

Вестник Сыктывкарского университета (научный журнал)	Серия 2	12+
	Биология Геология Химия Экология	ISSN 2306-6229 Выпуск 4 (20) 2021

СОДЕРЖАНИЕ

Слово главного редактора	
<i>The word of the editor-in-chief</i>	7
СТАТЬИ	
<i>Биофизика</i>	
Мищенко А. А. Трансмембранные лектиновые рецепторы С-типа в иммунитете	
<i>Mischenko A. A.</i> Transmembrane C-type lectin receptors in immunity	8
<i>Психология</i>	
Кандыбович С. Л., Разина Т. В. Неосознаваемые аспекты образа женщин-политиков у российской молодежи	
<i>Kandybovich S. L., Razina T. V.</i> Unconscious aspects of the image of women politicians among Russian youth	22
<i>Экология</i>	
Наумова Л. Н., Валяев С. Ю. Композиционный материал на основе бутадиен-нитрильного каучука и древесных волокон	
<i>Naumova L.N., Valyaev S.Yu.</i> Composite material based on butadiene-nitrile rubber and wood fiber	32
Наумова Л. Н., Прудникова Т. И., Великий И. В., Валяев С. Ю. Влияние плесневого гриба <i>Aspergillus niger</i> van Tieghem, 1867 на структуру и свойства хризотила	
<i>Naumova L. N., Prudnikova T. I., Velikij I. V., Valyaev S. Yu.</i> Influence of <i>Aspergillus niger</i> van Tieghem, 1867 mold fungus on the structure and properties of chrysotyl	50
<i>Паразитология</i>	
Каримов С. Б., Доровских Г. Н., Холбутаева М. Б., Самеев М. А., Охунова Н. З. Паразитофауна сазана из Даханасойского водохранилища и нерестово-выростного хозяйства на Таджикском море	
<i>Karimov S. B., Dorovskikh G. N., Kholbutaeva M. B., Sameev M. A., Okhunova N. Z.</i> Parasitofauna of carp from the Dahanasoy reservoir and spawning-growing farm on the Tajik Sea	63

Педагогика

<i>Попова А. М., Мищенко Т. А.</i> Элективный курс в школе «Неклеточные инфекционные агенты»	
<i>Popova A. M., Mischenko T. A.</i> Elective course at school «Non-cellular infectious agents»	75
<i>Информация об авторах</i>	
<i>Our Contributors</i>	84

УЧРЕДИТЕЛЬ И ИЗДАТЕЛЬ:

**ФГБОУ ВО «Сыктывкарский государственный университет
имени Питирима Сорокина»**

(167001, Республика Коми, г. Сыктывкар, Октябрьский просп., д. 55)

Вестник Сыктывкарского университета. Серия 2: Биология, геология, химия, экология.

Сыктывкар: Изд-во СГУ им. Питирима Сорокина, 2021.

Выпуск 4 (20). 86 с.

*Зарегистрирован Федеральной службой по надзору в сфере связи,
информационных технологий и массовых коммуникаций (Роскомнадзор).*

Свидетельство ПИ № ФС77-80688 от 23.03.2021.

ГЛАВНЫЙ РЕДАКТОР

Г. Н. Доровских, д-р биол. наук, профессор, ФГБОУ ВО «Сыктывкарский государственный университет имени Питирима Сорокина», Институт социальных технологий, кафедра безопасности жизнедеятельности и физической культуры, профессор (Сыктывкар, Россия)

ЗАМЕСТИТЕЛИ ГЛАВНОГО РЕДАКТОРА:

Т. В. Разина, д-р психол. наук, доцент, член-корреспондент Российской академии образования ФГБУ «Российская академия образования», проректор по развитию НАНО ВО «Институт мировых цивилизаций» (Москва, Россия)

Г. О. Пенина, д-р мед. наук, профессор, ФГБОУ ДПО «Санкт-Петербургский институт усовершенствования врачей-экспертов Министерства труда РФ», проректор по учебной и научной работе, профессор кафедры неврологии, медико-социальной экспертизы и реабилитации, доктор медицинских наук, ФГБОУ ВО «Сыктывкарский государственный университет имени Питирима Сорокина», медицинский институт, зав. кафедрой неврологии, психиатрии и специальных клинических дисциплин, профессор (Санкт-Петербург, Сыктывкар, Россия)

РЕДКОЛЛЕГИЯ СЕРИИ 2

А. В. Адрианов, д-р мед. наук, доцент, ФГБОУ ДПО «Санкт-Петербургский институт усовершенствования врачей-экспертов Министерства труда РФ», заведующий кафедрой педиатрии, медико-социальной экспертизы и реабилитации детей-инвалидов, доктор медицинских наук, доцент. Главный внештатный детский кардиолог Комитета по здравоохранению Санкт-Петербурга (Санкт-Петербург, Россия)

Е. А. Володарская, д-р психол. наук, ФГБУН «Институт истории естествознания и техники им. С. И. Вавилова Российской академии наук», ведущий научный сотрудник Центра истории организации науки и науковедения (Москва, Россия)

В. Н. Воронин, д-р биол. наук, доцент, ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный университет ветеринарной медицины», кафедра аквакультуры и болезней рыб, профессор (Санкт-Петербург, Россия)

Т. А. Воронова, д-р психол. наук, доцент, ФГБОУ ВО «Иркутский государственный медицинский университет», кафедра клинической, социальной психологии и гуманитарных наук, заведующий кафедрой, профессор (Иркутск, Россия)

Л. В. Гудырева, канд. филол. наук, доцент кафедры менеджмента и маркетинга; руководитель издательского центра, ФГБОУ ВО «Сыктывкарский государственный университет имени Питирима Сорокина» (Сыктывкар, Россия)

