. 37–42.

3. Никитина И. Нацпроект «Экология» принес результаты в Нижегородской области. [Электронный ресурс]. URL: https://fedpress.ru/news/52/society/2311890 (дата обращения 25.05.2020).

4. Гришина А.В., Волкова Е.Н. Анализ индивидуально-личностных факторов игровой компьютерной зависимости // Вестник Мининского университета. 2019. Т. 7. № 4. С. 12.

5. Винокурова Н.Ф., Камерилова Г.С., Николина В.В. Лес и человек: учеб. пособие. М.: Дрофа, 2007. С. 10.

СТАТЬИ

УДК 551.46.077(477.75)

ТЕХНОЛОГИЯ ГЕОЛОГО-ГЕОМОРФОЛОГИЧЕСКИХ ИНСТРУМЕНТАЛЬНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ НА ЗАПАДНОМ ШЕЛЬФЕ ПОЛУОСТРОВА КРЫМ

[1,2]Римский-Корсаков Н.А., [1]Пронин А.А., [1]Анисимов И.М.

[1]Институт океанологии им. П.П. Ширшова РАН, Москва, e-mail: nrk@ocean.ru;
[2]Московский государственный технический университет им. Н.Э. Баумана, Москва

В работе исследованы аспекты комплексирования и применения современных технических средств для региональных исследований строения континентальной окраины Черного моря в районе западного побережья полуострова Крым. Поскольку исследования шельфа полуострова Крым и публикации на эту тему были сделаны более 25–30 лет назад и направлены на изучение глубокой части геологического разреза шельфа и нефтегазовых аспектов, в настоящее время необходимо проводить изучение шельфа современными методами и повышенное внимание уделить последним этапам его развития, запечатленным в рельефе, донных отложениях и верхней части геологического разреза. Нуждаются в специальном изучении фрагменты затопленной гидрологической сети на шельфе, часто представляющие собой подводные продолжения заливов побережья. Некоторые вопросы развития речных долин Крыма могут быть решены лишь при использовании результатов такого изучения. Методология исследования морфологии современного рельефа шельфа Крымского полуострова основана на использовании новейшей инструментальной технологии морских исследований, разработанной в Институте океанологии им. Ширшова РАН в Лаборатории гидролокации дна. Данная технология включает методы, основанные на комплексном использовании таких технических средств, как сейсмоакустический профилограф (AP / ChirpSonar), гидролокатор бокового обзора (SeaFox / YellowFin), GPS-приемник (Sigma G3T) и др.

Ключевые слова: шельф, морфология рельефа, гидрологическая сеть, Крым, гидролокатор, эхолот, сейсмопрофилограф, космическая навигация

WESTERN CRIMEAN SHELF GEOLOGICAL-GEOMORPHOLOGICAL INSTRUMENTAL RESEARCH TECHNOLOGY

[1,2]Rimskiy-Korsakov N.A., [1]Pronin A.A., [1]Anisimov I.M.

[1]Shirshov Institute of Oceanology, Russian Academy of Science, Moscow, e-mail: nrk@ocean.ru;
[2]Bauman Moscow State Technical University, Moscow

The paper studies the aspects of the integration and application of modern technical equipment for regional studies of the continental margin structure of the Black Sea near the western coast of the Crimean peninsula. Crimean peninsula shelf studies and publications on this topic were made more than 25-30 years ago and were aimed at studying the deep part of the geological section of the shelf and oil and gas aspects. Though it is currently necessary to study the shelf using modern methods and pay more attention to the last stages of its development, captured in relief, bottom sediments and the upper part of the geological section. Fragments of a flooded hydrological network on the shelf, often representing underwater extensions of coastal bays, need special study. Some issues of the development of Crimean river valleys can be resolved only by using the results of such a study. The methodology for the Crimean peninsula shelf modern topography research is based on the use of newest instrumental marine research technology developed at the Shirshov Institute of Oceanology of the Russian Academy of Sciences in the Bottom Sonar Research Laboratory. This technology includes methods based on the integral use of such technical means as acoustic seismic profiler (AP/ChirpSonar), side-scan sonar (SeaFox/YellowFin), GPS-receiver (Sigma G3T), etc.

Keywords: shelf, relief morphology, hydrological network, Crimea, sonar, echo sounder, seismic profiler, satellite navigation

Исследования шельфа полуострова Крым и публикации были сделаны более 25–30 лет назад [1, 2]. В их основе лежит большой фактический материал, но они в основном были направлены на изучение достаточно глубокой части геологического разреза шельфа и преимущественно носили нефтегазовый поисковый характер. При этом использовались технологии глубинного сейсмозондирования и отбор проб гравитационными отборниками кернов. С одной стороны, достигались внушительные глубины зондирования, но при этом терялась информация о тонкой структуре поздних четвертичных отложениях и современной морфологии поверхности дна. В этой связи актуально изучение шельфа современными методами, причем особый интерес представляют последние этапы его развития, запечатленные в рельефе, донных отложениях и верхней части геологического разреза [3].

Целью настоящей работы является формирование и обоснование современной комплексной технологии для эффективного исследования морфологии рельефа поверхности дна и детальной структуры верхнего

слоя рыхлых осадочных отложений. Разработка такой технологии и принципов ее построения определяется необходимостью решения фундаментальной научной проблемы океанологии и морской геологии по изучению строения и истории формирования континентальной окраины, в частности шельфа полуострова Крым.

Для достижения цели исследования требуется решить такие основные задачи, как эхолотный промер материковой отмели Крыма, гидролокационное картирование дна и сейсмоакустическое зондирование шельфа, что позволит в том числе восстановить положение древней речной сети и определить связи береговых и субаквальных морфоструктур.

Материалы и методы исследования

В процессе исследований на шельфе полуострова Крым в 2017–2019 гг. группой сотрудников ИОРАН и МГУ выполнялись три основных вида инструментальных наблюдений: эхолотный промер глубин, гидролокационная съемка поверхности дна и сейсмоакустическое зондирование верхней толщи осадочных отложений.

Основная задача эхолотного промера – регистрация регулярных форм рельефа дна и аномальных геоморфологических явлений, выраженных в деформациях поверхности донного грунта. Регулярные формы рельефа – песчаные гряды, волны и рифели, а также гравийные и песчаные полосы – свидетельствуют о наличии придонных течений и позволяют наблюдать и оценивать интенсивность процессов переноса осадков на шельфе и мелководье. Перенос осадков, в свою очередь, позволяет судить о характере ветрового и внутреннего волнения, сгонно-нагонных явлений и других, в том числе суточных, перемещений водных масс. Локальные формы рельефа, как правило, связаны либо с выходами коренных пород, либо с проявлением глубинных тектонических нарушений в структуре поверхностных осадочных пород. Таким образом, эхолотный промер является основным инструментом геолого-геофизических и геолого-геоморфологических исследований.

Для исследований на шельфе Крыма в 2017–2019 гг. использовались цифровые эхолоты фирмы Lawrence Mark 4 Chirp и LMS-350 американской фирмы Lawrence. Mark 4 Chirp – современная модель портативного (шлюпочного) эхолота с рабочими частотами 50, 83 и 200 кГц, максимальным рабочим диапазоном 300 м, со встроенным приемником GPS и функцией карт-плоттера, процессором для онлайн-корреляционной обработки частотно-модулированных посылок и последовательным интерфейсом, позволяющим транслировать данные промера глубин и навигационной привязки в формате NMEA для ввода в ПЭВМ. Несложные действия в рамках программного обеспечения MS XL позволяют преобразовать последовательность строк формата NMEA к табличному виду X, Y, Z, T, где столбцы содержат соответственно значения широты, долготы, глубины и времени ее измерения для каждого момента излучения зондирующего сигнала эхолота. Файлы с табличными данными используются для построения батиметрических карт и профилей поверхности дна, например с помощью программного обеспечения Surfer Golden Software. На рис. 1 представлена схема маршрутов геолого-геофизической инструментальной съемки (ГБО, АП, эхолот) на шельфе Западного Крыма в 2019 г., а на рис. 2 – профиль поверхности дна, снятый вдоль маршрута 1, проложенного в западном направлении от устья канала, соединяющего озеро Донузлав с морем. На профиле видно резкое уменьшение глубин, связанное с выходами коренных скальных пород в южной части полуострова Тарханкут.

Эхолотный промер позволяет с большой точностью измерять глубины, но для детального отображения морфологии рельефа дна требует проведения съемок по сгущенной сетке галсов, что влечет за собой огромные затраты судового времени.

Проблема решается с помощью обзорной площадной съемки поверхности дна методом гидролокации бокового обзора (ГБО), при которой за один проход имеется возможность обозреть полосу шириной до 1000 м с детальностью до 10–50 см, чего вполне достаточно для понятия природы происхождения форм мезорельефа. Таким образом, ГБО позволяет определить характер рельефа и пространственное положение форм рельефа, а эхолот – определить вертикальные размеры форм.

Для исследований морфологии рельефа дна шельфа полуострова Крым использовался в основном трехчастотный (250, 300 и 600 кГц) ГБО «YellowFin» канадской фирмы Imagenex, с максимальной шириной общей полосы обзора до 600 м и тональным зондирующим сигналом длительностью 0,5/0,05 мс. Генерация зондирующих сигналов и первичная цифровая обработка информации ГБО осуществляется на борту подводного носителя; передача данных, электропитания и команд управления осуществляется по многожильному кабель-тросу (интерфейс Ethernet) с грузонесущим элементом из кремний-органического волокна.

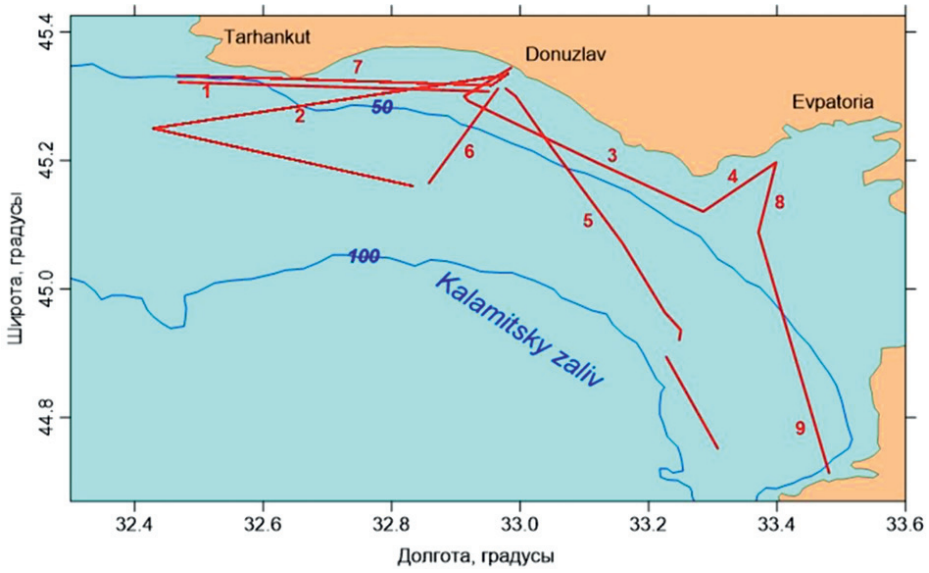


Рис. 1. Схема движения судна в процессе геолого-геофизической инструментальной съемки на западном шельфе полуострова Крым в 2019 г.

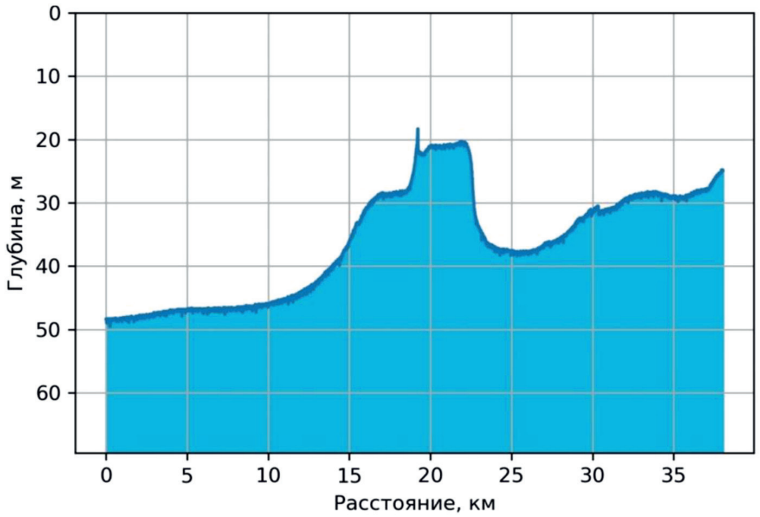


Рис. 2. Профиль поверхности дна, снятый при прохождении маршрута 1 (рис. 1)

Сбор и представление информации осуществляется на ПЭВМ с использованием оригинального программного обеспечения YellowFin v2.015, а также с помощью оригинальной цифровой системы РАСТР [4], программ «ЭхоГраф», ВинРАСТР и DeepView. На рис. 3 приведено изображение поверхности дна, покрытого ракушей с выходами подстилающих глин в окрестности пересыпи озера Донузлав.

Таким образом были получены современные данные о рельефе и характере поверхности дна на шельфе полуострова Крым, в том числе в районе западного побережья.

Однако для полного понимания строения континентальной окраины требуются данные о структуре слоев осадочных пород и коренного фундамента. Поэтому сейсмоакустическому профилированию толщи донных отложений было уделено особое внимание. В процессе представляемых исследований в 2017–2019 гг. для этих целей наиболее эффективно использовался комплекс геофизической аппаратуры, составленный из импортных и отечественных элементов. Для формирования и приема зондирующих сигналов использовался блок Chirp-II производства американской компании Datasonics, позволяющий из-

лучать частотно-модулируемые (ЧМ) сигналы в диапазоне от 12 до 3, 5 кГц. Блок был адаптирован для работы с буксируемой антенной АП-5 – акустического профилографа разработки ИО РАН. Буксируемая антенна АП-5 включает два кольцевых секционированных армированных пьезокерамических преобразователя (изделие «Коршун»), установленных в «мягкие» конусные отражатели из пенопласта, которые помещены в обтекаемый корпус. Корпус оснащен рамным узлом подвески («водило»), носовым балансировочным грузом и кормовым стабилизатором, что вкупе составляет носитель, который может буксироваться на кабель-тросе до глубин 300 м. Фотография буксируемого антенного носителя представлена на рис. 4.

Для сбора информации сейсмоакустического профилирования в процессе зондирования осадочных отложений использовалось программное обеспечение (ПО) реального времени фирмы Datasonics, входящее в комплект блока «CHIRP-II». Подготовка данных для обработки стандартными пакетами осуществлялась с использованием ПО «KRAVCH-1», созданного в Лаборатории сейсмостратиграфии ИО РАН.

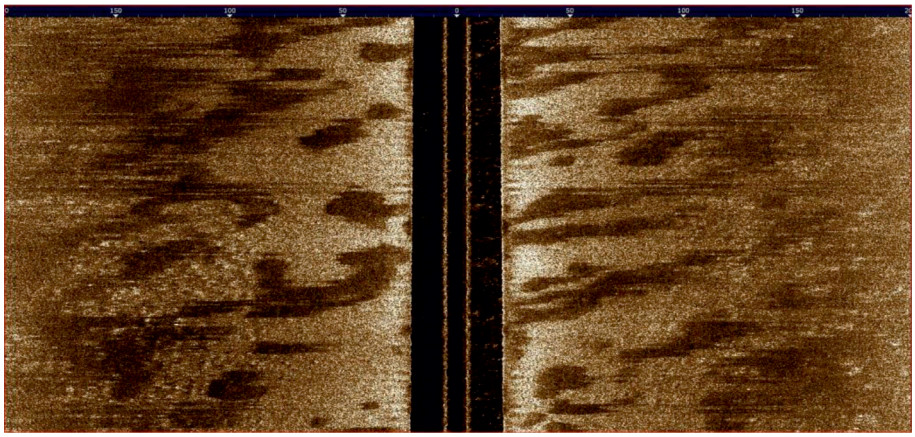


Рис. 3. Гидролокационное изображение поверхности дна, полученное на галсе 6 (рис. 1) при подходе к пересыпи озера Донузлав с запада на глубине 20 м с помощью гидролокатора бокового обзора «YellowFinn» (диапазон – 200 м на каждый борт). Выделяются темные пятна, соответствующие илистому грунту на светлом фоне, соответствующем грубозернистому осадочному дну, покрытому ракушей

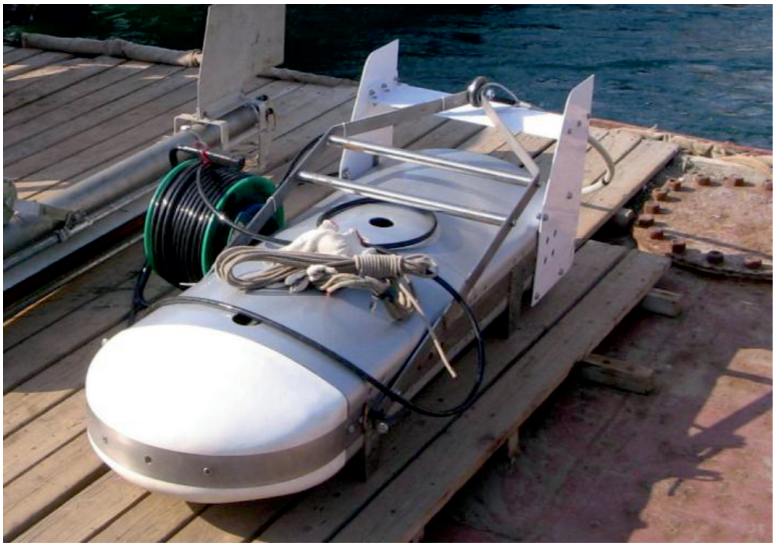


Рис. 4. Акустический буксируемый носитель антенны профилографа АП-5Б

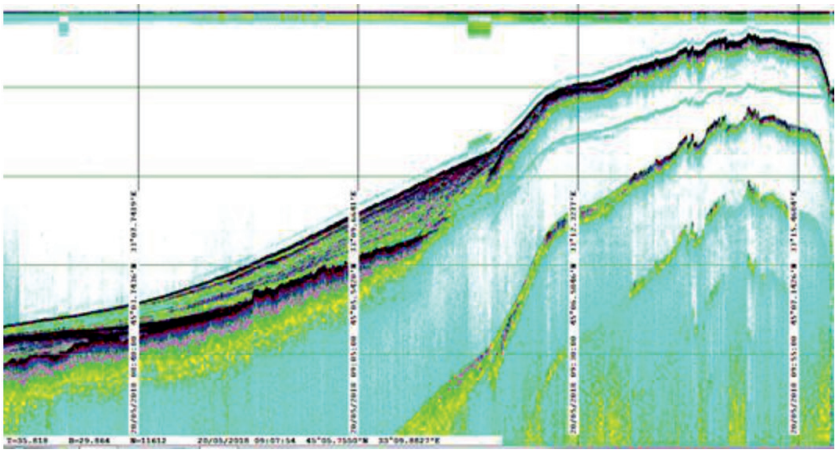


Рис. 5. Изображение проявлений тектонических и экзогенных рельефообразующих процессов, полученное с помощью акустического профилографа АП5/Chirp-II (Западный Крым, мыс Луккул): слева – выклинивание донных осадков, в центре – осадочные «карманы» и справа – разрывные нарушения осадочной толщи

В работах [5, 6] рассмотрены результаты использования гибридного АП, в составе буксируемой антенны, разработки Лаборатории гидролокации дна ИО РАН (рис. 4), и электронного приемно-передающего блока «CHIRP-II», использующего частотно-модулированные зондирующие сигналы, для исследования структуры осадочных отложений на полуострове Крым.