Н. Д. Джига, д-р психол. наук, профессор кафедры практической психологии, доцент, Учреждение образования «Барановичский государственный университет», Республика Беларусь, кафедра практической психологии и физического воспитания, г. Барановичи; Учреждение образования «Белорусский государственный университет культуры и искусств», г. Минск, кафедра культурологии и психолого-педагогических дисциплин, профессор кафедры (Минск, Республика Беларусь)

О. В. Ермакова, д-р биол. наук, старший научный сотрудник, Институт биологии Коми научного центра Уральского отделения Российской академии наук – обособленное подразделение ФГБУН ФИЦ «Коми научный центр Уральского отделения Российской академии наук» (Сыктывкар, Россия)

О. Н. Жигилева, д-р биол. наук, доцент, профессор кафедры экологии и генетики, Институт биологии ФГАОУ ВО «Тюменский государственный университет» (Тюмень, Россия)

А. Е. Жохов, д-р биол. наук, ФГБУН «Институт биологии внутренних вод им. И. Д. Папанина», заведующий лабораторией экологической паразитологии (Борок, Россия)

А. Н. Захарова, канд. психол. наук, ФГБОУ ВО «Чувашский государственный университет имени И. Н. Ульянова», доцент кафедры социальной и клинической психологии, заместитель декана по науке факультета управления и социальных технологий (Чебоксары, Россия)

Е. П. Иешко, д-р биол. наук, профессор, Институт биологии – обособленное подразделение ФГБУН ФИЦ «Карельский научный центр Российской академии наук», главный научный сотрудник лаборатории паразитологии животных и растений (Петрозаводск, Россия)

Е. И. Ильиных, канд. мед. наук, доцент, кафедра терапии, ФГБОУ ВО «Сыктывкарский государственный университет имени Питирима Сорокина» (Сыктывкар, Россия)

Л. И. Иржак, действительный член Российской академии естественных наук, д-р биол. наук, профессор, ФГБОУ ВО «Сыктывкарский государственный университет имени Питирима Сорокина», руководитель и главный научный сотрудник Научно-исследовательской лаборатории «Проблемы гипоксии» (Сыктывкар, Россия)

И. М. Каганцов, д-р мед. наук, доцент, главный научный сотрудник, НИЛ хирургии врожденной и наследственной патологии, Институт перинатологии и педиатрии, ФГБУ «Национальный медицинский исследовательский центр им. В. А. Алмазова» МЗ РФ; ФГБОУ ВО «Сыктывкарский государственный университет имени Питирима Сорокина», медицинский институт, кафедра хирургии, профессор (Санкт-Петербург, Сыктывкар, Россия)

С. Л. Кандыбович, д-р психол. наук, профессор, академик Российской академии образования, заслуженный деятель науки РФ, ведущий научный сотрудник, Научно-образовательный центр практической психологии и психологической службы ФГБОУ ВО «Рязанский государственный университет имени С. А. Есенина» (Рязань, Россия)

Д. А. Красавина, д-р мед. наук, профессор, ФГБУ ДПО СПБИУВЭК Минтруда России, заведующий кафедрой, профессор, ФГБОУ ВО СПбГПМУ Минздрава России, профессор (Санкт-Петербург, Россия)

О. Н. Курочкина, д-р мед. наук, доцент, ФГБОУ ВО «Сыктывкарский государственный университет имени Питирима Сорокина», медицинский институт, профессор кафедры терапии (Сыктывкар, Россия)

- Л. Е. Лукьянова**, д-р биол. наук, ФГБУН «Институт экологии растений и животных УрО РАН», ведущий научный сотрудник (Екатеринбург, Россия)
- И. С. Луцкий**, д-р мед. наук, доцент, ГОО ВПО «Донецкий национальный медицинский университет имени М. Горького», заведующий кафедрой детской и общей неврологии факультета интернатуры и последипломного образования (Донецк, ДНР)
- В. В. Мазур**, канд. географ. наук, начальник отдела планирования организации научно-исследовательской деятельности, преподаватель колледжа экономики, права и информатики (Сыктывкар, Россия)
- А. Л. Максимов**, д-р мед. наук, профессор, член-корреспондент РАН, ФГБУН «Институт физиологии Коми НЦ УрО РАН», главный научный сотрудник (Сыктывкар, Россия)
- А. Ю. Мейгал**, д-р мед. наук, профессор, ФГБОУ ВО «Петрозаводский государственный университет», медицинский институт, кафедра физиологии человека и животных, патофизиологии, гистологии, заведующий кафедрой (Петрозаводск, Россия)
- Г. М. Насыбуллина**, д-р мед. наук, профессор, ФГБОУ ВО «Уральский государственный медицинский университет» Минздрава России, заведующий кафедрой гигиены и экологии (Екатеринбург, Россия)
- В. П. Никишин**, д-р биол. наук, старший научный сотрудник, ФГБУН «Институт биологических проблем Севера Дальневосточного отделения РАН», главный научный сотрудник (Магадан, Россия)
- В. П. Нужный**, д-р мед. наук, доцент, старший научный сотрудник, ФГБУН «Институт физиологии Коми НЦ УрО РАН» (Сыктывкар, Россия)
- А. М. Поляков**, д-р психол. наук, доцент, Белорусский государственный университет, кафедра общей и медицинской психологии, заведующий кафедрой (Минск, Республика Беларусь)
- О. Н. Попова**, д-р мед. наук, доцент, ФГБОУ ВО «Северный государственный медицинский университет», кафедра гигиены и медицинской экологии, профессор (Архангельск, Россия)
- О. В. Рогачевская**, канд. биол. наук, доцент, ФГБОУ ВО «Сыктывкарский государственный университет имени Питирима Сорокина», институт социальных технологий, кафедра безопасности жизнедеятельности и физической культуры, заведующий кафедрой БЖ и ФК (Сыктывкар, Россия)
- Н. И. Романчук**, канд. с.-х. наук, доцент, ФГБОУ ВО «Сыктывкарский государственный университет имени Питирима Сорокина», институт социальных технологий, кафедра безопасности жизнедеятельности и физической культуры (Сыктывкар, Россия)
- О. Т. Русinek**, д-р биол. наук, ФГБНУ «Байкальский музей Иркутского научного центра», главный научный сотрудник; ФГБОУ ВО «Иркутский государственный университет», географический факультет, кафедра гидрологии и природопользования, профессор (Иркутск, Россия)
- В. Г. Сварич**, д-р мед. наук, ФГБОУ ВО «Сыктывкарский государственный университет имени Питирима Сорокина», медицинский институт, кафедра хирургии, профессор, заведующий хирургическим отделением ГУ «Республиканская детская клиническая больница» г. Сыктывкара (Сыктывкар, Россия)