На рис. 5 представлена запись изображения структуры осадочных отложений в районе м. Луккул на западном шельфе полуострова Крым. Качество записи и научные выводы в работе [6] свидетельствуют о высокой эффективности совместного использования электронного блока Chirp-II и современной акустической антенны, разработанной в ИО РАН.

Важной технологической частью работ являлось навигационное обеспечение эхолотного промера и геофизических съемок. Для этих целей использовался дифференциальный приемник космической навигации Javad SIGMA, функционирующий на базе спутниковых группировок GPS и ГЛОНАСС. Этот высококачественный приемник обеспечивает точность привязки данных до 2 м в радиусе действия региональных поправочных станций. Такие станции имеются, как правило, в крупных морских портах типа Севастополя, Феодосии и Керчи и имеют радиус действия до 200 км. Данные о местоположении судна из приемника поступают в комплекс сбора и обработки информации, где накапливаются и комплексируются, в соответствии с единым временем, с данными промера глубин, гидролокационной съемки и зондирования донных отложений.

Результаты исследования и их обсуждение

За период 2017–2019 гг. временным коллективом ученых и инженеров Лаборатории гидролокации дна (ЛГД) Института океанологии им. П.П. Ширшова (ИО) РАН и географического факультета (геофак) МГУ им. М.В. Ломоносова в рамках проекта РФФИ № 17-05-41041_Рго, а затем № 20-05-00384 «А» был выполнен ряд исследований морфологи рельефа дна и поддонных структур шельфа полуострова Крым, а именно:

– организованы и проведены три морские экспедиции по исследованию внутреннего шельфа Крыма;

– составлены геоморфологические карты Восточного и Западного шельфов Крыма;

– составлены грунтовые карты Восточного и Западного шельфов Крыма;

– по материалам сейсмоакустического зондирования составлены геолого-литологические профили дна Восточного и Западного шельфов Крыма;

– по материалам эхолотных промеров составлены профили дна шельфа Крыма;

– по материалам полевых работ и научных публикаций составлены геолого-геоморфологические описания берегов и дна Восточного и Западного шельфов Крыма.

Для исследования геологического строения, в том числе рельефа дна и донных отложений шельфа Восточного Крыма, была разработана и обоснована современная комплексная технология инструменталь-

ных исследований морфологии рельефа поверхности дна и детальной структуры верхнего слоя рыхлых осадочных отложений. Применялись также традиционные картографические и геолого-геоморфологические методики.

В результате использования представленной технологии был накоплен большой массив натурных данных по пространственному распределению микро- и мезоформ подводного рельефа и строению современной (верхней) части толщи донных отложений внутреннего шельфа (до глубины 50 м) Восточного и Западного Крыма. Результаты обработки материалов натурных исследований изложены в работах [5, 6].

Так, для побережья Восточного Крыма характерной особенностью береговой линии является ее чрезвычайная изрезанность, приводящая к формированию обособленных абразионно-аккумулятивных систем, приуроченных к бухтам в устьях впадающих малых рек, ограниченных скалистыми мысами, которые не пропускают вдольбереговые потоки наносов.

Исследование Феодосийского залива и шельфа на его продолжении дало возможность проследить повсюду современные осадки четвертичного периода мощностью до 10 м. В центральной части залива, ограниченной изобатой 20 м, толщина осадочного покрова составляет 20–30 м.

На Керченском полигоне южнее одноименного пролива под слоем современных осадков, мощность которых составляет 5–10 м, наблюдается подвергшаяся абразии поверхность коренных пород, простирающихся в форме пластов с уклоном на север [7]. Геофизическое зондирование дна с помощью сейсмоакустического профилографа позволило установить, что верхние элементы этих наклонных пластов, образующих гряды, выровнены воздействием абразионных процессов и покрыты слоем рыхлых современных осадков, мощность которых составляет 10–20 м. Толща этих отложений разделена геоакустической границей, отчетливо регистрируемой на сейсмограммах.

Побережье в районе Западного шельфа в основном обрывистое, абразионное. Исключение составляют места выхода на побережье балок. Прибрежная часть балок, как правило, подтоплена и отгорожена от моря пересыпями. При этом образуются бухты типа лиманов с озерами, такие как Ярылкачская, озеро Донузлав, Черноморская, Евпаторийская и Караджа.

Дно Евпаторийской бухты сложено плиоценовыми известняками, которые перекрыты тонким слоем кварцевых крупнозернистых и мелкозернистых песков, встречающихся до глубины 12 м. Гидролокационная съемка и геофизическое зондирование позволили обнаружить и проследить на глубинах порядка 10 м под песками в Каламитском заливе вдоль побережья древний береговой бар, сложенный литифицированными породами. Глубже за морской границей этого бара залегают илы.

На внутреннем западном шельфе Крыма, на траверзе впадения основных рек, таких как Булганак, Альма, Кача, Бельбек и Черная, с использованием геофизической съемки были найдены погребенные в осадках формы рельефа, соответствующие древним долинам этих рек. Это формы типа «корыто», которые имеют крутые стенки и заполнены рыхлыми осадочными отложениями. Авторы предполагают, что подводные каньоны, наблюдаемые во внешней части шельфа и на континентальном склоне, являются продолжением таких форм рельефа, связанных с речными балками и устьями рек.

Заключение

Таким образом, сформирована и обоснована технология комплексных инструментальных исследований морфологии рельефа дна и детальной структуры рыхлых осадочных отложений, которая показала свою эффективность в ходе исследований на шельфе полуострова Крым в 2017–2019 гг. Результаты этих исследований являются вкладом в решение фундаментальной проблемы океанологии и морской геологии по изучению строения и истории формирования континентальной окраины Мирового океана.

Данные, полученные в процессе экспедиционных исследований с использованием разработанной технологии, позволят повысить эффективность регионального планирования инженерных изысканий, а также оценок воздействия на экологию шельфа Крыма процессов строительства морских и прибрежных объектов, таких как подводные части причальных сооружений, элементов берегозащиты, добычных и буровых и морских платформ, дамб, подводных продуктопроводов и кабелей, карьеров, траншей, намытых пляжей и массивов.

Работа выполнена в рамках государственного задания ИО РАН (тема № 0149-2020-0011) при поддержке РФФИ (проект № 17-05-41041 «РГО-а», проект № 20-05-00384 «А» и проект № 18-05-60070).

Авторы выражают признательность Я.И. Белевитневу, А.Д. Мутовкину и В.Ю. Кузьмину за помощь в подготовке экспериментальных исследований.

Список литературы

1. Зенкович В.П. Берега Черного и Азовского морей. М.: Государственное изд-во географической литературы, 1958. 374 с.

2. Зенкович В.П. Морфология и динамика советских берегов Черного моря. Т. II (Северо-западная часть). М.: Изд-во АН СССР, 1960. 215 с.

3. Бондарев И.П., Ломакин И.Э., Иванов В.Е. Особенности формирования и развития Севастопольской бухты // Геология и полезные ископаемые Мирового океана. 2015. Т. 42. № 4. С. 19–31.

4. Руссак Ю.С., Нафиков В.М., Тихонова Н.Ф. Система сбора и обработки гидроакустической информации // Современные методы и средства океанологических исследований: матер. XV Всерос. научно-технической конференции. М.: АПР, 2017. Т. 2. С. 355–357.

5. Римский-Корсаков Н.А., Коротаев В.Н., Мысливец В.И., Поротов А.В., Пронин А.А., Иванов В.В. Геоморфология и история развития Западного шельфа Крыма // Океанологические исследования. 2019. Т. 47. № 4. С. 161–176.

6. Мысливец В.И., Римский-Корсаков Н.А., Коротаев В.Н., Поротов А.В., Пронин А.А., Иванов В.В. Морфоструктура и строение осадочного покрова внутреннего шельфа Западного Крыма // Океанология. 2019. Т. 59. № 6. С. 1063–1073.

7. Подымов И.С., Подымова Т.М. Статистические результаты исследований современных движений земной коры Азово-Черноморского побережья России // Современные методы и средства океанологических исследований: матер. XVI Всерос. научно-технической конференции. М.: ИД Академии Жуковского, 2019. Т. 1. С. 136–139.

СТАТЬИ

УДК 613.2

ГИГИЕНИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА ФАКТИЧЕСКОГО ПИТАНИЯ СТУДЕНТОВ МЕДИЦИНСКОГО УНИВЕРСИТЕТА

Блинова Е.Г., Павлова Е.В.

ФГБОУ ВО «Омский государственный медицинский университет» Министерства здравоохранения Российской Федерации, Омск, e-mail: hygienebeg@yandex.ru

В статье представлены результаты гигиенических, антропометрических, социологических и статистических исследований у 98 студентов медицинского университета: фактического питания частотным методом, качества жизни (SF-36), антропометрических показателей, величин кожно-жировых складок, состава тела и адаптационного потенциала. В результате статистической обработки собранных данных рассчитаны средние величины, медиана, 25-й и 75-й перцентили, уравнения регрессии, которые свидетельствовали о дисбалансе макро- и микронутриентного состава студенческого рациона, способствующего развитию алиментарно-зависимых заболеваний. Медиана энергетической ценности студенческого рациона питания была выше норм физиологических потребностей у 14% юношей и у 28% девушек. Количество жиров (медиана) в рационе юношей и девушек превышало нормы физиологических потребностей на 51,1% и 40,9% соответственно. Углеводный компонент питания юношей и девушек был снижен на -27,95% и -26,8% соответственно. С помощью регрессионного анализа в формате STATISTICA 10 получены уравнения регрессии, подтверждающие влияние дисбаланса фактического питания на состав тела и увеличение напряжения адаптационных процессов у студентов в период обучения в медицинском университете, персонифицированно разработаны рекомендации для повышения физической активности, коррекции рационов питания для студентов с высоким процентом содержания жира в организме.

Ключевые слова: студенты, фактическое питание, качество жизни, состав тела, регрессионный анализ

HYGINIC ASSESSMENT OF ACTUAL NUTRITION OF STUDENTS OF MEDICAL UNIVERSITY

Blinova E.G., Pavlova E.V.

Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education «Omsk State Medical University» of the Ministry of Health of the Russian Federation, Omsk, e-mail: hygienebeg@yandex.ru

The article presents the results of hygienic, anthropometric, sociological and statistical studies in 98 students of a medical university: actual nutrition with the frequency method, quality of life (SF-36), anthropometric indicators, values of skin-fat folds, body composition and adaptive potential. As a result of statistical processing of the collected data, the average values, median, 25th and 75th percentiles, and regression equations were calculated, which indicated an imbalance in the macro- and micronutrient composition of the student diet, contributing to the development of nutritional-dependent diseases. The median energy value of a student's diet was above the physiological requirements of 14% of boys and 28% of girls. The amount of fat (median) in the diet of boys and girls exceeded the physiological requirements by 51.1% and 40.9%, respectively. The carbohydrate component of the nutrition of boys and girls was reduced by -27.95% and -26.8%, respectively. Using regression analysis in the STATISTICA 10 format, regression equations were obtained that confirm the effect of an imbalance in actual nutrition on body composition and an increase in the stress of adaptation processes in students during their studies at a medical university, personified are recommendations for increasing physical activity, and correction of diets for students with a high percentage body fat content.

Keywords: students, actual nutrition, quality of life, body composition, regression analysis

Одним из основных факторов для поддержания и сохранения здоровья студентов является рациональное питание, когда соблюдается энергетический и макро- и микронутриентный баланс рациона и оптимальный режим питания здоровых студентов [1].

Несбалансированность поступающих с пищей веществ ведет к нарушению метаболических процессов с последующим развитием алиментарно-зависимых заболеваний [2].

В основе причин многих заболеваний, в том числе и алиментарных, лежат нарушения питания различного характера и психолого-социальные нарушения пищевого поведения студентов как в России, так и других странах мира. Изменение пищевого поведения является одним из видов патологической адаптации, пищевой зависимости, которая представляет собой аддиктивное поведение. Например, избыточное потребление пищи для нормализации эмоционального состояния приводит к избыточной массе тела и ожирению.

Высокие учебные нагрузки, в том числе экзаменационные, отсутствие достаточного времени на прием пищи во время обучения,

низкая материальная обеспеченность студентов могут оказывать влияние на качество жизни [3]. Качество жизни – интегральная характеристика физического, психологического и социального функционирования обучающегося молодого человека или девушки, основанного на их субъективном восприятии [4].

В процессе обучения в высшем учебном заведении продолжается физическое развитие обучающихся [5].

Питание студентов неразрывно связано с их уровнем физического развития [6].

Распространенность избыточной массы тела неуклонно растет во многих странах мира. В настоящее время наиболее актуально изучение фактического питания студентов с избыточной массой [7].

Не достаточно изучены вопросы адаптации этих студентов к учебной нагрузке.

Актуальность и недостаточность научных исследований в области изучения фактического питания студентов с избыточной массой тела и влияние адаптации этих студентов к учебной нагрузке послужило предметом настоящих научных исследований.

В целях предупреждения развития расстройств питания студентов необходимо проводить мониторинг и анализ фактического питания, пищевого поведения, состава тела, адаптационных возможностей. При этом следует учитывать специфику образа жизни и обучения студентов.

Целесообразность комплексных исследований для выявления первостепенных причин напряжения адаптационных процессов студентов к обучению в высшем учебном заведении в связи с питанием определила цель и задачи наших исследований.

Цель исследований состояла в оценке фактического питания студентов с учетом их адаптационных возможностей.

Задачи исследования:

1. Провести исследования фактического питания студентов методом анализа частоты потребления пищевых продуктов за месяц.

2. Оценить фактическое питание студентов по нормам физиологических потребностей в пищевых веществах и энергии.

3. Оценить сбалансированность питания и причины дисбаланса рациона.

4. Определить возможные взаимосвязи нарушения питания и адаптации студентов.

5. Разработать меры профилактики расстройств питания и алиментарно-зависимых заболеваний.

Для реализации цели и задач работы были использованы методики:

1. Гигиенические – метод анализа частоты потребления пищевых продуктов, который основывается на использовании анкеты анализа частоты потребления пищевых продуктов, описывающей частоту потребления отдельных видов пищевых продуктов и блюд (с учетом их объема или массы) за месяц, который предшествует анкетированию респондента. Данный метод позволяет дифференцировать обследуемых на категории в зависимости от уровня потребления определенных пищевых продуктов, изучать зависимость между их потреблением, заболеваемостью и др.

2. Антропометрические измерения использовали для объективной оценки составных частей тела (веса, роста, окружности талии, конечностей, толщины кожной складки).

Определение величины кожно-жировых складок у обследуемых осуществляли с помощью медицинского калипера с определением показателей состава тела.

С этой целью был использован действующий ГОСТ Р 52623.1-2008 «Технологии выполнения медицинских услуг функционального обследования». Измерение толщины жировой складки (пликометрия).

В дальнейшем осуществляли расчет индекса массы тела (общего жира и нежировой массы тела), адаптационного потенциала.

3. Социологические методы исследования: качество жизни, связанное со здоровьем, (опросник MOS SF-36).

4. Статистические методы исследования проводились с использованием пакета прикладных программ STATISTICA 10.

Результаты исследования и их обсуждение

Сравнительный анализ статистических данных фактического питания студентов по методу частоты потребления пищевых продуктов показал значимые различия рационов девушек и юношей на уровне $p < ,05001$ по критерию Вилкоксона (рис. 1).

Медиана показателя энергетической ценности рациона питания была выше у 14% юношей 2524,6 ккал (при норме физиологических потребностей 2450 ккал), у 28% девушек 2018,1 ккал (при норме 2000 ккал), а 25 и 75 перцентили калорийности рациона у юношей составляли 2172,0 и 3005,4 ккал и у девушек – 1729,3 и 2565,2 ккал.

Медиана белкового компонента рациона питания юношей превышала норму на 32,6% и составляла фактически 95,45 г (при норме 72 г). У девушек этот показатель превышал норму на 18,9% – фактически 71,3 г (при норме 61 г), а 25 и 75 перцентили составляли 72,30 и 116,50 г; 62,10 и 83,10 г соответственно, белковый компонент рациона юношей превышал показатели у девушек ($T = 368,0$; $Z = 2,61$; p-уровень = 0,009).

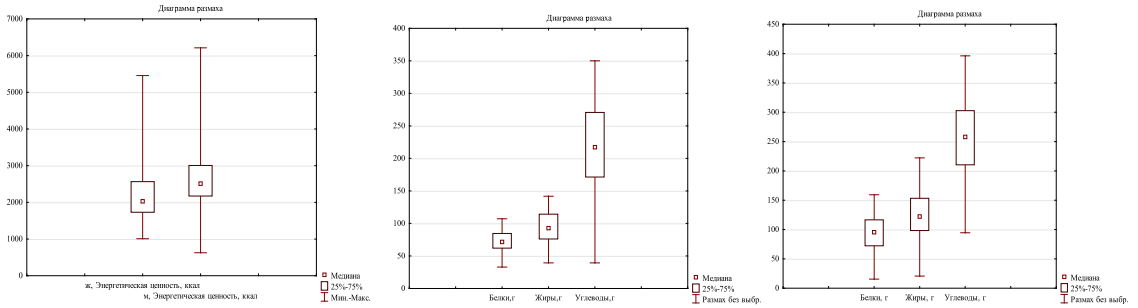


Рис. 1. Нутриентный состав фактического питания студентов – девушек и юношей

Количество жиров в рационе юношей (медиана) превышало норму на 51,1% (фактически 122,35 г при норме 81 г), у девушек превышение нормы было на 40,9% (фактически 94,40 г при норме 67 г) и было значимо выше у юношей, чем у девушек, а 25 и 75 перцентиль составляли 98,30 и 153,30 г; 77,60 и 115,10 г соответственно (T = 396,0; Z = 2,33; p-уровень = 0,0197).

Углеводный компонент фактического питания юношей был снижен на -27,95% (фактически 257,95 г при норме 358 г), у девушек ниже нормы на -26,8% при фактическом содержании 211,55 г, норме 289 г, и значимо преобладал у юношей над показателем у девушек (T = 403,0; Z = 2,264; p = 0,024).

В пищевом рационе юношей отмечено высокое количество натрия (4683,75 мг при норме 1300 мг) и было значимо выше у юношей, чем у девушек (T = 388,0; Z = 2,413; p-уровень = 0,0161). Значимых гендерных различий не наблюдалось по содержанию в рационе фосфора, калия, магния, железа, кальция, витаминов Е, С, А.

В пищевом рационе студентов соотношение кальция и фосфора не соответствовало нормам физиологических потребностей, фактически количество фосфора – выше содержания кальция (медианы Ca : P = 744,85 : 1372,4; соотношение 1:1,84 при норме 1000:800; 1:08).

Содержание магния в рационе юношей и девушек было ниже норм физиологических потребностей на -17,66% и -24,04% соответственно при фактическом потреблении 329,35 и 303,85 мг соответственно. Содержание витамина B_1 было ниже нормы на -13%, ниацина на -6,8%, бета-каротина на -38%.

Адаптация студентов к учебному процессу в связи с фактическим питанием в организме проанализирована с помощью регрессионного анализа. Для исследований применялся количественный показатель в у.е. – адаптационный потенциал (АП) Р.М. Баевского, который означает количественное выражение уровня функционального состояния организма и его систем, характеризующее его способность адекватно и надежно реагировать на комплекс неблагоприятных факторов при экономной трате функциональных резервов, что позволяет предотвратить развитие преморбидного состояния.