Е. С. Слепович, чл.-корр. Академии образования Республики Беларусь, д-р психол. наук, профессор, Белорусский государственный университет, кафедра общей и медицинской психологии, профессор (Минск, Республика Беларусь)

Ю. Г. Солонин, д-р мед. наук, профессор, действительный член (академик) Международной академии наук экологии и безопасности жизнедеятельности, ФГБУН «Институт физиологии ФИЦ Коми НЦ УрО РАН», отдел экологической и медицинской физиологии, главный научный сотрудник; ФГБОУ ВО «Сыктывкарский государственный университет имени Питирима Сорокина», медицинский институт, кафедра биохимии и физиологии (Сыктывкар, Россия)

Г. А. Фофанова, канд. психол. наук, доцент, Белорусский государственный университет, факультет философии и социальных наук, доцент кафедры социальной и организационной психологии, заместитель декана по научной работе факультета философии и социальных наук (Минск, Республика Беларусь)

Подписной индекс в объединенном каталоге «Пресса России» 41277.

Адрес редакции

Вестника Сыктывкарского университета:
167001 Сыктывкар, Октябрьский пр., 55
Тел./факс (8212) 390-309

Редактор *Е. М. Насирова*

Корректор *Л. Н. Руденко*

Верстка и компьютерный макет *Е. Н. Старцева*

Выпускающий редактор *Л. В. Гудырева*

Подписано в печать 21.12.2021. Дата выхода в свет 28.12.2021.

Печать ризография. Гарнитура Times New Roman.

Бумага офсетная. Формат 70×108/16.

Усл.-печ. л. 11,6.

Заказ № 143. Тираж 26 экз.

Отпечатано в соответствии с предоставленными материалами
в ООО «Коми республиканская типография»
167982, Республика Коми, г. Сыктывкар, ул. Савина, 81
Тел. 8(8212)-28-46-60 E-mail: ceo@komitip.ru
Сайт: komitip.ru

Слово главного редактора

Вы держите в руках юбилейный, 20-й выпуск журнала «Вестник Сыктывкарского университета», Серия 2. Это 10 лет жизни, с 2012 по 2021 год. За это время многое изменилось. И состав редакционной коллегии, рубрики журнала, его прописка в университете, география авторов... В «Вестнике» теперь публикуют работы исследователи не только из учреждений г. Сыктывкара, Республики Коми, но и разных городов и регионов Российской Федерации, других государств. Это авторы разных возрастных групп, от самых юных (рубрика «Проба пера») до исследователей старшего возраста.

С юбилеем!

Сыктывкар, декабрь 2021 г.

*Ответственный редактор выпуска
профессор Г. Н. Доровских*

ТРАНСМЕМБРАННЫЕ ЛЕКТИНОВЫЕ РЕЦЕПТОРЫ С-ТИПА В ИММУНИТЕТЕ

TRANSMEMBRANE C-TYPE LECTIN RECEPTORS IN IMMUNITY

А. А. Мищенко

A. A. Mischenko

В статье рассмотрены строение, классификация и функции лектиновых рецепторов С-типа. В качестве PRR (pattern recognition receptors) эти молекулы связываются с PAMP (pathogen associated molecular pattern) бактерий, грибов и вирусов. Некоторые из рецепторов распознают DAMP (damage associated molecular pattern) погибших / некротизированных клеток. В зависимости от структуры рецептор может служить стимулятором иммунного ответа или его ингибитором. Многие из лектиновых рецепторов С-типа рассматриваются как перспективная мишень для активации противоракового иммунитета.

In the article, the structure, classification and functions of C-type lectin receptors are discussed. As been pattern recognition receptors (PRRs), these molecules bind to PAMP (pathogen associated molecular pattern) of bacteria, fungi, and viruses. Some of the receptors recognize DAMP (damage associated molecular pattern) of dead / necrotic cells. Depending on the structure, the receptor can serve as either a stimulator or inhibitor of the immune response. Many of the C-type lectin receptors are considered to be perspective targets in anti-cancer immunity.

Ключевые слова: лектиновый рецептор, паттерн-распознающий рецептор, сигнальная трансдукция, лейкоцит, патоген, цитокин.

Keywords: Lectin receptor, pattern-recognizing receptor, signal transduction, leukocyte, pathogen, cytokine.

Что такое лектиновый рецептор?

Лектины – это вещества, с высокой специфичностью связывающие определенные углеводы. Все молекулы лектинов имеют участок CRD (домен, распознающий углеводы). К настоящему времени идентифицировано восемь групп лектинов, из которых четыре являются внутриклеточными и четыре – внеклеточными. К внутриклеточным лектинам принадлежат молекулы семейств М-типа, L-типа, Р-типа и кальнексина. Все они экспонированы в люминальный компартмент внутриклеточных органелл и участвуют в секреции веществ. К внеклеточным лектинам относятся молекулы С-, R-типов, галектины и специфически связывающие сиаловые кислоты белки SIGLEC [1]. В иммунной

системе молекулы участвуют в распознавании патогенных микроорганизмов и собственных поврежденных клеток организма клетками иммунной системы.