Удовлетворительной адаптацию считали до 2,1 у.е., от 2,11–3,2 – напряжение адаптации, 3,21–4,3 – неудовлетворительная адаптация, выше 4,3 – срыв процесса адаптации.

В результате анализа влияния на адаптацию девушек и юношей процента содержания жира в организме (ПСОЖ) была получена прямая зависимость между увеличением ПСОЖ и увеличением напряжения адаптационных процессов у юношей и девушек (табл. 1, 2, рис. 2).

Качество жизни SF-36 было значимо выше у юношей, чем у девушек, на уровне p < ,05001 по критерию Вилкоксона. Так, у юношей значимо выше, у чем у девушек, было: общее здоровье (T = 318,0; Z = 2,769; p-уровень = 0,0056); ролевое функционирование (T = 388,0; Z = 2,413; p-уровень = 0,0161); жизненная активность (T = 298,0; Z = 2,478; p-уровень = 0,013); социальное функционирование (T = 215,0; Z = 3,12; p-уровень = 0,002); психическое здоровье (T = 369,0; Z = 2, 592; p-уровень = 0,009).

Качество жизни (SF 36) студентов снижалось при увеличении процента содержания жира в организме; так, жизненная активность (ЖА) юношей имела обратную связь с показателем ПСОЖ (табл. 3).

Выводы

1. В результате исследования фактического питания студентов методом анализа частоты потребления пищевых продуктов за весенний месяц установлено, что фактическое питание студентов по энергетической

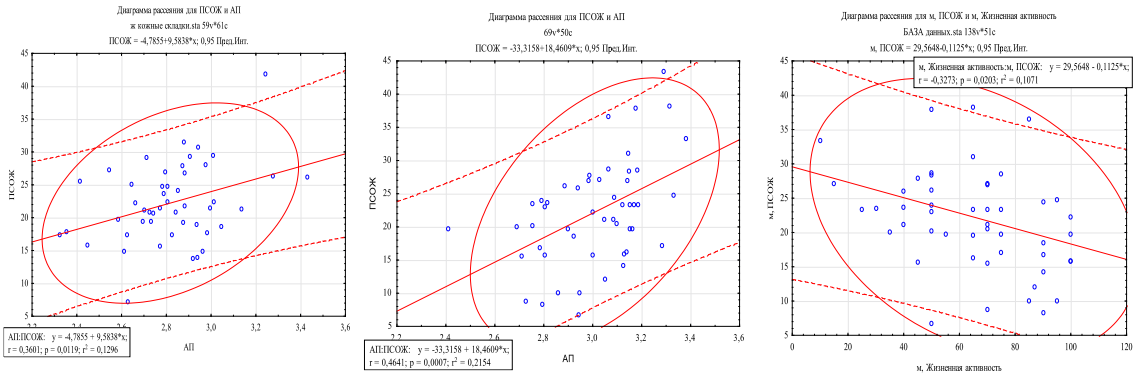


Рис. 2. Зависимость показателей адаптации и жизненной активности студентов от ПСОЖ

Таблица 1

Зависимость показателей АП и ПСОЖ у юношей

Переменные	Коэффициенты регрессии для зависимой переменной АП	Значимость коэффициентов регрессии, p
B (свободный член)	2,77	0,0000000
ПСОЖ, юноши	0,0108	0, 013
Уравнение регрессии: y = 2,77 + 0,0108*x		
R = 0, 665; R^2 = 0,443; p = 0,013		

Таблица 2

Зависимость показателей АП и ПСОЖ у девушек

Переменные	Коэффициенты регрессии для зависимой переменной АП	Значимость коэффициентов регрессии, p
B (свободный член)	2,517	0,0000000
ПСОЖ, девушки	0,0135	0,012
Уравнение регрессии: y = 2,517 + 0,0135*x		
R = 0,36; R^2 = 0,130; p = 0,012		

Таблица 3

Зависимость показателей ЖА и ПСОЖ у юношей

Переменные	Коэффициенты регрессии для зависимой переменной ЖА	Значимость коэффициентов регрессии, p
B (свободный член)	29,567	0,0000000
ПСОЖ, юноши	-0,113	0,020
Уравнение регрессии: y = 29,567 – 0,113*x		
R = 0,33; R^2 = 0,11; p = 0,02		

ценности рациона юношей и девушек превышало нормы физиологических потребностей у 14% девушек и у 28% юношей.

2. Превышение белкового компонента рационов юношей норм физиологических потребностей было на 32,6%, а у девушек на 18,9%.

3. В большей степени превышение норм физиологических потребностей касалось жирового компонента рационов юношей и девушек на 51,11% и 40,9% соответственно.

4. Углеводный компонент был ниже норм физиологических потребностей в рационе юношей и девушек на -27,95% и -26,8%.

5. В рационе юношей было отмечено превышение натрия, фосфора, а количество кальция и магния было ниже нормы у юношей и девушек.

6. Содержание витаминов B_1, ниацина и бета-каротина в рационах студентов недостаточное.

7. Нерациональное питание отразилось на процессах адаптации в период обучения в медицинском вузе у девушек и юношей, была получена прямая зависимость между увеличением процента содержания жира в организме и увеличением напряжения адаптационных процессов.

8. Качество жизни (SF-36) студентов снижалось при увеличении процента содержания жира в организме; так, жизненная активность юношей имела обратную связь с показателем процента содержания жира в организме.

9. Разработаны персонифицированные меры профилактики нарушений питания и алиментарно-зависимых заболеваний в плане оптимизации двигательной активности обучающихся, и совместно со студентами проводили коррекцию рационов с учетом процента содержания жира в организме, нутриентного состава рационов и пищевых предпочтений. С целью составления рационов использовали разработки семидневных меню, применяемые в диетическом питании (М., 2014) [8].

Список литературы

1. Сорвачева Т.Н., Мартинчик А.Н., Пырьева Е.А. Комплексная оценка фактического питания и пищевого статуса детей и подростков: учебное пособие. М.: ГБОУ ДПО РМАПО, 2014. 73 с.

2. Русакова Д.С., Щербакова М.Ю., Гаппарова К.М., Зайнудинов З.М., Ткачев С.И., Сахаровская В.Г. Современные методы оценки состава тела // Экспериментальная и клиническая гастроэнтерология. 2012. № 8. С. 71–81.

3. Кучма В.Р., Шубочкина Е.И., Иванов В.Ю., Ибрагимова Е.М., Чепрасов В.В., Блинова Е.Г., Новикова И.И., Янушанец О.И., Петрова Е.А. Характеристики качества жизни и условий жизнедеятельности обучающихся 14–19 лет в профессиональных колледжах и школах (данные многоцентровых исследований) // Свидетельство о регистрации базы данных RU 2020620455, 11.03.2020. Заявка № 2020620285 от 02.03.2020.

4. Kuchma V.R., Blinova E.G., Shubochkina E.I. Student health and factors determining it. Breaking down the barriers (EUSUHM 2013) poster abstracts. 2013. P. 3.

5. Казимов М.А., Алиева Р.Х., Казимова В.М. Оценка физического развития и питания студентов-медиков // Сибирский медицинский журнал. 2018. № 33 (2). С. 90–96.

6. Гаврюшин М.Ю., Гудинова Ж.В., Скоблина Н.А., Милушкина О.Ю., Кучма В.Р., Сазонова О.В., Блинова Е.Г., Жернакова Г.Н., Горбачев Д.О., Татаринчик А.А. Нормативы физического развития детей и подростков // Свидетельство о регистрации программы для ЭВМ RU 2018661994, 25.09. 2018. Заявка № 2018619420 от 27.08.2018.

7. Khang Y.H., Yun S.C. Trends in general and abdominal obesity among Korean adults: findings from 1998, 2001, 2005, and 2007 Korea National Health and Nutrition Examination Surveys. J. Korean Med. Sci. 2010. P. 1850–1588.

8. Тутельян В.А., Гаппаров М.Г., Семидневные меню для основных вариантов стандартных диет с использованием блюд оптимизированного состава, применяемых в лечебном питании в медицинских организациях Российской Федерации // Практическое руководство для врачей-диетологов, медицинских сестер диетических, специалистов по организации питания в стационарных учреждениях общественного питания. М., 2014. 460 с.

УДК 616.348-002-053.32

ФАКТОРЫ РИСКА НЕКРОТИЧЕСКОГО ЭНТЕРОКОЛИТА У ДОНОШЕННЫХ НОВОРОЖДЕННЫХ

Маммадова Т.А.

Научно-исследовательский институт имени К.Я. Фараджевой, Баку, e-mail: tukaz.mammadova@gmail.com

В статье рассматриваются результаты исследования факторов риска развития некротического энтероколита (НЭК) у доношенных новорожденных и особенности их комбинаций, влияющих на клиническое течение и исход этого заболевания. Факторы риска, способствующие проявлению НЭК среди доношенной популяции, следующие: гипоксия и/или асфиксия, внутриутробная инфекция, врожденные пороки сердца, пневмония, анемия, врожденные аномалии желудочно-кишечного тракта, гемолитическая болезнь новорожденных, задержка внутриутробного развития. Выявленные факторы риска НЭК у новорожденных, госпитализированных нами, можно разделить на три группы – гипоксически-ишемические, инфекционные и органические. В нашем исследовании гипоксически-ишемический фактор как основной составляет 63%, инфекционный – 25%, 12% – аномалии желудочно-кишечного тракта. Для выявления этиологического значения антенатальных и интранатальных предрасполагающих причин, участвующих в формировании НЭК, был проведен анализ анамнестических данных матерей новорожденных. Исследование проводилось с января 2017 г. по май 2019 г. Обследованы 100 доношенных новорожденных с гестационным возрастом 37–42 недели. Эти дети прошли всестороннее клиническое и лабораторное обследование, а также в их плазме крови были определены уровни оксида азота (NO), эритропоэтина (EPO) и ионов кальция (Ca^{+2}). Мы выяснили достоверность диагностической значимости показателей этих биомаркеров, а также установили корреляционные изменения их уровней в зависимости от стадии некротического энтероколита.

Ключевые слова: НЭК, факторы риска, доношенные новорожденные, гипоксия, оксид азота, эритропоэтин

RISK FACTORS OF NECROTIZING ENTEROCOLITIS IN FULL-TERM NEWBORNS

Mammadova T.A.

Scientific Research Institute of Pediatrics, Baku, e-mail: tukaz.mammadova@gmail.com

The article discusses the results of a study of risk factors for necrotizing enterocolitis (NEC) in full-term newborns and the features of their combinations that affect the clinical course and outcome of this disease. The following risk factors contribute to the manifestation of NEC among the full-term population identified by us: hypoxia and / or asphyxia, intrauterine infection, congenital heart defects, pneumonia, anemia, congenital malformations of the gastrointestinal tract, hemolytic disease of the newborn, sepsis, intrauterine growth retardation. We can divide the risk factors that lead to development of NEK in the neonates that were hospitalised by us, into 3 – hypoxic-ischemic, infectious, and organic e.g. abnormalities in the gastrointestinal tract. In our study, the main factor was the hypoxic-ischemic factor with the share of 63%, 25% – infectious, 12% – abnormalities of the gastrointestinal tract. An analysis of maternal medical history of antenatal and intranatal risk factors having etiological significance in the formation of NEC was carried out. The study was conducted from January 2017 to May 2019. 100 full-term newborns with a gestational age of 37–42 weeks were examined. These children underwent a comprehensive clinical and laboratory examination, and also in their blood plasma levels of nitric oxide (NO), erythropoietin (EPO) and calcium ions (Ca^{+2}) were determined. We found out the reliability of the diagnostic significance of the indicators of these biomarkers, and also established a change in their levels depending on combinations of risk factors for NEC.

Keywords: NEC, risk factors, full-term newborns, hypoxia, nitric oxide, erythropoietin

Некротический энтероколит является одним из основных угрожающих жизни приобретенных заболеваний желудочно-кишечного тракта (ЖКТ) с многофакторной этиологией неонатального периода. Заболеваемость и смертность, связанные с этой болезнью, остаются высокими. Материалы клинических исследований ученых разных стран показывают, что частота смертности от НЭК колеблется в пределах 15–30% [1, с. 201; 2, с. 83]. Несмотря на то что НЭК проявляется в основном у недоношенных новорожденных, но и среди доношенных частота встречаемости заболевания составляет 10–12,5% от общего количества детей, пораженных этой болезнью [3, с. 9; 4, с. 2]. В последние годы наблюдается увеличение частоты встречаемости НЭК среди доношенных новорожденных [5, с. 494]. Тенденция повышения заболеваемости среди вовремя родившихся детей ставит под сомнение роль недоношенности как основного предрасполагающего фактора риска в возникновении болезни [6]. В связи с этим изучение НЭК у доношенных новорожденных становится более актуальным. Рождение детей путем кесарева сечения и улучшение качества неонатальной и реанимационной служб способствуют сохранению детей, перенесших гипоксию внутриутробно и в родах, имеющих тяжелые врожденные пороки развития желудочно-кишечного тракта, сердечно-сосудистой и дыхательной систем. НЭК у доношенных

новорожденных имеет фундаментальное этиологическое отличие от недоношенной группы гестационным возрастом, а с также локализацией патологического процесса в кишечнике и временем начала болезни [5, с. 494]. Интестинальная ишемическая реперфузия и инфекция являются наиболее важными факторами риска НЭК у доношенных новорожденных [7]. Нарушение кишечной микроциркуляции, характеризирующее патологический процесс при некротическом энтероколите, регулируется и контролируется балансом вазоконстрикции и вазодилатации. Компенсаторная централизация мозгового кровообращения при гипоксии осуществляется за счет повышения продукции эритропоэтина сосудистых эндотелиальных клеток [8, с. 34–40]. Вазоконстрикция, опосредованная ЭПО, способствует уменьшению периферического кровообращения в органах, в том числе и в кишечнике, в то время как вазодилатация реализуется первично оксидом азота. NO – это биохимический медиатор, который вовлечен во многие аспекты кишечного ишемического повреждения [9, с. 40–45]. При вазодилатации повышается риск контаминации кишечника патологическими бактериями и попадания их в кровеносное русло. Повышенная продукция оксида азота наблюдается также при бактериальной инвазии, которая является одним из важных условий формирования воспалительного процесса при НЭК [10, с. 368–75]. Гиперпродукция NO способствует внутриклеточной миграции ионов кальция (цитозольный кальций), чем и объясняется снижение его уровня в плазме. Известно так же, что внутриклеточный ион Ca^{+2} ингибирует производство NO путем стабилизации mRNA – messenger ribonucleic acid в макрофагах, подверженных действию бактериального эндотоксина [11]. При продолжении этого процесса и при отсутствии мер для предотвращения наступает некроз клеток и ткани соответственно. По этой причине мы ожидали повышения уровней ЭПО и NO и понижения уровня ион Ca^{+2} , что нами и наблюдалось [8, 9, 11].

В связи с высокой актуальностью указанной выше проблемы оптимизация ранней диагностики НЭК приобретает первостепенное значение [12]. Так как гипоксия и/или асфиксия являются основными предрасполагающими факторами риска развития заболевания, возникает необходимость выявления предиктивных биомаркеров, участвующих в модификации этого процесса. Эритропоэтин (ЭПО) и оксид азота (NO) служат медиаторами, индуцируемыми гипоксией, изменение уровней которых является одной из причин дисфункции эндотелия мезентериальных сосудов, имеющей место при гипоксическом поражении нервной системы и последующей интестинальной ишемии и реперфузии.

Цели исследования: выявить этиологическую структуру предрасполагающих факторов риска развития НЭК у доношенных новорожденных, изучить особенности их комбинаций, влияющих на клиническое течение и исход данного заболевания.

Материалы и методы исследования

Для выполнения поставленной проблемы нами были обследованы 100 доношенных новорожденных с диагнозом НЭК и 30 условно здоровых детей, которые составляли контрольную группу. Гестационный возраст у новорожденных контрольной группы варьировал в пределах 37–40 недель, а у основной группы был в пределах 37–42 недель. Масса тела у младенцев основной группы колебалась в пределах 2500–4400 г, а у контрольной – в пределах 2500–3700 г. 36 новорожденных основной группы принадлежали к женскому полу, а 64 – к мужскому. Были проведены антропометрические обследования, кроме веса, такие как измерение роста, окружностей головы и груди. Рост – 48–57см, окружность головы – 33–37 см, окружность груди – 31–36 см.

Для изучения антенатальных и интранатальных предрасполагающих причин был проведен анализ анамнестических данных у матерей новорожденных, таких как: возраст, форма родоразрешения, паритет беременности, паритет родов, осложнения родов, гинекологические заболевания, аборты, выкидыши, смертность в периоде новорожденности, ранний токсикоз, угроза прерывания беременности, анемия, экстрагенитальные заболевания.

Всем детям основной группы были проведены динамическое клиническое наблюдение, инструментальные обследования и лабораторные биохимическое, иммунологическое и бактериологическое исследования крови. У обеих групп новорожденных были определены уровни в плазме крови NO колориметрическим методом (Caymans Nitrate\Nitrite Colorimetric Assay Kit) на приборе ELISYS UNO HUMAN, ЭПО – иммуноферментным анализом Human (EPO) ELISA Kit, а ионы кальция – фотометрическим тестом на аппарате BioScreen MS-2000.

Статистическая обработка полученных цифровых данных проводилась по критериям *хи-квадрат Пирсена*, тест *Стьюдента* и корреляционных анализов по *р Спирмену и Пирсену*, с помощью программы EXCEL-2016.

Результаты исследования и их обсуждение

Нами были выявлены этиологическая структура антенатальных, интранатальных факторов риска, а также влияние их комбинаций на клиническое течение и исход болезни. Из анализа анамнестических данных матерей выяснилось, что в качестве антенатальных и интранатальных факторов риска, приоритетных в нашем исследовании, можно считать следующие: паритет беременности, паритет родов, осложнения родов, наличие абортов и выкидышей, смертности в периоде новорожденности, ранний токсикоз, анемию и инфекционные заболевания во время беременности. Наличие перечисленных и сочетание этих факторов риска приводят к внутриутробной гипоксии плода. Несомненно, осложненное течение беременности и родов влияет на проявление перинатальных патологий. Следовательно, эти факторы риска создают предпосылки для реализации тяжелых степеней гипоксического поражения нервной системы в периоде новорожденности, тем самым участвуют в формировании НЭК.

Для изучения влияния антенатальных и интранатальных факторов риска со стороны матери на развитие НЭК у новорожденных мы провели анализ анамнестических данных по критерию хи-квадрат Пирсена с 1-й степенью свободы. Были сравнены дети контрольной группы с детьми, больными НЭК.

Из результатов нашего анализа следует, что наиболее важными материнскими антенатальными и интранатальными предрасполагающими факторами риска при НЭК у доношенной популяции являются: паритет беременности, паритет родов, аборты, смерть в периоде новорожденности, ранний токсикоз, анемия, осложнения родов, инфекционные заболевания матери, экстрагенитальные заболевания (болезни, способствующие внутриутробной гипоксии).