Что такое лектиновый рецептор С-типа?

Лектиновые рецепторы С-типа (CLRс) являются преобладающим типом лектиновых рецепторов. Изначально CLRс идентифицированы как Ca^{2+} – зависимые углевод-связывающие белки [2; 3]. Как и у остальных классов лектинов, активность молекул этого типа зависит от CRDs [3]. Функции этих белков – клеточная адгезия, регуляция активности НК, фагоцитоз, эндоцитоз, активация тромбоцитов и системы комплемента, ремоделинг тканей и врожденный иммунитет [2]. Участие во врожденном иммунитете определяет тот факт, что лектиновые рецепторы С-типа являются паттерн-распознающими рецепторами (PRR), связывающимися с углеводами поверхности патогенных микроорганизмов и формирующими адаптивный иммунный ответ [4]. Сигналы от CLRс также влияют на течение приобретенного иммунитета, в основном через модуляцию активности различных Т-хелперов (Th1, Th17 и проч.) [5]. Накапливаются доказательства роли этих молекул в становлении иммунологической толерантности и патогенезе аллергий [6; 7].

Среди CLRс выделяют две группы: растворимые и трансмембранные. Растворимые CLRс циркулируют в плазме или растворены в слизистых секретах. Все они относятся к семейству коллагенсодержащих лектинов (коллектинов) и участвуют в удалении микробов посредством опсонизации, активации системы комплемента, ингибировании роста микробов. Примерами таких молекул служат маннозосвязывающий лектин (MBL), сурфактантные белки легких А и D (SR-A и SR-D), коллектин почек [1].

Трансмембранные CLRс содержат соединенные с внутренней частью CRDs, экспонированные во внеклеточную среду. Их классифицируют по двум группам. Первая группа молекул (рис. 1) экспрессирует несколько CRDs и N-терминальный регион на поверхности клетки [1; 3]. К ней относят DEC-205 и MMR (рецептор маннозы макрофага). После связывания с рецепторами данной группы происходит эндоцитоз микроба [3].

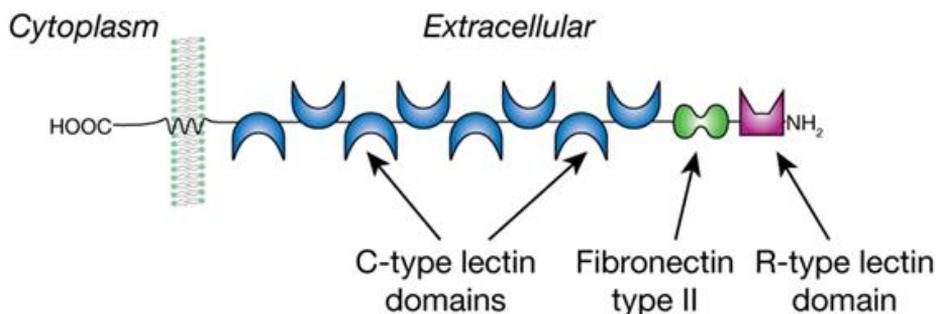


Рис. 1. Структура лектинового рецептора первой группы на примере рецептора маннозы. Внеклеточная часть молекулы содержит восемь участков связывания маннозы [8]

Лектины 2-й группы (рис. 2) содержит единственный CRD и внутриклеточную N-терминальную часть [1]. В свою очередь, CLRs второй группы подразделяются на четыре варианта [3].

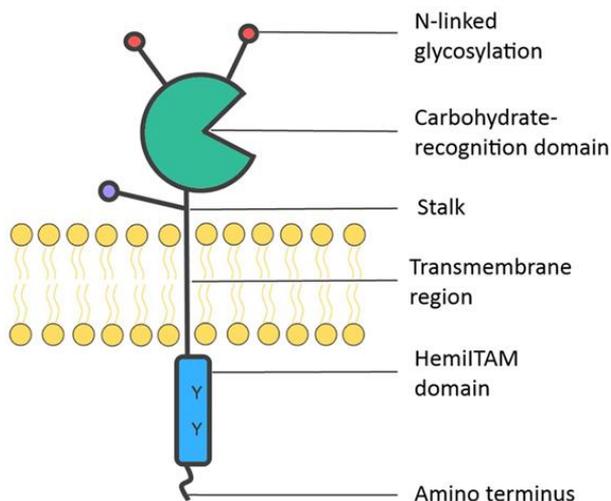


Рис. 2. Структура молекулы лектинового рецептора 2-й группы на примере молекулы дектина.

Рецептор содержит единственный домен связывания углеводов (бета-глюканов). Внутриклеточный участок содержит иммунорецепторный тирозинсодержащий активационный мотив (hemITAM), который запускает внутриклеточную сигнализацию от рецептора [9]

Основные представители CLRs 1-й группы и их функции

К данной группе относятся белки CD206 и CD205 [3]. CD206, или рецептор маннозы, функционирует на поверхности дендритных клеток и макрофагов. Он способен связывать остатки маннозы, фукозы и сульфатированных углеводов. Участвует в фагоцитозе и презентации антигенов. Способен распознавать и связывать следующие патогены: *Mycobacterium tuberculosis* (Zopf 1883) Lehmann and Neumann 1896; *Mycobacterium kansasii* Hauduroy 1955; *Francisella tularensis* (McCoy and Chapin 1912) Dorofeev 1947; *Klebsiella pneumonia* (Schroeter 1886) Trevisan 1887; Вирус иммунодефицита человека 1-го типа (ВИЧ-1), *Candida albicans* (С.Р. Robin) Berkhout, 1923; *Pneumocystis jirovecii* J.K. Frenkel [10].