Таблица 1

Материнские антенатальные и интранатальные факторы риска у доношенных новорожденных с НЭК

Факторы риска со стороны матери	Контройная группа (n = 30)	НЭК больные (n = 100)	Результаты
Паритет беременности	23 76,7 ± 15,1%	37 68,5 ± 13,2%	$\chi^2 = 11,2$ $p < 0,001$
Паритет родов	29 96,7 ± 6,4%	36 66,7 ± 13,3%	$\chi^2 = 24,4$ $p < 0,001$
Гинекологические заболевания	2 6,7 ± 8,9%	5 9,3 ± 7,7%	$\chi^2 = 0,05$ $p = 0,8206$
Аборты	6 7,4 ± 9,4%	11 20,4 ± 7,0%	$\chi^2 = 3,82$ $p = 0,0505$
Выкидыши	5 16,7 ± 13,3%	8 14,8 ± 8,4%	$\chi^2 = 2,46$ $p = 0,1168$
Смерть в периоде новорожденности	0	8 14,8 ± 7,0%	$\chi^2 = 2311$ $p < 0,001$
Ранний токсикоз	10 33,3 ± 16,8%	47 87,0 ± 13,3%	$\chi^2 = 13,5$ $p < 0,001$
Угроза прерывания беременности	0	1 1,9 ± 3,6%	$\chi^2 = 3614$ $p < 0,001$
Анемия	7 23,3 ± 15,1%	29 53,7 ± 13,2%	$\chi^2 = 4,79$ $p < 0,001$
Осложнения родов	5 16,7 ± 13,3%	26 48,2 ± 13,0%	$\chi^2 = 10,7$ $p = 0,001$
Инфекция	0	21 38,9 ± 12,0%	$\chi^2 = 1593$ $p < 0,001$
Экстагенитальные заболевания	5 16,7 ± 13,3%	16 29,6 ± 10,4%	$\chi^2 = 24,4$ $p < 0,001$

Примечание : в таблице указаны среднее значение μ и 95% (p = 0,05) доверительный интервал (нижняя и верхняя граница).

χ^2 – результаты теста по критерию хи-квадрат Пирсена.

Степень свободы (df) = 1.

Таблица 2

Процентное соотношение факторов риска у доношенных новорожденных с НЭК

Количество больных доношенных новорожденных с НЭК							
Гипоксия и/или асфиксия	Внутриутробная инфекция (ВУИ)	Пневмония	Анемия	Гемолитическая болезнь новорожденных (ГБН)	Врожденный порок сердца	Задержка внутриутробного развития (ЗВУР)	Аномалии желудочно-кишечного тракта
77%	60%	21,6%	15,6%	12%	8,4%	6%	4,8%
И другие: 3 – с геморрагическим синдромом; 2 – с дефицитом глюкоза-6-фосфатдегидрогеназы; 2 – двойни; 4 – с внутриутробной аномалией развития костной системы, 1 – с тромбоцитопатией, 1 – с муковисцидозом.							

Факторы риска, которые были выявлены среди исследуемых нами доношенных новорожденных, следующие: гипоксия и/или асфиксия, внутриутробная инфекция, врожденные пороки сердца, пневмония, анемия, врожденные пороки желудочно-кишечного тракта, гемолитическая болезнь новорожденных, задержка внутриутробного развития.

Факторы риска, приведшие к формированию некротического энтероколита у доношенных новорожденных, госпитализированных нами, можно разделить на три группы – это гипоксически-ишемические, инфекционные и органические, то есть пороки развития желудочно-кишечного тракта. В нашем исследовании на долю гипоксически-ишемического фактора как основного приходится 63%, 25% – на долю инфекционного фактора, 12% – аномалии развития желудочно-кишечного тракта. К гипоксически-ишемическим факторам, которые были выявлены у этих детей, относятся следующие: гипоксия и/или асфиксия, врожденный порок сердца, анемия, гемолитическая болезнь новорожденных; к инфекционным – внутриутробная инфекция, пневмония. Пороки развития ЖКТ, выявленные у больных в исследуемой основной группе, следующие: атрезия ануса, аномалия ротации и фиксации кишечника, анальный стеноз, врожденная кишечная непроходимость. Несмотря на то что гипоксия остается основным предиктором возникновения НЭК у доношенных новорожденных, рождение детей путем кесарева сечения и кормление молочными смесями в сочетании повышают риск развития заболевания, способствуют более тяжелому клиническому течению и плохому исходу.

Для проведения исследования основная группа новорожденных в зависимости от стадии развития некротического энтероколита была разделена на три подгруппы:

I подгруппа – 54 больных с I стадией НЭК;

II подгруппа – 30 больных с II стадией НЭК;

III подгруппа – 16 больных с III стадией НЭК.

Статистическое тестирование уровней биомаркеров у больных с НЭК с применением критерия Стьюдента выявило повышение значений ЭПО, NO и понижение ионов Ca^{+2} по сравнению с показателями контрольной группы. Уровни маркеров у контрольной группы: ЭПО – 11,6 ± 0,1; NO – 36,3 ± 1,0; Ca^{+2} – 2,29 ± 0,05 (p = 0,05). Исследования показали, что при некротическом энтероколите отмечаются повышение уровней ЭПО, NO и понижение ионов Ca^{+2} в зависимости от стадии заболевания. Значение ЭПО при НЭК I повышается в 1,5 раза (17,3 ± 1,4; p = 0,05), NO – в 1,9 раза (68,0 ± 11,4; p = 0,05), при НЭК II – ЭПО в 1,7 раза (19,5 ± 1,9; p = 0,05), NO – в 2,5 раза (90,1 ± 18,7; p = 0,05), при НЭК III – ЭПО больше чем в 2 раза (23,8 ± 4,4; p = 0,05), NO – в 3 раза (107,2 ± 33,0; p = 0,05). А уровень ионов Ca^{+2} уменьшается при НЭК I в 1,7 раза (1,35 ± 0,25; p = 0,05), при НЭК II – в 2,2 раза (1,05 ± 0,23; p = 0,05), при НЭК III – в 3 раза (0,67 ± 0,29; p = 0,05). Устойчивая корреляция наблюдается между повышением содержания ЭПО и NO, понижением уровня ионов Ca^{+2} в плазме крови у доношенных новорожденных с некротическим энтероколитом и стадией болезни. По мере увеличения тяжести НЭК, то есть при ухудшении состояния больного, происходят все еще большее повышение и понижение их уровней соответственно. Следовательно, корреляционное изменение значений этих трех биомаркеров можно использовать не только для выявления болезни, но и для определения степени ее тяжести. Таким образом, ЭПО, NO и Ca^{+2} являются биомаркерами, идентифицирующими НЭК у доношенных новорожденных, позволяющими обнаружить тяжелые случаи болезни.

Выводы

Гипоксическое поражение нервной системы и инфекционная контаминация ки-

шечника младенца в раннем неонатальном периоде являются основными факторами риска НЭК у доношенных новорожденных. Рождение детей путем кесарева сечения и последующее за этим нарушение заселения кишечника новорожденного нормальной комменсальной микрофлорой, кормление молочными смесями в сочетании могут создать неблагоприятные условия, влияющие на клиническое течение и исход болезни. NO, ЭПО и Ca^{+2} являются достоверными биомаркерами, корреляционные изменения которых могут быть использованы не только для идентификации НЭК, но и для выявления более тяжелых случаев болезни.

Список литературы

1. Gephart S.M.,Wetzel C., Krisman B. Prevention and early recognition of necrotizing enterocolitis, a tale of two tools. Adv Neonatal Care: official journal of the National Association of Neonatal Nurses. 2014. V. 14 (3). P. 201–210. DOI: 10.1097\ANC.0000000000000063.

2. Watkins D.J., Besner G.E. The Role of the Intestinal Microcirculation in Necrotizing Enterocolitis. Semin Pediatr Surg. 2013. V 22 (2). P. 83–7. DOI: 10.1053/j.sempedsurg.2013.01.004.

3. Wang K., Tao G., Sun Z., Sylvester K. G. Recent Potential Noninvasive Biomarkers in Necrotizing Enterocolitis. Gastroenterology Research and Practice. 2019. V. (5). P. 1–9.

4. Abbo O., Harper L., Michel J., Ramful D., Breden A., Sauvat F. Necrotizing Enterocolitis in Full Term Neonates: Is There Always an Underlying Cause? Journal of Neonatal Surgery. 2013. V. 2. P. 2–29.

5. Maayan-Metzger A., Itzchak A., Mazkereth R. and Kuint J. Necrotizing Enterocolitis in Full-Term Infants: Case Control Study and Review of the Literature. Journal of Perinatology. 2004 V. 24. P. 494–499.

6. Ahle M., Drott P., Elfvin A., Andersson R. E. Maternal, fetal and perinatal factors associated with necrotizing enterocolitis in Sweden. A national case-control study/ journals.plos.org. 2018. DOI: 10.1371\journal.pone.0194352.

7. Stefanutti G. Novel experimental therapies for intestinal ischaemia and reperfusion injury. Doctoral thesis submitted for a PhD in Pediatric Surgery. UCL (University College London). 2011. 315 p.

8. Nowicki P.T., Caniano D.A., Hammond S., Giannone P.J., Besner G.E, Reber K.M., Nankervis C.A. Endothelial nitric oxide synthase in human intestine resected for necrotizing enterocolitis. J. Pediatr. 2007. V. 150. N 1. P. 40–45.

9. Dzik J.M., Dobrzanska A., Gruszfeld D., Walajtys-Rode E. Nitric oxide metabolitis in the urine of full-term and preterm infants. Pediatrics International: Official Journal of the Japan Pediatric Society. 2002. V. 44 (4). P. 368–375.

10. Beleslin-Cokic B., Cokic V.P., Suresh S., Wirt S., Noguch C.T. Nitric oxide and hypoxia stimulate erythropoietin receptor via MAPK kinase in endothelial cells. 2014. V. 92. P. 34–40.

11. Korhonen R. Regulation of Inducible Nitric Oxide Production in Activated Macrophages. Academic Dissertation of Faculty of Medicine of the University of Tampere. Medical School of the University of Tampere. 2002. 90 p.

12. Markel A., Engelstad H., Poindexter B.B. Predicting disease severity of necrotizing enterocolitis: how to identify infants for novel therapies. J. Clin. Neonatal. 2014. V. 3 (1). P. 1–9. DOI: 10.4103\2249-4847.128717.

СТАТЬИ

УДК 539.4:553.2

ВЗАИМОСВЯЗЬ МЕЖДУ СКОРОСТЬЮ ДЕФОРМАЦИИ И КОЭФФИЦИЕНТОМ ВЯЗКОСТИ БАЗАЛЬТОВОГО РАСПЛАВА В ПРОЦЕССЕ ВОЛОКНООБРАЗОВАНИЯ

Айдаралиев Ж.К., Исманов Ю.Х., Кайназаров А.Т.

Кыргызский государственный университет строительства, транспорта и архитектуры им. Н. Исанова, Бишкек, e-mail: i_yusupjan@mail.ru

В любом производстве изделий на основе минеральных волокон одним из основных видов оборудования, входящего в линию по производству изделий из волокна, являются установки для формования базальтового ковра, или так называемые камеры волокноосаждения. От их совершенства зависит качество готовых изделий. В настоящее время существует несколько широко используемых в промышленности способов получения минеральных волокон из расплава, которые и обусловливают различные типы и конструкции камер волокноосаждения. Во всех камерах формование минераловатного ковра происходит под действием гидродинамических сил. Поэтому изучение таких гидродинамических характеристик, как скорости падения отдельных волокон и сгустков из этих волокон и гидродинамическое сопротивление ковра, имеет первостепенное значение при проектировании новых и реконструкции старых камер волокноосаждения. В данной работе исследована взаимосвязь между скоростью деформации и коэффициентом вязкости базальтового расплава в процессе волокнообразования при посредстве дутьевой головки, разработанной авторами. Дано обоснование процесса волокнообразования с помощью дутьевой головки. Получены соотношения, устанавливающие зависимость скорости деформации в струе волокна от вязкости расплава. Получены экспериментальные данные, по которым можно оценить влияние месторождения базальтов на зависимость скорости деформации от вязкости базальтового расплава. Установлено, что высокоскоростная деформация расплава сильно влияет на качество волокон и на количество отходов при производстве волокон.

Ключевые слова: базальтовый расплав, минеральные волокна, скорость деформации, коэффициент вязкости, дутьевая головка

RELATIONSHIP BETWEEN THE DEFORMATION SPEED AND THE VISCOSITY COEFFICIENT OF THE MOLTEN BASALT IN THE PROCESS OF FORMATION OF FIBERS

Aidaraliev Zh.K., Ismanov Yu.Kh., Kaynazarov A.T.

Kyrgyz State University of Construction, Transport and Architecture named after N. Isanov, Bishkek, e-mail: i_yusupjan@mail.ru

In any production of products based on mineral fibers, one of the main types of equipment included in the line for the production of fiber products is installations for forming a basalt carpet, or the so-called fiberizing chambers. The quality of finished products depends on their perfection. Currently, there are several widely used in industry methods for producing mineral fibers from melt, which determine the various types and designs of fiberization chambers. In all chambers, the formation of mineral wool carpet occurs under the influence of hydrodynamic forces. Therefore, the study of such hydrodynamic characteristics as the rate of fall of individual fibers and clumps of these fibers and the hydrodynamic resistance of the carpet are of paramount importance in the design of new and reconstruction of old chambers. In this paper, we study the relationship between the strain rate and the viscosity coefficient of basaltic melt during fiber formation using a blow head developed by the authors. The substantiation of the process of fiber formation using a blowing head is given. Relations are obtained that establish the dependence of the strain rate in the fiber stream on the viscosity of the melt. Experimental data have been obtained that can be used to evaluate the effect of a basalt deposit on the dependence of the strain rate on the viscosity of a basalt melt. It was found that high-speed deformation of the melt greatly affects the quality of the fibers and the amount of waste in the production of fibers.

Keywords: molten basalt, mineral fibers, strain rate, viscosity coefficient, blow head

Современная теория волокнообразования из расплавов горных пород, в том числе базальтового расплава, в некоторой степени отражает физический механизм этого сложного процесса и определяет пути совершенствования методов получения неорганических волокон.

В работах [1–3] достаточно подробно описан процесс образования волокна из расплава горных пород. В указанных работах рассматриваются различные схемы образования волокна. В одной из схем за основу берется предварительное расщепление расплавленной струи каким-либо энергоносителем на отдельные структуры (карли), из которых затем получают волокна посредством вытягивания. Предлагается также схема в виде прямого вытягивания волокон из горного расплава, которое происходит за счет трения, возникающего

между энергоносителем и непосредственно расплавом.

Кроме того, в работах [4–6] рассмотрен процесс волокнообразования в присутствии акустического поля. Показано, что при построении теории волокнообразования в присутствии акустического поля желательно брать за основу капиллярно-волновую и кавитационную гипотезы.

В любом производстве изделий на основе минеральных волокон одним из основных видов оборудования, входящего в линию по производству изделий из волокна, являются установки для формования базальтового ковра, или так называемые камеры волокноосаждения [7–9]. От их совершенства зависит качество готовых изделий. В настоящее время существует несколько широко используемых в промышленности способов получения минеральных волокон из расплава, которые и обусловливают различные типы и конструкции камер волокноосаждения. Во всех камерах формование минераловатного ковра происходит под действием гидродинамических сил. Поэтому изучение таких гидродинамических характеристик, как скорости падения отдельных волокон и сгустков из этих волокон и гидродинамическое сопротивление ковра, имеет первостепенное значение при проектировании новых и реконструкции старых камер волокноосаждения [1].

Целью настоящей работы является исследование взаимосвязи между скоростью деформации и коэффициентом вязкости базальтового расплава в процессе волокнообразования при посредстве дутьевой головки.

Материалы и методы исследования

В наших исследованиях была использована дутьевая головка [10], представленная на рис. 1.

Дутьевая головка состоит: из корпуса 1 с вводом 2, через который подается энергоноситель; верхнего покрытия 3 с отверстием 4 в центре и вводом 5, через который подается расплав; разъемного стакана 6 с фланцем 7, размещенного коаксиально корпусу 1; кольцевого сопла 8, образованного стаканом 6 и сопловым патрубком 5; генератора акустических колебаний 9, образованного кольцевой проточкой во фланце 7 стакана 6; досопловой 10 и подсопловой 11 камер, соединенных между собой посредством кольцевого сопла 8, тангенциальных каналов 12 и дополнительных прямоструйных сопел 13, которые выполнены во фланце 7 стакана 6. Такая конструкция дутьевой головки обеспечивает ее эффективную работу и получение супертонкого базальтового волокна диаметром 0,6–2,5 мкм и длиной 30–50 мм (рис. 2).

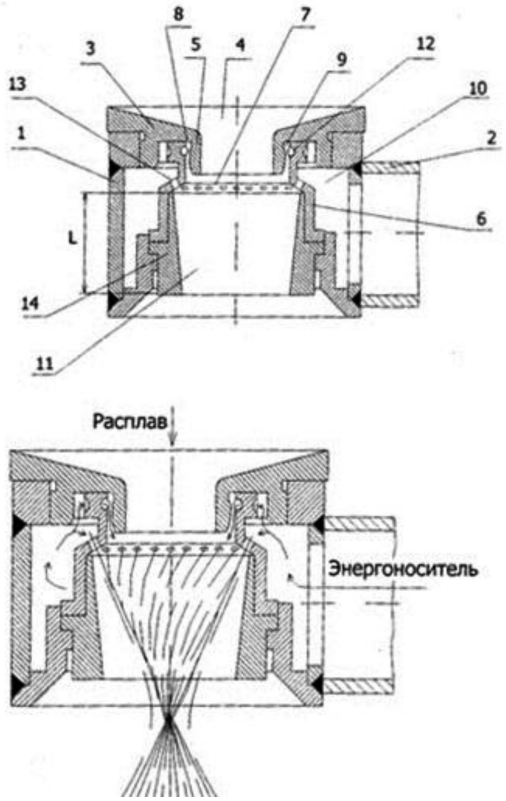


Рис. 1. Дутьевая головка для получения супертонких волокон диаметром 0,5–2,5 мкм

Рис. 2. Расщепление базальтового расплава в волокно

Для описания процесса расщепления волокна в дутьевой головке представим выходящий расплав в виде стержня из вязкого вещества (базальтового расплава) с беско-

нечно малыми сдвиговыми характеристиками в поперечном направлении и находящегося под действием растягивающих сил ±*F*, приложенных к его концам.

Согласно теории вязкого течения [11–12] распределение скоростей образующих течение частиц вокруг неподвижной нейтральной точки описывается следующими формулами:

$$\vartheta_x = \alpha x, \vartheta_y = -\frac{1}{2}\alpha y,\ \vartheta_z = -\frac{1}{2}\alpha z, \quad (1)$$

где α(*t*) – параметр, характеризующий градиент скорости. Он зависит от времени. Если обозначить длину стержня (из базальтового расплава) через *l*(*t*), то для момента времени *t* получаем согласно формуле (1):

$$\frac{dl}{dt} = \alpha\frac{l}{2}, \quad (2)$$

где α/2 – коэффициент линейного растяжения базальтового расплава (стержня) за единицу времени.

Для определения зависимости коэффициента α от приложенной силы *F* заметим, что работа:

$$A = F \cdot \frac{dl}{dt} = \frac{1}{2}Fl\alpha. \quad (3)$$

Малые смещения частиц упругого тела под действием внешних сил можно охарактеризовать вектором смещения, который зависит от трех пространственных координат *s*(*x*, *y*, *z*).

Изменение положения частиц по отношению к выбранной точке можно описать с помощью градиента вектора смещения вдоль радиус-вектора:

$$\frac{ds}{dr} = \frac{1}{2}\left(\frac{ds}{dr} + \nabla s\right) + \frac{1}{2}\left(\frac{ds}{dr} - \nabla s\right). \quad (4)$$

Даже при малых внешних воздействий, но, если их длительность велика, происходят изменения среды, характерные при деформациях. Следовательно, при деформациях частицы среды приобретают определенную скорость. Описать смещения в структуре среды при условии, что длительность внешнего воздействия очень мала, можно с помощью вектора перемещения, который пропорционален скорости частиц среды:

$$s(x, y, z) = \vartheta(x, y, z)\Delta t.$$

Выражение для скорости через его пространственные компоненты имеет вид:

$$\vartheta = \begin{pmatrix} \vartheta_x \\ \vartheta_y \\ \vartheta_z \end{pmatrix}. \quad (5)$$

Деформация жидкости определяется значениями производных скоростей вблизи данной точки, т.е. при изучении деформаций упругих тел важны не столько векторы перемещений, сколько значения скоростей частиц среды. Изменение скоростей частиц среды вблизи рассматриваемой точки можно задать следующим соотношением:

$$\vartheta(r + dr) = \vartheta(r) + \frac{d\vartheta}{dr}r. \quad (6)$$

Производная вектора скорости вдоль радиус-вектора, выраженная через пространственные компоненты, может быть представлена в виде следующей матрицы:

$$\frac{d\vartheta}{dr} = \begin{pmatrix} \frac{\partial\vartheta_1}{\partial x} & \frac{\partial\vartheta_1}{\partial y} & \frac{\partial\vartheta_1}{\partial z} \\ \frac{\partial\vartheta_2}{\partial x} & \frac{\partial\vartheta_2}{\partial y} & \frac{\partial\vartheta_2}{\partial z} \\ \frac{\partial\vartheta_3}{\partial x} & \frac{\partial\vartheta_3}{\partial y} & \frac{\partial\vartheta_3}{\partial z} \end{pmatrix}; \nabla\vartheta = \left(\frac{d\vartheta}{dr}\right)^T. \quad (7)$$

Если соотношение (6) рассматривать как тензор, то его можно представить в виде суммы тензоров скоростей деформации и вращения:

$$\frac{d\vartheta}{dr} = \frac{1}{2}\left(\frac{d\vartheta}{dr} + \nabla\vartheta\right) + \frac{1}{2}\left(\frac{d\vartheta}{dr} - \nabla\vartheta\right). \quad (8)$$

Изменение скорости при удалении от рассматриваемой точки вдоль некоторого радиус-вектора, начало которого находится в этой точке, можно выразить через ротор поля векторов скоростей изучаемой среды:

$$\vartheta(r + dr) = \vartheta(r) + \vartheta_{ik}dr + \frac{1}{2}rot\vartheta \times dr. \quad (9)$$

Здесь ϑ_{ik} – тензор скоростей среды, он определяется соотношением:

$$\vartheta_{ik} = \frac{1}{2}\left(\frac{d\vartheta}{dr} + \nabla\vartheta\right). \quad (10)$$

Или в матричном представлении:

$$\vartheta_{ik} = \begin{pmatrix} \dfrac{\partial \vartheta_1}{\partial y} & \dfrac{1}{2}\left(\dfrac{\partial \vartheta_2}{\partial y} + \dfrac{\partial \vartheta_1}{\partial x}\right) & \dfrac{1}{2}\left(\dfrac{\partial \vartheta_3}{\partial z} + \dfrac{\partial \vartheta_1}{\partial x}\right) \\ \dfrac{1}{2}\left(\dfrac{\partial \vartheta_1}{\partial x} + \dfrac{\partial \vartheta_2}{\partial y}\right) & \dfrac{\partial \vartheta_2}{\partial y} & \dfrac{1}{2}\left(\dfrac{\partial \vartheta_3}{\partial z} + \dfrac{\partial \vartheta_2}{\partial y}\right) \\ \dfrac{1}{2}\left(\dfrac{\partial \vartheta_1}{\partial x} + \dfrac{\partial \vartheta_3}{\partial z}\right) & \dfrac{1}{2}\left(\dfrac{\partial \vartheta_2}{\partial y} + \dfrac{\partial \vartheta_3}{\partial z}\right) & \dfrac{\partial \vartheta_3}{\partial z} \end{pmatrix}. \quad (11)$$

Применение формулы (11) для описания работы (работа рассчитывается на единицу объема среды) сил внутреннего трения, обусловленных вязкостью среды, дает следующее соотношение:

$$A = 2\eta \sum_i \sum_k \vartheta_{ik}^2. \quad (12)$$

В случае рассмотрения движения, описываемого формулами (1), $\vartheta_{11} = \alpha$, $\vartheta_{22} = \vartheta_{33} = -\alpha/2$, остальные компоненты тензора ϑ_{ik} обращаются в нуль.

Полная работа сил трения во всем объеме стержня $V = Sl$ (S – поперечное сечение в рассматриваемый момент) выражается следующей формулой:

$$A = \frac{3}{2}\eta V \alpha^2.$$

Приравнивая ее к работе растягивающей силы $F(dl/dt)$, мы получаем следующее соотношение для коэффициента α (градиента скорости течения):

$$3\eta V \alpha^2 = Fl\alpha,$$

т.е.

$$\alpha = \frac{lF}{3\eta V}. \quad (13)$$

Для описания процесса волокнообразования в дутьевой головке воспользуемся уравнением энергобаланса в следующем виде:

$$\frac{3}{2}\eta V \alpha^2 + \frac{d(\sigma S)}{dt} = \frac{1}{2} Fl\alpha. \quad (14)$$

Здесь η – вязкость базальтового расплава; V – объем расплава; α – градиент скорости деформации; σ – поверхностное натяжение базальтового расплава; S – площадь поверхности; F – вытягивающая сила; l – длина.

Первое слагаемое в уравнении (14) представляет собой работу сил внутреннего трения, второе слагаемое определяет скорость изменения поверхностной энергии, правая часть описывает работу внешних сил. При достаточно больших скоростях вытяжки волокон работа, затрачиваемая на преодоление вязкости, значительно превосходит работу, затрачиваемую на преодоление сил поверхностного натяжения, т.е.:

$$\frac{3}{2}\eta V \alpha^2 = \frac{1}{2} Fl\alpha. \quad (15)$$

Приведем уравнение (15) к следующему виду: $\frac{3}{2}\eta V \alpha = \frac{1}{2} Fl.$

Используя (2), получаем $\frac{1}{l^2}\frac{dl}{dt} = \frac{F}{6\eta V}$.

Принимая во внимание, что $V = Sl$ и $F = PS$, получаем:

$$\frac{1}{l} dl = \frac{P}{6\eta} dt. \quad (16)$$

После интегрирования уравнения (16) получим:

$$l = l_0 \exp\left[\int_0^t \frac{P(t)}{6\eta(t)} dt\right]. \quad (17)$$

Здесь l – длина волокон; $P(t)$ – удельная сила, величина которой и зависимость ее от времени определяются конструкцией дутьевой головки, давлением подаваемого пара и другими факторами; l_0 – характерный размер элементарного объема струи расплава в начальный момент времени; $\eta(t)$ – вязкость расплава; t – время.

При условии, что плотность расплава в процессе охлаждения изменяется незначительно, из уравнения сохранения массы получаем:

$$V = V_0 = \frac{\pi d^2 l}{4} = \frac{\pi d_0^2 l_0}{4}.$$

Здесь V – объем волокна; V_0 – объем струи базальтового волокна.

Отсюда диаметр поперечного сечения волокна можно выразить через его длину:

$$d = 2\sqrt{V / \pi l}.$$

Площадь волокна или струи равна

$$s = 2\pi r^2 + 2\pi rl = 2\pi\left(r + l\right); r \ll l, s = 2\pi rl = \pi dl = 2\sqrt{\pi Vl},$$

$$\frac{d\left(\sigma s\right)}{dt} \approx \sigma\frac{ds}{dt} = \sigma\frac{d2\sqrt{\pi Vl}}{dt} = \sigma 2\sqrt{\pi V}\,\frac{1}{2\sqrt{l}}\frac{dl}{dt} = \sigma\sqrt{\pi V / l}\,\frac{dl}{dt},$$

$$\frac{\sigma ds}{dt} = \sigma\sqrt{\pi V / l}\,\frac{dl}{dt}, \tag{18}$$

$$\frac{3}{2}\eta V\alpha^2 = \frac{3}{2}\eta V\frac{\left(\frac{dl}{dt}\right)^2}{l^2}. \tag{19}$$

Сравнивая выражения (2) и (3), получаем формулу оценки:

$$\frac{\sigma\frac{ds}{dt}}{\frac{3}{2}\eta V\alpha^2} = \sigma\sqrt{\pi V / l}\,\frac{dl}{dt}\cdot\frac{2}{3}\frac{l^2}{\eta V\left(\frac{dl}{dt}\right)^2} = \sigma\sqrt{\pi V / l}\cdot\frac{2}{3}\frac{l^2}{\eta V\frac{dl}{dt}} = \frac{2}{3}\frac{\sigma}{\eta}\sqrt{\frac{\pi Vl^2}{lV^2}}\cdot\frac{1}{\frac{dl}{dt}}\cdot l =$$

$$= \frac{2}{3}\cdot\frac{\sigma}{\eta}\cdot\sqrt{\frac{\pi l}{V}}\cdot\frac{1}{\frac{dl}{dt}}\cdot l = \frac{2}{3}\cdot\frac{\sigma}{\eta}\cdot\frac{2}{d}\cdot\frac{1}{\frac{dl}{dt}}\cdot l = \frac{4}{3}\frac{\sigma}{\eta}\frac{1}{\frac{dl}{dt}}\frac{l}{d},$$

$$\frac{\sigma\frac{ds}{dt}}{\frac{3}{2}\eta V\alpha^2} = \frac{4}{3}\frac{\sigma}{\eta}\frac{1}{\frac{dl}{dt}}\frac{l}{d}.$$

На основании (14) и (18) имеем:

$$\frac{3}{2}\eta V\alpha^2 + \sigma\sqrt{\pi V / l}\cdot\frac{dl}{dt} = \frac{1}{2}Fl\alpha,$$

$$\alpha = \frac{dl}{dt\cdot l},$$

$$\frac{3}{2l}\eta V\alpha^2 + \sigma\sqrt{\pi V / l}\cdot\frac{dl}{dt\cdot l} = \frac{1}{2}F\alpha,$$

$$\frac{3}{2l}\eta V\alpha^2 + \sigma\sqrt{\pi V / l}\cdot\alpha = \frac{1}{2}F\alpha,$$

$$\frac{3}{2l}\eta V\alpha^2 = \frac{1}{2}F\alpha - \sigma\sqrt{\pi V / l}\cdot\alpha\ ,\frac{3}{2l}\eta V\alpha^2 = \alpha\left(\frac{1}{2}F - \sigma\sqrt{\pi V / l}\right),$$

$$\frac{3}{2l}\eta V\alpha = \frac{1}{2}F - \sigma\sqrt{\pi V / l},$$

$$\alpha = \frac{\frac{1}{2}F - \sigma\sqrt{\pi V / l}}{\frac{3}{2l}\eta V},$$

$$\alpha = \frac{\frac{1}{2}F - \sigma\sqrt{\pi V / l}}{\frac{3}{2l}\eta V} = \frac{\frac{1}{2}P \cdot S - \sigma\sqrt{\pi V / l}}{\frac{3}{2l}\eta V} = \frac{\frac{1}{2}P \cdot V / l - \sigma\sqrt{\pi V / l}}{\frac{3}{2l}\eta V} =$$

$$= \frac{\frac{1}{2}P \cdot \sqrt{V / l} \cdot \sqrt{V / l} - \sigma\sqrt{\pi V / l}}{\frac{3}{2l}\eta V} = \frac{\frac{1}{2}P \cdot \sqrt{V / l} - \sigma\sqrt{\pi}}{\frac{3}{2}\eta \cdot \sqrt{V / l}} = \frac{P}{3\eta} - \frac{2\sigma\sqrt{\pi}}{3\eta \cdot \sqrt{V / l}} =$$

$$= \frac{P}{3\eta} - \frac{2\sigma\sqrt{\pi}}{3\eta \cdot \sqrt{S}} = \frac{P}{3\eta} - \frac{2\sigma\sqrt{\pi}}{3\eta \cdot \sqrt{\pi r^2}} = \frac{P}{3\eta} - \frac{2\sigma}{3\eta \cdot r} = \frac{P}{3\eta} - \frac{4\sigma}{3\eta \cdot d} = \frac{1}{3\eta}\left(P - \frac{4\sigma}{d}\right),$$

$$\alpha = \frac{1}{3\eta}\left(P - \frac{4\sigma}{d}\right). \quad (19)$$

Технологические параметры и расчетные значения скорости деформации приведены в таблице.

Технологические характеристики расплавов из базальтовых горных пород

Месторождение	Вязкость, η Па·с, при *t*, °С				
	1450	1400	1350	1300	1250
Сулуу-Терек (Кыргызстан)	4,7	8,4	14,0	24,5	47,0
Берестовецкое (Украина)	3,6	6,2	10,2	18,2	35,4
Марнеульское (Грузия)	7,8	13,0	22,5	41,0	76,5
Давление энергоносителя, Р, кг/с	5				
Диаметр волокна, d, мкм	0,5–2,5				
Коэффициент поверхностного натяжения, среднее значение, σ, н/м	0,2–0,5				
Скорость деформации, $с^{-1}$					
Сулуу-Терек (Кыргызстан)	4283,62	2396,79	1438,07	821,76	428,36
Берестовецкое (Украина)	5592,50	3247,26	1973,82	1106,21	568,73
Марнеульское (Грузия)	2581,15	1548,69	894,80	491,05	263,18

Из таблицы видно, что с увеличением температуры расплава его вязкость увеличивается, также увеличивается скорость деформации. Поэтому слишком большое увеличение малых деформаций может стать основой появления отходов волокнообразования. Экспериментально определена вязкость расплава в зависимости от химико-минералогического состава электродуговой печи для диапазона температур 1250–1450 °С [13–15]. В соответствии с полученными результатами изменение скорости деформации в процессе волокнообразования происходит в пределах 428,36–4283,62 $с^{-1}$.

Таким образом, при выходе за пределы скоростей деформации в процессе производства базальтовых волокон 15–25% базальтового расплава не попадает в готовое изделие – холст из базальтовых волокон. Возникает необходимость утилизации отходов производства или использования их в качестве сырья при создании новых композиционных материалов и изделий на их основе.

Выводы

1. Дано обоснование процесса волокнообразования с помощью дутьевой головки. Получены соотношения, устанавливающие зависимость скорости деформации в струе волокна от вязкости расплава.

2. Получены экспериментальные данные, по которым можно оценить влияние месторождения базальтов на зависимость скорости деформации от вязкости базальтового расплава.

3. Установлено, что высокоскоростная деформация расплава сильно влияет на качество волокон и на количество отходов при производстве волокон.

Список литературы

1. Ормонбеков Т.О. Техника и технология производства базальтовых волокон. Бишкек: Илим, 2010. 152 с.

2. Гурьев В.В., Тихонов Р.Д., Бегляров Э.М., Тихонова В.Р. Волокнообразование силикатных расплавов в акустическом поле // Стекло и керамика. 2011. № 11. С. 12–15.

3. Бегляров Э.М., Ковылов В.М. Физический механизм процесса волокнообразования // Огнеупоры. 1980. № 6. С. 27–29.

4. Димитриенко Ю.И. Нелинейная механика сплошной среды. М.: Физматлит, 2009. 624 с.

5. Емельянов В.Н. Механика сплошной среды: Теория напряжений и основные модели. М: Юрайт, 2018. 163 с.

6. Татаринцева О.С., Углова Т.К., Игонин Г.С., Бычин Н.В. Определение сроков эксплуатации базальтоволокнистых теплоизоляционных материалов // Строительные материалы. 2014. № 11. С. 14–15.

7. Веллис С.А., Каминскас А.Л., Верикас Т.К., Степанов И.Я. Теплопроводность влажных стекловолокнистых и минераловатных плит // Строительные материалы. 2012. № 6. С. 38–40.

8. Асланова М.С., Мясников А.А. Влияние химического состава базальтового волокна на его кислотоустойчивость // Стекло и керамика. 2014. № 5. С. 18–22.

9. Айдаралиев Ж.К., Кайназаров А.Т., Исманов Ю.Х., Абдиев М.С., Атырова Р.С., Сопубеков Н.А. Супертонкие волокна на основе алевролита и базальта, добываемых в Кыргызстане // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. 2019. № 5. С. 109–114. DOI 10.17513/mjpfi.12748.

10. Абдыкалыков А.А., Айдаралиев Ж.К, Сопубеков Н.А., Байсалов Э.А., Дубинин Ю.Н. Дутьевая головка // Патент на изобретение КР. Кыргызпатент № 1612. 2014.

11. Феннер Б., Ульрих М. Газовая вагранка – новая разработка для производства минеральной ваты // Базальтовые технологии. 2017. № 5. С. 27–31.

12. Закожурников С.С., Закожурникова Г.С. Оптимизация технологического процесса производства карбида кремния // Молодой ученый. 2016. № 9. С. 147–150.

13. Исманов Ю.Х. Интерферометрия на основе метода бесщелевой радужной голографии // Вестник КГУСТА. 2015. № 4 (40). С. 194-198.

14. Исманов Ю.Х. Голографическая интерферометрия на основе эффекта Тальбота // Известия Национальной Академии наук Кыргызской Республики. 2015. № 2. С. 20-23.

15. Ismanov Y.Kh., Tynyshova T.D., Aidaraliev Z.K. Wide-range holographic interferometer. Optical Engineering. 2018. № 57(12). 124106. DOI: 10.1117/1.OE.57.12.124106.

УДК 677.027

АНАЛИЗ ПОТРЕБИТЕЛЬСКИХ СВОЙСТВ МОДИФИЦИРОВАННЫХ ТЕКСТИЛЬНЫХ ПЕРЕВЯЗОЧНЫХ МАТЕРИАЛОВ

[1]Джанпаизова В.М., [1]Ташменов Р.С., [2]Токсанбаева Ж.С., [1]Аширбекова Г.Ш., [1]Толганбек Н.Н., [1]Шаймаханова А.Н.

[1]Южно-Казахстанский государственный университет им. М. Ауэзова, Шымкент;
[2]Южно-Казахстанская медицинская академия, Шымкент, e-mail: vasmir1@mail.ru

В статье обсуждается возможность использования нанотехнологий при производстве медицинского текстиля. С использованием метода поверхностного нанесения реагентов на текстильные перевязочные материалы получены экспериментальные образцы, модифицированные наноцитратом серебра. Для оценки потребительских свойств, по стандартной методике были испытаны опытные образцы и получены данные о показателях гигиенических и физико-механических свойств текстильных перевязочных материалов, пропитанных водными растворами наноцитрата серебра. Приведено описание методов и используемой аппаратуры для модифицирования текстильных материалов наночастицами металлов. Получены данные по показателям: жесткость, воздухопроницаемость, усадка, удлинение, водопоглощение, капиллярность и гигроскопичность. Сравнительный анализ этих гигиенических и физико-механических показателей показал, что обработка наноцитратом серебра оказала положительное влияние на основные показатели перевязочных материалов, улучшенную жесткость, уменьшенное набухание, уменьшенную усадку, улучшенное водопоглощение, капиллярность и гигроскопичность, благодаря структурированию волокон текстильного материала. Коэффициент воздухопроницаемости увеличивается особенно после пропитки раствором наноцитрата серебра, так как механическая обработка приводит к разрыхлению, системы нитей, становится менее плотной, увеличивается расстояние между волокнами и сквозными порами. Разрывная нагрузка модифицированной марли практически не отличалась от контрольных образцов. Получение модифицированных текстильных перевязочных материалов с лечебными свойствами позволяет расширить ассортимент медицинских средств.