CD205 (DEC205, LY75) на поверхности дендритных клеток и эпителиальных клеток тимуса участвует в распознавании клеток, погибших в результате некроза и апоптоза. Обеспечивает становление толерантности к собственным антигенам Т-киллеров и Т-хелперов, так как инициирует презентацию антигенов как через МНСI, так и через МНСII молекулы [11].

Как классифицируются CLRс 2-й группы?

Вторая группа лектинов включает следующие разновидности [3]:

- 1) молекулы, содержащие ITAM-подобный регион;
- 2) молекулы, содержащие сигнальную последовательность Нем-ITAM;
- 3) молекулы, содержащие последовательность ITIM;
- 4) молекулы, функционирующие независимо от ITAM/ITIM-последовательностей.

Рецепторы 2-й группы с ITAM-подобной последовательностью

Молекулы, содержащие ITAM-подобную сигнальную последовательность: Dectin2, MDL-1, BDCA-2, Mincle, MCL. Основные лиганды и функции этих рецепторов приведены в табл. 1. Внутриклеточная сигнализация от рецепторов рассмотрена на примере дектина 2 и BDCA2. Активация тесно связана ответом толл-подобных рецепторов (TLRs).

Таблица 1

Рецепторы асиалоггликопротеинов с ITAM-подобной сигнальной последовательностью

Рецептор	Лиганды	Функции
1	2	3
Dectin 2 (CLEC6A)	Углеводы с высоким содержанием маннозы (Man9GlcNAc2, Man8GlcNAc2...), LAM (липоарабиноманнан микобактерий) [3]	Рецепторы макрофагов, моноцитов, дендритных клеток, распознающие компоненты: <i>Candida albicans</i> ; <i>Microsporium audouinii</i> Gruby (1843); <i>Trichophyton rubrum</i> (Castell.) Sabour., 1911; <i>Schistosoma mansoni</i> Sambon, 1907; <i>Mycobacterium ssp.</i> [3]
MDL-1 (myeloid associated lectin), DAP12, CLEC5A	Остатки маннозы и фукозы [3]	Рецепторы моноцитов, макрофагов, остеокластов [3], нейтрофилов [12]. Связывает вирус денге, вирус японского энцефалита. Играет ключевую роль в развитии патологий, вызванных этими вирусами (геморрагия и артрит)
BDCA-2 (blood dendritic cell antigen 2, CLEC4C, CD303)	Galβ1-4GlcNAcβ1-2Manα1-3 и другие углеводы с остатками галактозы [13]	Рецепторы плазмитоидных дендритных клеток. Снижают секрецию IFNγ, опосредуют подавление иммунного надзора раковыми клетками и патогенами. Первые из идентифицированных рецепторов, связывающих gp120 ВИЧ, блокируя ответ с TLR-9 и секрецию INF-γ [3], IFNα/IFNβ [13]. Также обеспечивает захват патогенов дендритной клеткой [13]

1	2	3
Mincle (Macrophage-inducible C-type lectin, CLEC4e)	TDM (тригалоzy димиколат, основной гликолипид стенки микобактерий), лиганды, содержащие маннитол, SAP130 (белок, высвобождающийся из погибших клеток) [3]	Рецепторы, содержащиеся в небольших количествах в макрофагах и дендритных клетках. Распознают компоненты <i>Mycobacterium ssp.</i> , <i>Candida albicans</i> , <i>Malassezia furfur</i> (С.Р. Robin) Baill. (1889), собственные погибшие клетки [14]. Привлечение нейтрофилов, синтез провоспалительных цитокинов, хемокинов, антиген-специфический Т-клеточный ответ и синтез иммуноглобулинов (Igs) [15]. Связывание с SAP130 приводит к иммуносупрессии и онкогенезу [16]
MCL (macrophage C-type lectin, CLEC4d)	TDM	Ключевая роль в иммунитете против микобактерий [17; 18]. Поддерживает оптимальную циркуляцию нейтрофилов, приводит к чрезмерному воспалению [19] легких при пневмонии, препятствуя избыточному накоплению

После связывания дектина 2 с лигандом рецепторы активируют киназу SYK (spleen tyrosine kinase) через ассоциацию с содержащей ITAM γ -цепью Fc-рецептора (FcR γ). В результате активации SYK происходит последующее вовлечение в ответ NF- κ B (nuclear factor κ -light chain of B-cells). Данный путь важен для TLR-независимой индукции биосинтеза IL-6 и TNFs. Комплекс дектина 2 и FcR γ может также инициировать синтез лейкотриенов в ответ на аллергены клещей домашней пыли, приводя к аллергическому воспалению легких [10].

Сигнализация с BDCA2 зависит от avidности. Связывание с низкой avidностью активирует SYK (spleen tyrosine kinase) и передачу сигнала на BLNK (B cell linker), киназу Брутона BTK, фосфолипазу C (PLC γ). Это приводит к тонической кальциевой стимуляции клетки и ингибированию TLR9-индуцированной продукции интерферонов первой группы (IFN α и IFN β), или ингибированию TLRs-индуцированной продукции IL-6 и TNF. При взаимодействии с высокой avidностью наблюдается временное повышение концентрации Ca²⁺, активация NF κ B и митоген-активируемого каскада протеинкиназ. Путь работает как синергист пути с TLR, приводя к повышению синтеза провоспалительных цитокинов [10].

Рецепторы второй группы с Нем-ITAM-последовательностью

Молекулы, содержащие Нем-ITAM-подобную сигнальную последовательность: Dectin-1, CLEC2, DNGR-1. Данные по рецепторам

приведены в табл. 2. В отличие от варианта рецепторов с ИТАМ-подобной последовательностью активация Нем-ИТАМ-рецепторов приводит к независимому от TLRs иммунному ответу. β -1,3-глюканы (*Candida albicans*, *Aspergillus fumigatus* Fresen., 1836, *Pneumocystis jirovecii*), связываясь с дектином 1, вызывают активацию SYK, фосфорилирующую последовательность YxxL в димере дектина 1. Образуется комплекс CARD9+BCL-10+MALT1, активируются факторы TRAF2 – TRAF6 (TNF receptor-associated factors), вслед за этим – фактор p65 NFkB. Одновременно SYK-CARD9-каскад активирует инфламмасому: происходит образование ROS (реактивных форм кислорода) и процессинг про-IL-1 β до активного IL-1 β каспазой 1. Наряду с синтезом IL-1 активация дектина 1 вызывает экспрессию генов И6, И10, И12a, И12b, а также ограниченную экспрессию СС хемокинового лиганда 17 (CCL17) с последующим вовлечением других лейкоцитов в иммунный ответ и воспалением [10].

Таблица 2

Лектиновые рецепторы, содержащие Нем-ИТАМ-последовательность

Рецептор	Основные лиганды	Функции рецептора
1	2	3
Dectin-1 (CLEC7)	β -1,3-глюканы [3]	Рецептор дендритных клеток, моноцитов, макрофагов, В-клеток [3]. Противогрибковый иммунитет, высокоактивный в отношении <i>Candida albicans</i> , <i>Aspergillus fumigatus</i> , <i>Cryptococcus neoformans</i> (San Felice) <u>Vuill.</u> , 1901 [20]. Иницирует фагоцитоз, продукцию АФК, секрецию цитокинов, стимуляцию ответа со стороны Th1 и Th17 клеток [21]. Работает в кооперации с TLR2 TLR 6 [22]. Показано повреждение сердца при ишемии-реперфузии, зависящее от дектина-1 [23]
CLEC 2 (CLEC1b, CLEC2B)	Сиалированные гликаны (NeuAc2 α -3Gal β 1-3), родоситин – токсин змей [3], подопланин – трансмембранный белок собственных клеток [24]	Рецептор моноцитов, гранулоцитов ЕК, дендр. клеток, клетки ККМ, рецептор тромбоцитов. Запускает агрегацию и активацию тромбоцитов. Есть данные про супрессию воспаления при активации CLEC2 макрофагов [25]. Отсутствие CLEX2 ускоряет легочную недостаточность при остром респираторном дистресс-синдроме, вызванном липополисахаридами [24]

Окончание таблицы 2

1	2	3
DNGR-1 (CLEC9A)	F-актин на поверхности	Рецептор дендритных клеток. После связывания с рецептором запускается перекрестная презентация антигена (как

	некротических клеток [3]	CD8+, так и CD4+ клеткам). Рецепторы рассматриваются как многообещающая мишень для доставки антигенов <i>in vivo</i> с целью повышения эффективности вакцин против инфекций и раковых клеток [26]. Рецептор может играть важную роль в патогенезе атеросклероза: дендритные клетки поглощают остатки некротизированных клеток организма, привлекают Т-клетки и макрофагов и снижают синтез противовоспалительных цитокинов TGF- β и IL-10 [27]
--	--------------------------	--

Рецепторы 2-й группы с ITIM-последовательностью

Молекулы, содержащие ITIM-подобную последовательность: DCIR, DCIR-1 (DCIR-2), MICL, LY49Q. Данные по рецепторам приведены в табл. 3. Внутриклеточная сигнализация с участием DCIR и MICL вовлекает фосфатазы 1 (SHP1) и 2 (SHP2), модулируя сигнальные пути с других PRRs. Взаимодействие DCIR с иммуноглобулинами Igs приводит к переносу комплексов DCIR+Igs в эндосомы и фосфорилированию последовательностей ITIM в DCIR. В результате подавляется TLR8 – индуцированный синтез IL12 и TNFs активированной миелоидной дендритной клетки, или TLR9 – индуцированная продукция IFN α и TNFs плазмацитоидной дендритной клетки [10].

Таблица 3

Лектиновые рецепторы С-типа с ITIM-последовательностью

Представители рецепторов	Примеры лигандов	Функции рецепторов
1	2	3
DCIR, Dendritic cell immunoreceptor (CLEC4a)	Le ^b , Le ^a , маннотриоза, сульфо-Le ^a , gp140 (гликопротеин ВИЧ) [3]	Рецептор макрофагов, моноцитов, дендритных клеток, В-лимфоцитов, нейтрофилов [3]. Ингибирует ответ клеток на микробную инфекцию, способствует развитию толерантности, препятствует аутоиммунным реакциям [28]. Дефекты рецептора повышают вероятность развития хронического артрита с возрастом [29]
DCIR-1/DCIR-2	β -GlcNac, связанный с N-гликаном, содержащим остатки маннозы	Рецептор В-клеток, моноцитов, макрофагов, дендритных клеток. Супрессия иммунного ответа

1	2	3
MICL, human myeloid inhibitory C-type lectin (CLEC12a)	Кристаллы мочевой кислоты – ключевой сигнал, активирующий иммунитет против погибших клеток [3]	Рецепторы гранулоцитов, моноцитов, макрофагов и дендритных клеток. Подавляют воспаление, индуцированное неинфекционными факторами [3]. Предотвращает миграцию нейтрофилов, тучных клеток, ингибируя продукцию ROS, IL-8, хемокинов CXCL1, CXCL10. Гибель клеток при вирусной инфекции и высвобождение мочевой кислоты стимулирует продукцию IFN α /IFN β , усиливая противовирусный иммунитет [27]. Отсутствие рецепторов вызывает осложнения по типу аутоиммунных реакций [30]
LY49Q	Компоненты МНСI	Рецептор незрелых моноцитов и плазматоидных дендритных клеток, необходим для развития остеокластов [31], а также предотвращения аутоиммунных реакций со стороны естественных киллеров [32]

Рецепторы, не содержащие ITAM/ITIM-последовательностей

Молекулы, функционирующие независимо от ITAM/ITIM-последовательностей: DC-SIGN, L-SIGN, SIGN-R1, LSICtin, Langerin, MGL, MGL-1. Данные по рецепторам приведены в табл. 4.