Ключевые слова: текстильные перевязочные материалы, наноцитрат серебра, гигиенические свойства, физико-механические показатели, модификация

ANALYSIS OF CONSUMER PROPERTIES OF MODIFIED TEXTILE DRESSINGS

[1]Dzhanpaizova V.M., [1]Tashmenov R.S., [2]Toksanbaeva Zh.S., [1]Ashirbekova G.Sh., [1]Tolganbek N.N., [1]Shaymakhanova A.N.

[1]M. Auezov South Kazakhstan State University, Shymkent;
[2]South Kazakhstan Medical Academy, Shymkent, e-mail: vasmir1@mail.ru

This article discusses the possibility of using nanotechnology in the production of medical textiles. Using the method of surface application of reagents to textile dressings, experimental samples modified with silver nanocitrate were obtained. To assess consumer properties, the standard method was used to test prototypes and obtain data on the indicators of hygienic and physical and mechanical properties of textile dressings impregnated with aqueous solutions of silver nanocitrate. The characteristics of methods and equipment for modifying textile materials with metal nanoparticles are described. Data on the parameters of stiffness, breathability, shrinkage, elongation, water absorption, capillarity and hygroscopicity were obtained. A comparative analysis of these hygienic and physical-mechanical indicators showed that silver nanocitrate treatment had a positive effect on the main indicators of dressings, improved stiffness, reduced swelling, reduced shrinkage, improved water absorption, capillarity and hygroscopicity due to the structuring of textile material fibers. The coefficient of breathability increases especially after impregnation with a solution of silver nanocitrate as mechanical processing leads to loosening, the system of threads becomes less dense, the distance between the fibers and the through pores increases. The breaking load of the modified gauze practically did not differ from the control samples. Obtaining modified textile dressings with medicinal properties allows you to expand the range of medical products.

Keywords: textile dressings, silver nanocitrate, hygienic properties, physical and mechanical parameters, modification

Во всем мире наблюдается интенсивное распространение нанотехнологий, то есть технологий, предназначенных для получения и эффективного практического использования нанообъектов и наносистем с особыми свойствами, которые применяются во многих отраслях промышленности. Основной характеристикой нанотехнологий является способность контролировать процессы изменения вещества на уровне макромолекул, создавая новые вещества с новыми химическими, физическими и биологическими свойствами. Комбинация методов и приемов позволяет создавать и модифицировать контролируемые объекты, которые включают в себя компоненты размером 1–100 нм и обладают принципиально новыми качествами, позволяющими улучшить эксплуатационные и потребительские характеристики, а также свойства получаемых продуктов [1, 2]. Известно, что медицинский текстиль занимает значительную часть производства противомикробного текстиля. Одним из актуальных

направлений современных исследований в области выбора антимикробных препаратов для медицинского текстиля сегодня является борьба с устойчивыми к антибиотикам микроорганизмами и внутрибольничными инфекциями.

Существуют различные технологии производства текстильных материалов с антисептическими свойствами. Биологическая активность волокон и текстильных материалов определяется свойствами содержащихся в них веществ. Способы придания антибактериальных свойств волокнистым материалам можно разделить на следующие группы:

– укрепление ионов металла в тонкой структуре волокон при их формовании;

– взаимодействие ионов металлов с волокнами по химическим связям, метод химической модификации.

Структурная модификация может быть связана с химическими волокнами, в которые вводят биоциды во время процесса модификации. Химической модификации подвергаются все виды текстильных материалов. Различные методы используются для химической модификации полотен [3]. Одним из них является поверхностное нанесение биоцидных препаратов, которое осуществляется пропиткой, опрыскиванием или погружением с последующим высушиванием [4, 5].

Анализируя существующие способы придания антисептических свойств текстильным материалам, можно отметить метод поверхностного нанесения реагентов на материалы, способом окунания. Это распространённый метод на практике довольно прост в исполнении, не требует сложного специального оборудования и даёт высокий практический результат [5].

Придание текстильным материалам антимикробных свойств преследует две основные цели: защита от действия микроорганизмов и защита от действия патогенной микрофлоры объектов, контактирующих с текстильными материалами.

Наночастицы серебра используются для придания антибактериальных свойств. Ионы соединений металлов проявляют определенный стерилизующий эффект. Считается, что часть кислорода в воздухе или воде превращается в активный кислород с помощью катализатора, содержащего ион металла, разрушая тем самым органическое вещество, создавая стерилизующий эффект. Наноматериалы обладают улучшенными каталитическими свойствами благодаря своему высокому поверхностному заряду, атомы которого меняются при использовании наноматериалов с размером частиц, количество реагентов частиц на единицу площади значительно увеличилось. Наночастицы серебра имеют очень большую удельную поверхность, что увеличивает их контакт с бактериями или грибами и значительно улучшает их бактерицидные и фунгицидные свойства. Наносеребро очень быстро реагирует с белками [6].

Было обнаружено, что бактерицидный эффект ионизированного серебра в 1750 раз сильнее карболовой кислоты, в 3,5 раза сильнее, чем хлорид меркурия и хлорид извести. Кроме того, спектр противомикробного действия серебра намного шире, чем у многих антибиотиков и сульфаниламидов. Серебро обладает более сильным противомикробным действием против аэробных и анаэробных микроорганизмов, чем пенициллин, биомицин и другие антибиотики, и оказывает вредное воздействие на штаммы (сорта) virus10 и грибы. Использование активного серебра в виде наночастиц позволяет в сотни раз снизить концентрацию серебра, сохраняя при этом все бактерицидные свойства. В исследовании для придания антибактериальных свойств текстильным перевязочным материалам использован наноцитрат серебра

Целью исследования является сравнительный анализ потребительских свойств модифицированных наноцитратом серебра текстильных перевязочных материалов.

Материалы и методы исследования

Объект исследования в данной статье – текстильная повязка Э58 РМ (нестерильная марля ГОСТ 1172-93, 100% хлопок), пропитанная растворами наноцитрата серебра. Образцы ткани размером 200×200 мм после определения точной массы на аналитические весы, пропитанные аппретирующими водными растворами составы на двухвальной плюсовке лабораторной с отжимом 90%. Сушка ее и термообработка проводятся в сушилке с терморегулятором и на термопрессе.

Температура термообработки составляет 1400 °С в течение 2 мин. После сушки образцы термообработки отмывают в дистиллированной воде, следует сушка при комнатной температуре. Количественное определение антимикробной активности образцов ПМ с различным содержанием цитрата серебра определялось размером зоны подавления роста микроорганизмов вокруг образца [6].

Воздухопроницаемость аппретированных текстильных материаловопределяют на приборе ВПТМ-2 по ГОСТ 12088–77 [7].

Для определения разрывных характеристик используют разрывную машину РТ-250М (ГОСТ 3813–72) [8].

С помощью метода атомно-силовой микроскопии (АСМ) определена зависимость антисептических свойств обработанной марли от наличия в них частиц металлического серебра.

Результаты исследования и их обсуждение

Особое внимание было уделено гигиеническим свойствам медицинской марли, поскольку они имеют большое значение в процессе получения перевязочных материалов (табл. 1).

Анализ гигиенических свойств модифицированных образцов медицинской марли, отобранных по номенклатуре, показал улучшение таких свойств, как водопоглощение, капиллярность (по основе от 92 мм до 103 мм, по утку от 80 мм до 103 мм), гигроскопичность, которая отражает общее улучшение качества медицинской марли.

Качество продукта оценивается по его потребительским свойствам. Пропитка наноцитратом серебра позволила улучшить свойства марли. В процессе эксплуатации текстильные изделия подвержены процессам натяжения, усадки, взрывоопасных нагрузок, истиранию, поэтому модифицированная марля должна иметь характеристики высокой прочности [5]. Марля должна быть мягкой, выдерживать определенные разрывные нагрузки и иметь низкую усадку. Такие свойства обеспечивают его удобное использование с получением антисептических свойств для перевязок. Для оценки потребительских свойств модифицированные образцы марли были испытаны с использованием стандартных методов для наиболее значимых показателей номенклатуры требований к марле с антисептическими свойствами (табл. 2).

Приведенные в табл. 2 данные показывают, что процесс модификации оказал положительное влияние на основные механические характеристики марли.

Так, улучшились показатели жёсткости модифицированной марли. Контрольный образец марли после мокрой обработки показал небольшую усадку – 5 %, а в модифицированных образцах усадка – 2 %. Анализ показывает, что обработка наноцитратом серебра приводит к некоторому структурированию волокон тканей и уменьшает степень их набухания.

Усадка тканей – это сложный процесс, который зависит от комплекса взаимосвязанных явлений: процессов обратной релаксации и набухания волокон. Обратные процессы релаксации происходят в результате деформации волокон, пряжи и марли в процессе создания ткани. Во время процесса отделки марля испытывает сильное натяжение, а во время окончательной отделки, под воздействием высокой температуры, эта деформация закрепляется сушкой. Чем больше деформация марли в процессе производства, тем больше усадка при мокрой обработке. В хлопке молекулы целлюлозы связаны сильным межмолекулярным взаимодействием. В тревожном волокне эти отношения несколько уменьшаются, так что при разгрузке происходит самопроизвольный процесс дезориентации структуры. Во время влажных обработок молекулы воды, которые проникают между нитями ткани, волокнами нитей и молекулярными цепями, ослабляют силы их взаимодействия.

Таблица 1

Гигиенические свойства марли медицинской

ССвойства марли медицинской	Образец	
	Контроль	Пропитанный раствором наноцитрата серебра
1	2	3
Гигроскопичность Жг,%		
до пропитки	14,05	14,29
после пропитки раствором наноцитрата серебра	14,25	14,79
Капиллярность К, мм		
до пропитки по основе	92	103
по утку	80	103
после пропитки раствором наноцитрата серебра		
по основе	142	146
по утку	129	146
Водопоглощение, Вп%		
до пропитки	50	52
после пропитки раствором наноцитрата серебра	65	63

Таблица 2

Физико-механические свойства модифицированных образцов марли

Свойства марли	Образец	
	Контроль	Обработанный 0,04% раствором наноцитрата серебра
Жесткость El, кН'см^2:		
по основе	770	747
по утку	340	298
Усадка У,%:		
по основе	5,0	2,0
по утку	5,5	2,0
Разрывная нагрузка Р, Н:		
по основе	82	76
по утку	38	34
Удлинение при разрыве, *%*:		
по основе	12	16
по утку	18	22

Продолжительность процесса релаксации зависит от температуры воды. Когда волокна набухают, диаметр нити увеличивается, вызывая растяжение периферийных волокон, набухание вокруг пряжи. Это дополнительный источник напряжения на волокнах. При мокрой обработке механические силы превышают внутренние силы трения волокон и пряжи друг с другом. Это облегчает движение волокон и нитей в пряже [5]. Волокна, которые скользят по диаметру нити, утолщают её, и по длине – укорачивают. Следовательно, после мокрой обработки наблюдается уменьшение размера ткани. Марля в процессе мокрой обработке показала небольшую усадку – 5%. В процессе модификации 0,04%-ным раствором наноцитрата серебра усадка составляет – 2%.

На разрывной машине РТ-250М определялись показатели прочности на разрыв согласно методологии 2.4.3 [8]. Разрывная нагрузка модифицированной марли практически не отличалась от контрольных образцов.

После изменения основных физических характеристик улучшились все показатели. Коэффициент воздухопроницаемости в сухом состоянии воздуха особенно возрастает в модифицированных образцах, пропитанных раствором наноцитрата серебра.

Для образцов, модифицированных наноцитратом серебра, коэффициент воздухопроницаемости ВР и общую пористость смачиваемой марли определяли стандартными методами. Результаты исследования зависимости общей пористости и воздухопроницаемости от фактической влажности тканей свидетельствуют о том, что коэффициент воздухопроницаемости уменьшается с увлажнением тканей. Это связано с уменьшением пористости этих тканей. Рыхлая система нитей в результате механической обработки становится менее плотной, расстояние между нитями и волокнами увеличивается, что приводит к увеличению пор. Известно, что доминирующую роль в воздухопроницаемости волокнистых сетчатых структур играет их поверхностная пористость, то есть наличие сквозных пор в материале.

Процесс модификации значительно увеличил капиллярность тканей по основе от 92 мм до 103 мм, по утку от 80 мм до 103 мм.

Капиллярность зависит от плотности волокон и нитей, из которых состоит ткань, а также от степени смачивания поверхности материала жидкостью. Следовательно, при механическом воздействии и во время пропитки смачиваемость материала улучшается. И, как следствие, увеличивается капиллярность.

Чтобы установить наличие серебра в марле и характер его распределения по поверхности волокон, были изучены два образца: начальная контрольная марля и образец, обработанный 0,04% раствором наноцитрата серебра. С АСМ было обнаружено, что около 17 наночастиц падают на 1 мкм^2. Наночастицы серебра на поверхности марлевых волокон имели довольно широкий диапазон размеров и различных (часто нерегулярных) форм. Было установлено, что размеры горизонтальных частиц составляют от 24 до 170 Нм, а их высота колеблется от 1 до 31 Нм, то есть частицы имеют определенную сплюснутую форму. Количество агрегатов частиц, адсорбированных на поверхности волокон, было в том числе между 4 и 28 нм, так как размер ча-

стиц, скорее всего, в обработанной раствором наноцитрата серебра в 0,04 % – это ближе к 6 нм [9].

Анализ результатов предлагает, что тип связывания наночастиц серебра с поверхностью волокон целлюлозы является более последовательным с chemisorbimento по сравнению с простой адсорбцией fisico.

Выводы

Стандартные методы определения гигиенических свойств и физико-механических характеристик позволили оценить качество модифицированных текстильных перевязочных материалов.

Анализ гигиенико-физико-механических характеристик показал, что обработка наноцитратом серебра оказала положительное влияние на ключевые показатели повязки, улучшенные показатели жесткости, степень отечности уменьшилась, уменьшилось сокращение, улучшились такие свойства, как водопоглощение, капиллярность и гигроскопичность, из-за определенного текстурирования ткани волокна.

Атомная силовая микроскопия позволила определить изменения, происходящие в микроструктуре модифицированного материала, например, установить форму 3, поперечную и вертикальные размеры и количество частиц серебра на поверхности волокон.

Выбранная технология производства новых перевязочных материалов с лечебными свойствами позволит расширить ассортимент медицинских текстильных материалов.

Научные исследования выполнены благодаря грантовому проекту МОН РК AP05131936 «Научное обоснование и разработка технологии придания лечебных свойств текстильным перевязочным материалам и оценка их качества».

Список литературы

1. Barbara Simoncic and Brigita Tomsic Structures of novel Antimicrobia; Agents for Textiles. Textile Research Journal. 2010. Vol. 80 (16). P. 1721–1737.

2. Киселева А.Ю. Бактерицидные текстильные материалы на основе биологически активных препаратов и наносеребра // Тез. докл. на семинаре «Наноструктурные, волокнистые и композиционные материалы». СПб.: С.-Петербургский государственный университет промышленной технологии и дизайна, 2011. С. 4.

3. Рахимова С.М., Виг А., Таусарова Б.Р. Разработка нового способа придания биоцидных свойств хлопчатобумажным текстильным материалам с использованием наночастиц металлов // Вестник Алматинского технологического университета. 2015. № 3 (108). С. 80–83.

4. Пащенко А., Яковчук Ю. Антимикробные свойства перевязочного текстильного материала, импрегнированного серебром в форме карбоксилата // Ауэзовские чтения – 13: «Нурлы жол» – стратегический шаг на пути индустриально-инновационного и социально-экономического развития страны: материалы международной научно-практической конференции. Шымкент: Издательство Южно-Казахстанского государственного университета им. М. Ауэзова, 2015. С. 290–293.

5. Баранова О.Н. Разработка метода придания антисептических свойств целлюлозным текстильным полотнам бельевого ассортимента и оценка их качества: дис. ... канд. техн. наук: 05.19.01. Москва, 2012. 167 с.

6. Джанпаизова В.М., Ташменов Р.С., Токсанбаева Ж.С., Аширбекова Г.Ш., Толганбек Н.Н., Шаймаханова А.Н. Бактерицидные текстильные перевязочные материалы на основе наноцитрата серебра // Технология текстильной промышленности. 2019. № 1 (379). С. 205–209.

7. ГОСТ 12088-77. Материалы текстильные и изделия из них. Методы определения воздухопроницаемости. М.: ИПК Издательство стандартов, 2003. 12 с.

8. ГОСТ 3813-72. (ИСО 5081-77, ИСО 5082-82). Материалы текстильные. Ткани и штучные изделия. Методы определения разрывных характеристик при растяжении. М.: ИПК Издательство стандартов, 2003. 12 с.

9. Джанпаизова В.М., Ташменов Р.С., Токсанбаева Ж.С., Аширбекова Г.Ш., Толганбек Н.Н., Дуйсенова Ш.Б. Придание лечебных свойств текстильным материалам медицинского назначения // Технология текстильной промышленности. 2019. № 1 (379). С. 205–209.

СТАТЬИ

УДК 621.892.6:66.046.7

ВЛИЯНИЕ ФАЗОВЫХ ПРЕВРАЩЕНИЙ КАПЕЛЬ ДИСПЕРСНОЙ ФАЗЫ НА ГИДРОДИНАМИКУ ТЕЧЕНИЙ ЖИДКОСТНЫХ ЭМУЛЬСИЙ

Розенцвайг А.К.

Казанский (Приволжский) федеральный университет, Набережночелнинский институт (филиал), Набережные Челны, e-mail: a_k_r@mail.ru

Работа посвящена анализу фазовых превращений при использовании эмульсий несмешивающихся жидкостей для охлаждения твердых поверхностей нагрева. Изучено влияние парообразования внутри низкокипящих капель дисперсной фазы на характеристики турбулентного течения сплошной среды жидкостной эмульсии. Рассмотрены структуры парожидкостных агрегатов, формирующиеся при различных сценариях образования и роста пузырьков пара в объеме диспергированных капель. Каждой структуре соответствует свой режим сложного процесса теплообмена, который обусловлен соответствующим составом возможных элементарных физических явлений. Показано, что изменение размера двухфазных капель при этом обусловливает неоднозначный характер взаимодействия их с потоком сплошной среды. Так капли, размер которых превышает микромасштаб турбулентных пульсаций, взаимодействуют с ними динамическим образом под воздействием инерциальных сил. В противном случае их взаимодействие носит иной характер, характеризующийся вязкими сдвиговыми напряжениями. Но в любом случае они вносят возмущения в поток сплошной среды, влияют на пульсации скорости в турбулентном потоке и усложняют характер теплообмена в эмульсиях. Таким образом, модели сложных процессов теплообмена в гетерогенных дисперсных системах с фазовыми превращениями необходимо формализовывать с системными структурными представлениями. В частности, использовать в качестве структурных элементов полуэмпирических соотношений механизмы элементарных физических явлений. Показано, как, исходя из физических представлений, формируются гипотетические структуры взаимосвязанных теплофизических и гидродинамических явлений. На основе таких структур обосновывают соответствующие им наборы безразмерных критериев, входящих в модельные соотношения, адекватность и значения эмпирических констант которых устанавливаются сопоставлением с данными теоретического анализа и экспериментальных исследований.

Ключевые слова: жидкостные эмульсии, турбулентность, фазовые превращения, парожидкостные капли, кипение, структура сложного теплообмена

EFFECT OF PHASE CHANGES OF DISPERSAL PHASE STRAINS ON HYDRODYNAMICS OF LIQUID EMULSIONS

Rozentsvaig A.K.