Таблица 4

Лектиновые рецепторы С-типа, не содержащие ITAM/ITIM-последовательностей

Рецептор	Лиганд	Функции рецептора
1	2	3
DC-SIGN (dendritic cell-specific intercellular molecule-3grabbing nonintegrin)	Разветвленные олигосахариды с маннозой и фукозой [3], антигены Льюиса Le ^x , Le ^y , Le ^a , Le ^b [10]	Распознает <i>Helicobacter pylori</i> (Marshall et al. 1985) Goodwin et al. 1989, <i>Schistosoma mansoni</i> , <i>Mycobacterium tuberculosis</i> [3], ВИЧ, вирус Эбола, вирус гепатита С, вирус Денге и др. [34]. Способствуют эндоцитозу [3], презентации антигенов, увеличивает TLRs-индуцированный синтез IL-10, активирует Treg и Th2, ингибирует Th17 и Th1 [10]
L-SIGN, liver/lymph node-specific ICAM3 grabbing nonintegrin	То же	Высокая экспрессия на поверхности альвеол и эндотелиальных клеток. Выполняет те же функции, что и DC-SIGN. Является рецептором для Cov-2, имеет отношение к вызываемому Cov-2 острому респираторному дистресс-синдрому. Как и в случае с вирусом Эбола, обеспечивает инфицирование эндотелиальных клеток [35]

1	2	3
SIGN-R1	Декстрановые полисахарида [36]	Является гомологом человеческого DC-SIGN у мышей. Высокое содержание в макрофагах маргинальной зоны селезенки. Удаляет из крови <i>Streptococcus pneumoniae</i> (Klein 1884) Chester 1901 [37]. Участвует в поглощении апоптических клеток. Эффективно работает совместно с C1q – компонентом системы комплимента [36]
LSECtin, liver and lymph node sinusoidal endothelial cell C-type lectin, CLEC4G	N-ацетилглюкозамин и L-фукоза [3]	Связывает филовирусы (вирус Эбола), вирус лихорадки западного Нила, S-белок коронавируса [38; 39]. Снижает образование β -амилоида, являясь перспективной мишенью для борьбы с болезнью Альцгеймера [40]
Langerin	Антигены Lewis ^Y , олигоманнозиды [3, 10]	Уникальный белок клеток Лангерганса, усиливает фагоцитоз и презентацию антигенов CD4+ клеткам и CD8+ клеткам. Потенциальная мишень для противораковой терапии [41]. Замедляет заживление ран, так как подавляет синтез G-CSF [42]
MGL, Macrophage galactose-type lectin, CLEC-10A	Распознавание α/β -Нацетилгалактозаминов [3]	Рецепторы макрофагов и дендритных клеток. Распознают и связывают патогены: <i>Neisseria gonorrhoeae</i> (Zopf, 1885) Trevisan, 1885; <i>Campylobacter jejuni</i> Sebald and Véron 1963 emend. Vandamme et al. 2010; вирус Эбола; <i>Schistosoma mansoni</i> , <i>Trichuris suis</i> Schrank, 1788 [3]. Эффективен в распознавании опухолеассоциированных антигенов и их презентации CD4+ и CD8+ клеткам [43]

Независимые от ITIM/ITAM рецепторы участвуют в поглощении и презентации антигенов, а также влияют на сигнальные пути от других PRRs. В последнем связывание маннозы / фукозы с DC-SIGN активирует серинтреониновую киназу RAF1, фосфорилирующую субъединицы p65 белка NF κ B с его последующей активацией. Сюда же приходят сигналы от TLR3, TLR 4, TLR 5. Фосфорилирование остатков лизина P65 приводит к активации и экспрессии генов И8, И10, И6, И12 [33].

Список литературы

1. Jung S. Y., Kim S. S., Kim Y. I., Chung H. Y., Kim S. H., Yeo S. G. Expression, distribution and role of C-type lectin receptors in the Human and Animal middle ear and Eustachian tube: a review // *Molecules*. 2018. Vol. 23. No 4. P. 734. URL: <https://doi.org/10.3390/molecules23040734> (дата обращения: 12.10.2021).