Kazan (Volga region) Federal University, Naberezhnye Chelny (Branch) Institute, Naberezhnye Chelny, e-mail: a_k_r@mail.ru

The article is devoted to the analysis of phase changes when using emulsions of immiscible liquids for cooling solid heating surfaces. The influence of vaporization inside low-boiling droplets of the dispersed phase on the characteristics of the turbulent flow of a continuous medium of a liquid emulsion is studied. The structures of vapor-liquid aggregates formed under various scenarios of formation and growth of vapor bubbles in the volume of dispersed droplets are considered. Each structure corresponds to its own mode of complex heat transfer process, which is due to the corresponding composition of possible elementary physical phenomena. It is shown that the change in the size of two-phase drops in this case causes an ambiguous character of their interaction with the flow of a continuous medium. Thus, drops whose size exceeds the micro-scale of turbulent pulsations interact with them dynamically under the influence of inertial forces. Otherwise, their interaction is of a different nature, characterized by viscous shear stresses. But in any case, they introduce disturbances to the flow of a continuous medium, affect the velocity pulsations in a turbulent flow, and complicate the nature of heat exchange in emulsions. Thus, models of complex heat transfer processes in heterogeneous dispersed systems with phase transformations must be formalized by system structural representations. In particular, the mechanisms of elementary physical phenomena should be used as structural elements of semiempirical relations. It is shown how hypothetical structures of interdependent thermophysical and hydrodynamic phenomena are formed based on physical representations. On the basis of such structures, the corresponding sets of dimensionless criteria included in the model relations are justified. the adequacy and values of the empirical constants of these criteria are established by comparison with the data of theoretical analysis and experimental research.

Keywords: liquid emulsions, turbulence, phase transformations, steam-liquid drops, boiling, complex heat exchange structure

Эмульсии несмешивающихся жидкостей широко используются в качестве рабочих и охлаждающих жидкостей в самых разнообразных отраслях промышленности. Причем практический интерес к ним обычно связан с совершенствованием и оптимизацией общих теплофизических и гидродинамических характеристик многофазных гетерогенных течений. Эти характеристики во многом предопределяют характер целевых физических процессов, связанных с трансформацией перегретых капель дисперсной фазы и взаимодействием с турбулентным потоком высококипящей сплош-

ной среды [1]. Сложность теплообмена в условиях совместного протекания разнородных физических процессов связана, в первую очередь, с разнообразием механизмов взаимодействия капель с потоком в зависимости от характера и масштабов движения сплошной среды [2]. Это выражается деформацией капель вязкими сдвиговыми силами потока [3] и, в определенных условиях, разрушением их динамической энергией турбулентных пульсаций [4]. Затем образование и рост пузырьков пара в объеме перегретых капель приводит к образованию парожидкостных агрегатов с различной структурой, которая активирует в эмульсии различные механизмы перераспределения теплоты. И наконец, изменение спектра размеров дисперсной фазы влияет на эффективность переноса теплоты и состояние потока сплошной среды.

В изотермических условиях при движении неустойчивой эмульсии в турбулентном режиме увеличение размеров капель может происходить только за счет коалесценции, а концентрация дисперсной фазы не меняется. При этом взаимодействие дисперсной фазы со сплошной средой носит механический характер и обусловлено только размером капель. Когда размер капель не превосходит микромасштаб пульсаций скорости, взаимодействие выражается увеличением эффективной вязкости мелкодисперсной эмульсии. Если размер капель превосходит масштаб пульсаций скорости сплошной среды, то взаимодействие принимает динамический характер, и в результате наблюдается гашение турбулентных пульсаций. Но гидравлический расчет неустойчивых эмульсий представляет собой более сложную задачу, чем это имеет место для однородных дисперсных систем, сохраняющих достаточно длительное время стабильные реологические характеристики. Так, гашение турбулентных пульсаций в крупнодисперсных эмульсиях инициирует аномальные реологические эффекты, которые обусловлены неравновесностью дисперсной фазы [5].

При кипении жидкостной эмульсии и формировании в перегретых каплях паровой фазы увеличивается не только их размер, но и объем диспергированной жидкости. Поверхностью нагрева для капель дисперсной фазы служит межфазная граница с высокотемпературной сплошной средой, которая опосредует теплопередачу от поверхности нагрева. При этом фазовые превращения локализованы в объеме капель и носят сложный, быстротекущий и не поддающийся визуализации характер. Они влияют как на характер и интенсивность распределения теплоты, так и на гидродинамические характеристики потока эмульсии. Однако до настоящего времени нет полной ясности относительно физических представлений о механизмах кипения в объеме капель дисперсной фазы, ограниченном межфазной поверхностью. Также довольно немногочисленными являются и экспериментальные исследования теплообмена в жидкостных эмульсиях [6; 7].

Одной из основных причин этого является очень большое число размерных теплофизических и гидродинамических параметров для каждой из двух жидких фаз и паровой фазы одной из них. Причем некоторые из них взаимосвязаны и могут входить в состав нескольких физических явлений, что затрудняет обычный параметрический анализ. Другой причиной является значительное влияние расходных и геометрических параметров, которые формируют структуру и состав активированных в этих условиях механизмов физических явлений. Вместе они образуют сложную совокупность взаимосвязанных механизмов физических явлений, которая определяет в конечном итоге режимы и эффективность технологических процессов. Поэтому даже в более простых случаях требуется качественный анализ возможных сценариев реализации сложных физических явлений [8–10].

Формирование в этих условиях режимных характеристик теплофизических процессов в дисперсной фазе и сплошной среде эмульсии оказывается взаимосвязанным, поскольку состояние каждой из них влияет на перенос массы, импульса и энергии в другой. Разнообразие этой взаимосвязи во многом влияет на адекватность как аналитических, так и эмпирических моделей контролируемого поведения эмульсий в самых различных производственных и технологических условиях.

Целью исследования является представление структуры сложных теплофизических процессов при моделировании неизотермических жидкостных эмульсий, обоснование адекватных феноменологических критериальных соотношений для характеристики переноса теплоты с фазовыми превращениями в дисперсной фазе эмульсии, создание теоретических предпосылок для разработки энергосберегающих технологий.

Материалы и методы исследования

Общие методы анализа теплофизических характеристик эмульсий несмешивающихся жидкостей с фазовыми превращениями во многом ограничены отсутствием общих аналитических моделей. Многофак-

торный и неоднозначный характер физических процессов можно раскрыть только более общими системными представлениями. Для снижения большого числа размерных переменных необходима редукция их до уровня, достаточного для адекватного отражения характера в частных условиях изучаемого реального процесса. Этому способствует предварительная спецификация состава и структуры моделей на основе формирующих их базовых элементов – механизмов элементарных физических явлений анализа и соответствующих им безразмерных критериев. Наряду со спецификацией всех возможных элементов сложных моделей переноса необходима формализация характера их совместного протекания, который нельзя получить с помощью общих методов теоретического анализа. Обычно это делается на основе характерных особенностей предметной области и данных экспериментальных исследований [2; 8; 11].

Детализация особенностей предметной области на основе качественных наглядных представлений и согласование их с данными экспериментальных исследований необходимо для уточнения модельных констант. Эта детализация полностью основывается на существующих теоретических представлениях относительно каждого из элементарных физических явлений, включаемых в состав предлагаемой модели [12; 13]. Дальнейший анализ ограничен рассмотрением особенностей кипения только в объеме капель, диспергированных в недогретой сплошной среде.

Особенности процесса кипения в объеме диспергированных капель

Сложность моделирования кипения в ограниченном межфазной поверхностью объеме жидкости обусловлена тем, что в принципе могут быть реализованы все известные режимы парообразования. Это и кипение у поверхности нагрева, и гомогенная нуклеация в объеме перегретой жидкости, и испарение с межфазной поверхности.

Жизнеспособные пузырьки пара могут образовываться в приграничном слое на внутренней (вогнутой) стороне деформируемой межфазной поверхности капель перегретой жидкости. Рост критических пузырьков пара внутри капель не может завершаться отрывом их от поверхности нагрева и способствовать сильной турбулизации кипящей жидкости, характерной для кипения у поверхности нагрева в неограниченном объеме. При этом замкнутая поверхность нагрева обуславливает сохранение массы дисперсной фазы, но из-за парообразования её объем и термодинамическое состояние будут изменяться, аккумулируя тепловую энергию сплошной среды.

Изменение объема кипящих капель при переходе диспергированной жидкости в парообразное состояние сопровождается движением деформируемой межфазной поверхности, которое вносит возмущения в объем окружающей сплошной среды. Характер движения межфазной поверхности определяется притоком теплоты от сплошной среды. Он может быть монотонным, если теплота обеспечивает постоянное парообразование. Объем капель только увеличивается вплоть до полного перехода капель в парообразное состояние, и теплообмен будет носить нестационарный характер. Если приток теплоты недостаточен и температура в тепловом пограничном слое периодически опускается ниже температуры насыщенных паров, он может носить колебательный характер.

Недостаток внешней энергии восполняется скрытой теплотой парообразования из-за конденсации паровой фазы в диспергированной жидкости. При этом объем капель уменьшается. Когда процесс испарения повторяется, он снова увеличивается. Процесс теплообмена при этом носит стационарный, но периодический характер. Частота периодических колебаний объема при умеренном перегреве может совпадать с частотой собственных колебаний парожидкостной капли переменного размера и создавать условия для теплового резонансного разрушения даже в неподвижной эмульсии.

Если объем капель достаточно мал, то при высокой плотности теплового потока происходит его полный перегрев, достаточный для гомогенного режима кипения. Пузырьки пара будут образовываться внутри капли, укрупняться и создавать паровое ядро, а диспергированная жидкость примет форму шарового слоя у поверхности капли. Размер парового ядра может увеличиваться также при испарении жидкости из шарового слоя.

Следует отметить, что состояние термогидродинамического равновесия, подобного динамическому равновесию в недогретой эмульсии, наступить не может, поскольку тепловой рост капель может продолжаться до полного перехода их в парообразное состояние. При турбулентном движении кипящей эмульсии с увеличением парожидкостных капель до критического устойчивого размера могут появиться. В зависимости от гидродинамических условий разрушение может носить резонансный или градиентный характер.

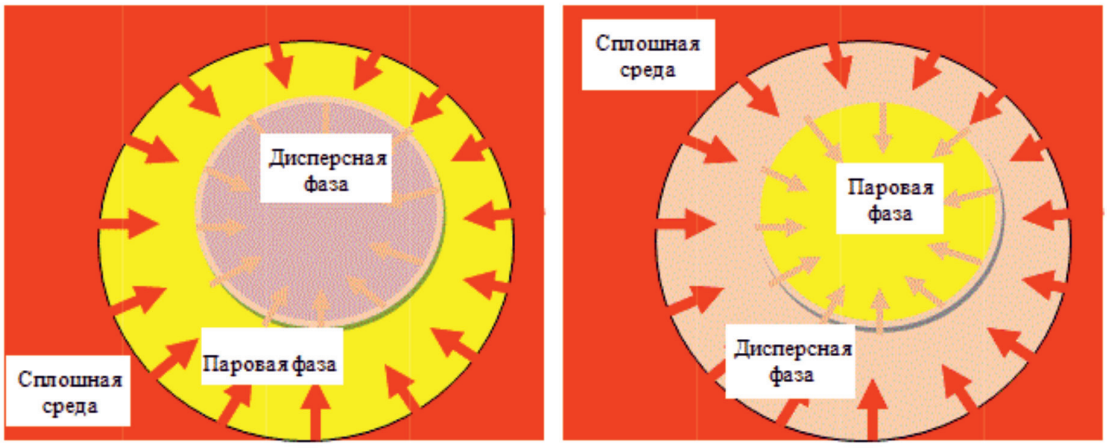
Качественные физические представления тепловых процессов внутри перегретых капель жидкости в эмульсии

Прогрев капель дисперсной фазы происходит от начальной температуры $T_{d,0}$ до температуры сплошной среды $T_{c,f} > T_{d,0}$, если она не достигает температуры ее насыщенных паров $T_{sat,d}$. В недогретой сплошной среде температура жидкости меньше температуры ее насыщенных паров $T_{sat,d} > T_{c,f}$ и она сохраняет однородное состояние. Но если имеет место перегрев капель $T_{c,f} > T_{d,0} > T_{sat,d}$, то создаются условия для вскипания диспергированной жидкости. Парожидкостная структура капель формируется в соответствии с соотношением величин их поверхностного натяжения [14]. Теплообмен при этом принимает более сложный, неоднозначный характер, который во многом предопределен структурой парожидкостного агрегата и структурой теплового потока в сложной гетерогенной среде с различными межфазными поверхностями.

Тепловой поток от сплошной среды при неограниченной продолжительности способен в принципе перегреть весь объем высококипящих капель до температуры сплошной среды. Однако низкокипящая дисперсная фаза при $T_{sat,d} < T_{c,f}$ испытывает фазовое превращение, и часть тепловой энергии будет расходоваться на образование и рост в ней паровых зародышей. В противном случае условия будут способствовать обратному процессу – конденсации, который ведет к снижению объема паровой фазы. Проблема состоит в том, в каждом случае влияют на теплообмен только некоторые из однотипных теплофизических характеристик каждой из двух жидких и одной паровой фазы.

Когда дискретные пузырьки пара образуются около межфазной поверхности, кипение носит гетерогенный характер, аналогичный классическому случаю кипения жидкости у твердой стенки. Однако существенным отличием является то, что они не могут всплывать и со временем способны сформировать сплошной шаровой слой. Он напоминает кризис кипения у твердой стенки и также способен сдерживать прогрев жидкого ядра парожидкостных капель. Прямой прогрев жидкости во внутренней части капли вначале частично, а затем и полностью прекратится. Сценарий теплообмена, когда шаровой слой паровой фазы по мере прогрева будет утолщаться за счет испарения из жидкого ядра капли, представлен на рисунке а. Парообразование сменит механизм гетерогенной нуклеации на другой механизм, представленный испарением в прогретый паровой слой со свободной поверхности жидкости. Когда шаровой слой достигнет центра капли, она превратится в паровой пузырь. В конечном итоге при достаточном притоке теплоты перегретая дисперсная фаза жидкостной эмульсии сменит фазовое состояние на другое, газообразное состояние.

Значимыми переменными, соответствующими структуре физических явлений и входящими в состав модельных соотношений безразмерных критериев, будут теплопроводность паровой фазы, теплота парообразования и теплоемкость дисперсной фазы паровой фазы.



а) *б)*

Различные структуры перегретой капли с паровой фазой: а) поверхностная, б) объемная

Другой сценарий теплообмена с участием механизма гомогенной нуклеации представлен на рисунке б. В этом случае в объеме перегретой капли необходимо наличие достаточного количество потенциальных центров зародышеобразования, таких как твердые микрочастицы или пузырьки газа. Если теплоты достаточно для образования одного или нескольких паровых пузырьков, то их рост требует меньше теплоты и получает приоритет над физическим явлением гетерогенной нуклеации. Жидкость дисперсной фазы более эффективно передает теплоту от сплошной среды к паровой фазе. При наличии достаточного количества теплоты она будет испаряться в паровую среду ядра капли до полного перехода в парообразное состояние.

Значимыми переменными, которые необходимо включать в состав безразмерных критериев, будут теплопроводность диспергированной жидкости, теплота парообразования, теплоемкость дисперсной фазы.

Этими сценариями структура теплообмена даже с низкокипящими каплями далеко не исчерпывается. Простой тепловой баланс для каждого из них позволяет выявить состав безразмерных критериев. Но межфазная поверхность является деформируемой средой, и увеличение объема будет трансформироваться в движение поверхности, увеличивая диаметры парожидкостных капель и площадь межфазной поверхности. Полного кризиса кипения у твердой поверхности нагрева не будет, поскольку перегретый пар будет локализован в каплях дисперсной фазы. Если притока теплоты недостаточно для превращения капель жидкости в паровые пузыри, процесс может остановиться на промежуточной стадии и принять квазиустановившийся колебательный характер. В результате сложившего в условиях каждой структуры теплообменных процессов объема и размера парожидкостных агрегатов формируются различные гидродинамические формы потока эмульсии.

Заключение

Необходимость более глубокой детализации сложных термогидродинамических процессов с фазовыми превращениями существенно ограничивает практическое использование пакетов прикладных программ на основе моделей в рамках формализованных CFD-кодов. Элементарные физические явления наглядно представляют структуру сложных процессов теплообмена в потоке эмульсии с фазовыми превращениями. Они позволяют сузить круг физико-химических, теплофизических и геометрических факторов. Кроме того, детализация на основе реальных особенностей физических явлений адаптирует общие алгоритмы стандартных пакетов программ к разнообразным реальным условиям.

Список литературы

1. Розенцвайг А.К., Страшинский Ч.С. Механизмы вскипания эмульсии с низкокипящей дисперсной фазой в однородном турбулентном потоке // Инженерно-физический журнал. 2010. Т. 83. № 3. С. 461–469.

2. Rozentsvaig A.K., Strashinskii Ch.S. Modeling of Complex Processes in Turbulent Flow of Unstable Emulsions of Immiscible Liquids. Periodica Polytechnica Chemical Engineering. 2017. vol. 61(3). P. 216–226.

3. Kékesi T., Amberg G., Prahl Wittberg L. Drop deformation and breakup. Int. J. Multiph. Flow. 2014. vol. 66. P. 1–10.

4. Razzghi K., Shahraki F. Theoretical model for multiple breakups of fluid particles in turbulent flow field. AIChE Journal. 2016. vol. 62. P. 4508–4525.

5. Розенцвайг А.К. Движение концентрированных эмульсий с неравновесной дисперсной фазой по трубопроводам в турбулентном режиме // Инженерно-физический журнал. 1982. Т. 42. № 3. С. 366–372.

6. Maruda R., Krolczyk G., Feldshtein E., Pusavec F., Szydlowski M., Legutko S., Sobczak-Kupiec A. A study on droplets sizes, their distribution and heat exchange for minimum quantity cooling lubrication (MQCL). Int. J. Mach. Tools Manuf. 2016. vol. 100. P. 81–92.

7. Shadakofsky B.M., Kulacki F.A. Boiling of dilute emulsions. Mechanisms and applications. International Journal of Heat and Mass Transfer. 2019. vol. 141. P. 1252–1271.

8. Розенцвайг А.К. Формирование энергосберегающих структур при проектировании процессов переноса и оптимизации их режимных параметров // Известия высших учебных заведений. Проблемы энергетики. 2003. № 7–8. С. 58–67.

9. Shishkova I.N., Kryukov A.P., Levashov V.Yu. Vapour–liquid jointed solution for the evaporation–condensation problem. Int. J. Heat Mass Transf. 2019. vol. 141. P. 9–19.

10. Misyura S.Y. Free Solution Convection at Non-Isothermal Evaporation of Aqueous Salt Solution on a Micro-Structured Wall. Nanoscale and Microscale Thermophysical Engineering. 2019. vol. 23 (1). P. 48–66.

11. Rozentsvaig A.K., Strashinskii Ch.S. Model of the Heat Exchange in Boiling Emulsions with Low-Boiling Disperse Phase at the Solid Wall. Contemporary Engineering Sciences. 2014. vol. 7(20). P. 965–971.

12. Yamasaki Y., Kita Sh., Iwata K., Shinmoto Y., Ohta H. Heat transfer in boiling of immiscible mixtures. Interfacial Phenomena and Heat Transfer. 2015. vol. 3 (1). P. 19–39.

13. Puli U., Kumar R.A. Parametric effect of pressure on bubble size distribution in subcooled flow boiling of water in a horizontal annulus. Exp. Therm. Fluid Sci. 2012. vol. 37. P. 164–170.

14. Mory H. Configuration of gas-liquid two-phase bubbles immiscible liquid media. Int. J. Multiph. Flow. 1978. vol. 4. P. 383–396.

15. Sazhin S.S., Heikal M.R. Droplet heating and evaporation – recent results and unsolved problems. Comput. Therm. Sci. 2012. vol. 4(6). P. 485–496.

СТАТЬИ

УДК 547.917(575.2)

ГЛЮКОФРУКТАНЫ РАСТЕНИЙ *HELIANTHUS TUBEROSUS*, ПРОИЗРАСТАЮЩИХ В КЫРГЫЗСТАНЕ

[1]Турдумамбетов К.Т., [2]Ажибаева З.С., [1]Бекмуратов З.Б., [1]Долотбаков А.К.

[1]Институт химии и фитотехнологии НАН Кыргызской Республики, Бишкек, e-mail: him-teh-ugl@mail.ru;

[2]Ошский государственный университет, Ош, e-mail: zulaika75@mail.ru

В настоящей работе рассмотрена схема разделения углеводов и других физиологически активных веществ. Известно, что из сока *Helianthus tuberosus* был выделен фруктозан, однако строение и физико-химические свойства глюкофруктанов, содержащихся в этом растении, произрастающем на территории Кыргызстана, еще не изучены. Объектом исследования явились воздушно-сухие измельченные клубни и надземные части *H. tuberosus* (сорт Кыргызский белый), заготовленного в фазе конца плодоношения и начала отмирания надземной части. Результаты исследования позволили установить, что в корнях преобладают водорастворимые полисахариды (24,5%). При полном кислотном гидролизе образцов исходного полисахарида при помощи бумажной хроматографии в их составе были идентифицированы глюкоза и фруктоза, что подтверждает их отнесение к глюкофруктанам (ГФ). Гель-хроматографией на сефадексе G-75 было установлено, что выделенные ГФ, полидисперсные, их средневесовые молекулярные массы варьируют в пределах от 12500 до 21200. С целью разделения ГФ *H. tuberosus* было проведено их дробное осаждение раствором этилового спирта, при этом были получены пять фракций. Таким образом, в результате кислотного гидролиза, периодатного окисления, метилирования по Хакомори и ИК-спектроскопии установлено, что глюкофруктаны, выделенные из растительного сырья *H. tuberosus* сорта Киргизский белый относятся к глюкофруктанам инулиновой структуры и состоят из D-фруктофуранозных остатков с β-(2—>1) гликозидными связями. Основные фракции полисахаридов отличаются между собой по количественному содержанию фруктозы и степени полимеризации. Клубни растений являются источником сырья для получения фруктозных сиропов и D-фруктозы.

Ключевые слова: *Helianthus tuberosus*, водорастворимые полисахариды, глюкофруктаны, метилирование, периодатное окисление, фруктозный сироп

GLUCOFRUCTANTS OF PLANTS *HELIANTHUS TUBEROSUS* GROWING IN KYRGYZSTAN

[1]Turdumambetov K.T., [2]Azhibaeva Z.S., [1]Bekmuratov Z.B., [1]Dolotbakov A.K.

[1]Institute of Chemistry and Phytotechnology, National Academy of Sciences of the Kyrgyz Republic, Bishkek, e- mail: him-teh-ugl@mail.ru;

[2]Osh State University, Kyrgyzstan, Osh, e- mail: zulaika75@mail.ru

In the present work scheme of the separation of carbohydrates and physiologically active substances are considered. It is known that from the juice Helianthus Tuberosus was isolated fructosan, but the structure and physicochemical properties of glucofructans, which are found in that plant, which are growing in the territory of Kyrgyzstan, have not been studied yet. The object of research was air dry shredded tubers and above ground parts of H. Tuberosus (variety Kyrgyz White), harvesting in the phase of the end fruiting and the beginning of the dying off the above ground part. The research results allowed to establish that water-soluble polysaccharides prevail in the roots (24%). At full acid hydrolysis of the initial polysaccharides using paper chromatography, glucose and fructose are detected, which confirms they are glucofructanes (GF). Gel chromatography on Sephadex G-75 revealed that the isolated GF, polydisperse, their molecular weights vary from 12,500 to 21,200. Their fractional precipitation was performed with a solution of ethyl alcohol, while received five fractions. Thus, according to acid hydrolysis, specific rotation angle, periodate oxidation, Khakomori methylation, GLC and IR spectroscopy of the GF fractions 3, 4, 5, isolated from H. Tuberosus of the Kirgiz white variety in the phase of dying off the above ground part consists of fructofuranous residues of the inulin type β- (2–> 1) with glycosidic bonds. The fractions differ in the content of fructose and the degree of polymerization. Tubers of plants are a source of raw materials for the production of fructose syrups and D-fructose.

Keywords: *Helianthus tuberosus*, water soluble polysaccharides, glucofructans, methylation, periodateoxidation, fructose syrup

Полисахариды растений, особенно фруктозосодержащие углеводы, вызывают интерес как вещества, обладающие широким спектром фармакологического действия [1–3]. Известны данные о применении растительных полисахаридов в пищевой промышленности при производстве молока и молочных продуктов, сыра, масла и хлебных изделий в связи с выраженной пребиотической активностью. Известно, что растительные полимеры обладают иммуномодулирующей активностью, так как благоприятно действуют на рост бифидо- и лактобактерий [4].

Приоритетным направлением в изучении углеводов является поиск новых фруктозосодержащих полисахаридов, которые обладают физиологической активностью [5].

Топинамбур – весьма распространенное, многолетнее, лекарственное, травянистое растение. В современной народной медицине листья топинамбура рекомендуют при лечении заболеваний суставов, остеохондрозе, полиартрите, благодаря наличию большого количества биологически активных веществ [6]. Работы авторов [7, 8] посвящены качественному и количественному изучению лекарственного растительного сырья топинамбура и перспективности создания на его основе новых фитопрепаратов лечебного и профилактического действия.

Известно, что из сока *H. tuberosus* был выделен фруктозан, однако строение и физико-химические свойства глюкофруктанов, содержащихся в этом растении, произрастающем на территории Кыргызстана, еще не изучены.

Цель исследования: выделение водорастворимых полисахаридов и изучение структуры глюкофруктанов *H. tuberosus* (сорт Кыргызский белый).

Материалы и методы исследования

Объектом исследования явились воздушно-сухие измельченные клубни и надземные части *H. tuberosus* (сорт Кыргызский белый), заготовленного в фазе конца плодоношения и начала отмирания надземной части.

Выделение глюкофруктанов. Предварительную обработку растительного сырья, экстракцию и фракционное осаждение полисахаридов проводили по известной методике [9].

Воздушно-сухой, измельченный растительный материал массой 250 г последовательно промывали от низкомолекулярных соединений такими растворителями, как хлороформ, гексан и этанол (96% и 82%). Для получения суммарного препарата водорастворимых полисахаридов (ВРПС) шрот, оставшийся после удаления низкомолекулярных соединений, экстрагировали водой при нагревании 75–80 °С в течение 1 ч при постоянном перемешивании.

Молекулярно-массовые распределения определены методом эксклюзионной жидкостной хроматографии на жидкостном хроматографе. Навеску 0,02 г образцов отдельных фракций глюкофруктанов растворяли в 2 мл воды. Длина и внутренний диаметр хроматографических колонок с сефадексом G-75 составляли 540 и 12 мм. Они были калиброваны пропусканием стандартов декстранов с ММ 40000 (V_e = 16,5 мл), 20000 (V_e = 31,7 мл) и 10000 (V_e = 38,8 мл). Молекулярная масса индивидуальных полисахаридов составляла 12000–20200.

При фракционном осаждении возрастающими количествами этанола, из водного раствора глюкофруктана были получены четыре фракции. Каждая полученная фракция была отделена центрифугированием, затем промывали этанолом и ацетоном. Оптическое вращение образцов полисахаридов измеряли на сахариметре СУ-3. ИК-спектры полисахаридных препаратов снимали в виде таблетки с бромидом калия (КВг) на приборе UR-20 в диапазоне частот 400–4000 $см^{-1}$.

На газовом хроматографе Цвет-101 с пламенно-ионизационным детектором выполняли газожидкостную хроматографию (ГЖХ) образцов. Колонки длиной 1 м были заполнены хроматоном W-AW-ДМCS с 20%-ным поли-1,4-бутандиолсукцинимид, изотермический режим при 190 °С, расход газа-носителя (гелий) – 55–60 мл/мин.

БХ (бумажная хроматография) была выполнена на бумаге марки Filtrax FN-11, нисходящим методом в системе растворителей н-бутанол – пиридин – вода 6:4:3, проявитель – кислый анилин-фталат. ТСХ (тонкослойную хроматографию) проводили на силуфоле UV-254(Chemapol). Для обнаружения соединений применяли следующие проявители: 1) кислый анилинфталат; 2) периодат натрия; 3) марганцовокислый калий 1%; 4) концентрированная серная кислота.

Кислотный гидролиз. Для определения моносахаридного состава проводили полный кислотный гидролиз образцов полисахаридов 0,5 М раствором соляной кислоты при 100 °С на водяной бане в течение 45 мин. Их мономерный состав устанавливали методом БХ в системе растворителей бутанол – пиридин – вода 6:4:3 параллельно с образцами сахаров. На хроматограммах были обнаружены фруктоза и следы глюкозы.

Периодатное окисление. Для периодатного окисления глюкофруктана 0,1 г образцов растворяли в 25 мл воды, добавляли 20 мл 0,1 М раствора периодата натрия. Смесь выдерживали в темноте при комнатной температуре и постоянном перемешивании. Через сутки отбирали пробы на анализ. Расход периодата натрия оставался постоянным и далее не изменялся. Выделившуюся муравьиную кислоту определяли титрованием 0,1 н раствором едкого натрия.

Метилирование. Для выяснения природы межмоносахаридных связей в молекулах глюкофруктана был применен метод метилирования по Хакомори. Методика ме-

тилирования и анализ продуктов гидролиза метилированного продукта ТСХ и количественное соотношение метилированных соединений ГЖХ, использовались аналогично описанным в одной из предыдущих работ [10]. Дезацетилирование и превращение метильных групп в метиловые эфиры достигалось в результате двукратной обработки полисахарида метилиодидом и щелочью в диметилсульфоксиде.

Результаты исследования и их обсуждение

Из растительного сырья *H. tuberosus* последовательно выделены спирторастворимые олигосахариды (СРС), сесквитерпеновые лактоны (СЛ), водорастворимые полисахариды (ВРПС), пектиновые вещества (ПВ) и гемицеллюлоза (ГЦ).

Водорорастворимые полисахариды выделяли из корней *H. tuberosus*, горячей водной экстракцией, предварительно обработанного растворителями сырья. В результате были получены образцы ВРПС с выходом 24,5 % от массы сырья, представляющие собой гигроскопичные порошки белого цвета. Исследование моносахаридного состава ВРПС показало, что в гидролизатах образцов исходного полисахарида присутствуют только глюкоза и фруктоза, что подтверждает их отнесение к глюкофруктанам (ГФ).

Гель-хроматографией на сефадексе G-75 было установлено, что ГФ, выделенные из этого растения, полидисперсные, их средневесовые молекулярные массы (ММ) варьируют в пределах от 12600 до 21200. С целью разделения ГФ на фракции было проведено их дробное осаждение этанолом, при этом были получены пять фракций. Условия экстракции и выход продуктов представлены в табл. 2.

Фракции 3, 4, 5 являются основными, так как составляют большую часть глюкофруктанов. В дальнейшем в работе мы использовали эти три фракции. Молекулярные массы фракций 3, 4, 5, определенные на сефадексе G-75, при сравнении с истинными декстранами с ММ 10000, 15000, 20000, 40000 и 10000, оказались однородными (табл. 2). По данным полного кислотного гидролиза мономерный состав этих фракций представлен фруктозой и глюкозой. Содержание фруктозы, определенное по методу Кольтгофа, находится в пределах 83,0–96,0 %. Полисахариды имели отрицательный угол удельного вращения, $[\alpha]^{22}_{D}$~39º (с.1,0; H_2O), указывающее D-конфигурацию остатков фруктозы и β-гликозидную связь, как и в других глюкофруктанах.

В ИК-спектрах полисахарида присутствовали полосы поглощения при 815, 865 и 940 $см^{-1}$, что типично для β-2—>1 связи, характерные для глюкофруктанов типа инулина. Это предположение подтверждается данными периодатного окисления и методами метилирования. Легкость кислотного гидролиза и отрицательное значение угла удельного вращения глюкофруктанов позволяют сделать вывод о преобладании β-гликозидной связи между фруктофуранозными остатками.

При периодатном окислении фракций ВРПС расходовались 0,88–0,98 моль $NaIO_4$ на ангидрозвено, выделение муравьиной кислоты составило 0,042–0,043 моль/ангидрозвено (табл. 3). Установлено, что для полного окисления достаточно 120 ч, далее расход периодата натрия не менялся.

Таблица 1

Выделенные соединения из растений *H. tuberosus*, %

Орган растения	СРС	СЛ	ВРПС	ПВ	ГЦ
Корни	16,4	1,1	24,5	5,1	4,9
Надземная часть	12,6	0,9	7,4	2,6	4,2

Таблица 2

Фракционирование глюкофруктанов *H. tuberosus*

Фракция	Количество этанола, мл	Соотношение экстракт: этанол	Выход,%	ММ	Фруктоза,%	$[\alpha]^{22}_{D}$(с.1,0·H_2O)
2	100	1:1	2,20	21200	83,0	38,8
3	150	1:1,5	26,5	14500	86,3	39,0
4	200	1:2	29,0	13500	91,5	39,0
5	250	1:2,5	42,0	12600	96,0	39,1

Таблица 3

Периодатное окисление фракций 3, 4, 5 глюкофруктанов *H. tuberosus*

Фракция	Навеска, г	Время, ч	Расход $NaIO_4$, моль	Выделившаяся HCOOH, моль
3	0,1	48 72 96 120	0,51 0,79 0,86 0,88	
4	0,1	48 72 96 120	0,52 0,79 0,87 0,88	– – – 0,042
5	0,1	48 72 96 120	0,51 0,76 0,88 0,98	– – – 0,043

Таблица 4

Характеристика метилированных продуктов

Фракция	Выход метилированных продуктов, %	$[a]^{22}_D$ хлороформ	Продукты гидролиза	Соотношение
3	85,5	-46,5	2,3,4,6-тетра-О-Ме-D-глюкоза 1,3,4,6-тетра-О-Ме-D-фруктоза 3,4,6-т р и-О-Ме-D-фруктоза	1 4 11
4	85,0	-47,0	2,3,4,6-тетра-О-Ме-D-глюкоза 1,3,4,6-тетра-О-Ме-D-фруктоза 3,4,6-т р и-О-Ме-D-фруктоза	1 4 12,5
5	85,0	-48,0	2,3,4,6-тетра-О-Ме-D-глюкоза 1,3,4,6-тетра-О-Ме-D-фруктоза 3,4,6-т р и-О-Ме-D-фруктоза	1 4 12,5

Реакционную смесь восстанавливали борогидридом натрия методом распада по Смиту [11]. Во всех образцах с помощью бумажной хроматографии был обнаружен только глицерин, редуцирующие сахара отсутствовали. Присутствие глицерина указывало на наличие 2—>1 связи между фруктофуранозными остатками, соединенными между собой линейно.

Для определения природы межмоносахаридных связей в молекулах полисахарида был применен метод метилирования по Хакомори [12]. Для полного метилирования фракций достаточно было проведения двукратного метилирования. Полноту метилирования контролировали тонкослойной хроматографией.

В метилированных продуктах после формолиза с последующим гидролизом при помощи ТСХ (система метанол – хлороформ (1:9), проявитель – концентрированная H_2SO_4) обнаружили следующие перметилаты (табл. 4).

Были обнаружены следовые количества 1,3,4-три-О-Ме-D-фруктозы, что характерно для слабого разветвления между фруктофуранозными остатками ГФ, выделенного в период плодоношения. Для глюкофруктанов, выделенных в фазе отмирания надземной части, во фракциях 3, 4 и 5, фруктофуранозные остатки соединены между собой линейно. Соотношение метилированных сахаров, определенное с помощью ГЖХ для фракций 3, 4, 5, соответствует следующим значениям: 1:4:10; 1:4:12 и 1:4:12. Присутствие в метилированных продуктах в 11 и 12,5 частях основного продукта 3,4,6- три-О-Ме-О-фруктозы указывает на β-(2—>1) гликозидную связь между фруктофуранозными остатками [10].

Выводы

Таким образом, по данным физико-химических исследований, глюкофруктаны, выделенные из растительного сырья *H. tuberosus* сорта Киргизский белый, относятся к глюкофруктанам инулиновой структуры и состоят из D-фруктофуранозных остатков с β-(2—>1) гликозидными связями.

Исходя из изложенных выше данных, можно предположить следующую структуру ГФ фракций 3, 4 и 5:

α-D-G1u-[1 –β–D-Fru/2-]$_n$-β-D-Fru

n для фракции 3 – 80;

n для фракции 4 – 67;

n для фракции 5 – 65.

Список литературы

1. Лигачёва А.А. Иммунофармакологические свойства полисахаридов полыни горькой, клевера лугового, березы повислой: автореф. дис. … канд. биол. наук. Томск, 2010. 22 с.

2. Сычев И.А., Калинкина О.В., Лаксаева Е.А. Биологическая активность растительных полисахаридов // Рос. мед.-биол. вестн. им. акад. И.П. Павлова. 2009. № 4. С. 143–148.

3. Сафонова Е.А., Лопатина К.А., Федорова Е.П. Водорастворимые полисахариды мать-и-мачехи обыкновенной и аира болотного как корректоры гематотоксического эффекта паклитаксела // Сибирский онкологический журнал. 2009. № 1. С. 172–173.

4. Бельмер С.В., Гасилина Т.В. Пребиотики, инулин и детское питание // Вопросы современной педиатрии. 2010. № 3. С. 121–125.

5. Рахманбердиева Р.К., Филипов М.П. Исследование семян *Gleditsia macracantha* методом ИК-спектроскопии // Химия природного соединения. 2011. № 2. С. 166–168.

6. Кароматов И.Дж., Истамова Ф.М. Лекарственное растение подсолнечник клубненосный, топинамбур, земляная груша // Биология и интегративная медицина. 2017. № 5. С. 115–125.

7. Леонтьев В.Н., Дубарь Д.А., Лугин В.Г., Феськова Е.В., Игнатовец О.С., Титок В.В. Биологический потенциал топинамбура как исходного сырья для пищевой и фармацевтической промышленности // Труды БГТУ. Серия 2: Химические технологии, биотехнология, геоэкология. 2014. № 4. С. 227–230.

8. Саякова Г.М., Великая Т.В. Перспективное создание новых лекарственных форм из отечественного растительного сырья – топинамбура // Вестник КазНМУ. 2014. № 1. С. 343–345.

9. Оленников Д.Н., Танхаева Л.М. Методика количественного определения суммарного содержания полифруктанов в корнях Лопуха (*Arctium* Spp) // Химия растительного сырья. 2010. № 1. С. 115–120.

10. Ажибаева З.С. Полисахариды *Acanthophyllum Subglabrum* и структура глюкоарабиногалактана // Изв. вузов. 2011. № 3. С. 129–132.

11. Smith F., Montgomery R. The chemistry of plant gums and Mucilages and some related polysaccharides. Reinold Publishing corp: New York – London, 1959. V. 6. P. 197–201.

12. Hakomori S.A. Rapid permethylation of glucolipid and polysaccharides, catalized by methyl Sulfinylcarbanion in dimetul sulfoxside. J. Biochem (Tokyo). 1964. V. 55. P. 205–208.