2. Yan H., Kamiya T., Saubjakyong P., Tsuji N. M. Targeting C-type lectin receptors for cancer immunity // *Front. Immunol.* 2015. Vol. 6. Art 408.
3. Foster A. J., Bird J. H., Timmer M. S. M., Stocker B. L. The ligands of C-type lectins. Chapter 13 from “C -type lectin receptors in immunity. Medical Institute of Bioregulation Kyushu University Fukuoka. Japan. Editors Yamasaki S. 2016. Pp. 191–215.
4. Drickamer K., Taylor M. E. Recent insights into structures and functions of C-type lectins in the immune system // *Curr. Opin. Struct. Biol.* 2015. Vol. 34. Pp. 26–34.
5. Tang J., Lin G., Langdon W. Y., Tao L., Zhang J. Regulation of C-type lectin receptor-mediated antifungal immunity // *Front. Immunol.* 2018. Vol. 9. Art. 123.
6. Dambuza I. M., Brown G. D. C-type lectins in immunity: recent developments // *Curr. Opin. Immunol.* 2015. Vol. 32. Pp. 21–27.
7. Broun G. D., Willment J. A., Whitehead L. C-type lectins in immunity and homeostasis // *Nat. Rev. Immunol.* 2018. Vol.18. No 6. Pp. 374–389.
8. Die I.D., Cummings R.D. The mannose receptor in regulation of helminth-mediated host immunity // *Front. Immunol.* 2017. Vol. 8. Art. 1677.
9. Wagener M., Hoving J. C., Ndlovu H., Marakalala M. J. Dectin -1 – Syk- CARD9 signaling pathway in TB immunity // *Front. Immunol.* 2018. Vol. 9. Art. 225.
10. Geijtenbeek T. B. H., Gringhuis S. I. Signalling through C-type lectin receptors: shaping immune responses // *Nature Reviews Immunol.* 2009. Vol. 9. Pp. 465–479.
11. Schrimpton R. E., Butler M., Morel A. S., Eren E., Hue S. S., Ritter M. A. CD205 (DEC-205): a recognition receptor for apoptotic and necrotic self // *Mol. Immunol.* 2009. Vol. 46. No 6. Pp. 1229–1239.
12. Chen S. T., Li F. J., Hsu T., Liang S. M. et al. CLEC5A is a critical receptor in innate immunity against *Listeria* infection // *Nature Commun.* 2017. Vol. 8. No 299. Pp. 1–13.
13. Riboldi E., Daniele R., Parola C. et al. Human C-type lectin domain family 4, member C (CLEC4C/BDCA-2/CD303) is a receptor for asialo-galactosyl-oligosaccharides // *J. Biol. Chem.* 2011. Vol. 286. I. 41. Pp. 35329–35333.
14. Williams S. J. Sensing lipids with Mincle: structure and function // *Front. Immunol.* 2017. Vol. 8. Pp. 1–12.
15. Lu X., Nagata M., Yamasaki S. Mincle: 20 years of a versalite sensor of insults // *Int. Immunol.* 2018. Vol. 30. No 6. Pp. 233–239.
16. Seifert L., Werba G., Tiwari S. et al. The necrosome promotes pancreas oncogenesis via CXCL1 and mincle induced immune suppression // *Nature.* 2016. Vol. 532. No 7598. Pp. 245–249.
17. Kersher B., Wilson G. J., Reid D. M., Mori D. et al. The micobacterial receptor Clec4d (CLECSF8, MCL) is coregulated with Mincle and upregulated on mouse myeloid cells following microbial challenge // *Europ. J. Immunol.* 2015. Vol. 46. No 2. Pp. 381–389.
18. Wilson G. J., Marakalala M., Hoving J. C. et al. The C-type lectin receptor CLECSF8/CLEC4D is a key component of anti-mycobacterial immunity // *Cell Host Microbe.* 2015. Vol. 17. No 2. Pp. 252–259.
19. Steichen A. L., Binstock B. J., Mishra B. B., Sharma J. C-type lectin receptor Clec4d plays a protective role in resolution of Gram-negative pneumonia // *J. Leukoc. Biol.* 2013. Vol. 94. No 3. Pp. 393–398.
20. Ambati S., Ferraro A. R., Khang S. E. et al. Dectin-1-targeted antifungal liposomes exhibit enhanced efficacy // *mSphere.* 2019. Vol. 4. No 1. Pp. 1–15.
21. Brubaker S. W., Bonham K. S., Zanoni I., Kagan J. C. Innate immune pattern recognition: a cell biological perspective // *Annu. Rev. Immunol.* 2015. Vol. 33. Pp. 257–290.

22. Iked Y. et al. Dissociation of Toll-like receptor 2 mediated immune response to Zymosan by organic solvent treatment without loss of Dectin-1 reactivity // *Biol. Farm. Bull.* 2008. Vol. 31. No 1. Pp. 13–18.
23. Fan Q., Tao R., Zhang H. et al. Dectin-1 contributes to myocardial ischemia/reperfusion injury by regulating macrophage polarization and neutrophil infiltration // *Circulation.* 2019. Vol. 139. No 5. Pp. 663–678.
24. Rayers J., Watson S. P., Nieswandt B. Functional significance of the platelet immune receptors GPVI and CLEC-2 // *J. Clin. Invest.* 2019. Vol. 129. No 1. Pp. 12–23.
25. Bourne J. H., Beristain-Covarrubiss N., Zuidschermoude M. et al. CLEC2 prevents accumulation and retention of inflammatory macrophages during murine peritonitis // *Front. Immunol.* 2021. Vol. 12. Pp. 1–14.
26. Schreibelt G., Klinkenberg L. J., Cruz L. J., Tacke P. The C-type lectin receptor CLEC9A mediates antigen uptake and cross-presentation by human blood BDCA3+ myeloid dendritic cells // *Blood.* 2012. Vol. 119. No 10. Pp. 2284–2292.
27. Drouin M., Saenz J., Chiffolleau E. C-type lectin-like receptors: head or tail in cell death immunity // *Front. Immunol.* 2020. Vol. 11. Art. 251.
28. Uto T., Fukaya T., Takagi H. et al. Clec4A is a regulatory receptor for dendritic cells that impairs inflammation and T-cell immunity // *Nature communications.* 2016. Vol. 7. No 11273. Pp. 1–15.
29. Ishiguro T., Fukawa T., Akaki K. et al. Absence of DCIR1 reduces the mortality rate of endotoxemic hepatitis in mice // *Eur. J. Immunol.* 2017. Vol. 47. No 4. Pp. 704–712.
30. Neumann K., Vilarino M. C., Hokendorf U., Hanneschlager N. Clec12a is an inhibitory receptor for uric acid crystals that regulates inflammation in response to cell death // *Immunity.* 2013. Vol. 40. No 3. Pp. 389–399.
31. Hayashi M., Nakashima T., Kodama T., Makrigiannis A. P. Ly49Q, an ITIM-bearing NK receptor, positively regulates osteoclast differentiation // *Biochem. Biophys. Research commun.* 2010. Vol. 393. No 3. Pp. 432–438.
32. Rahim M. M. A., Tu M. M., Mahmoud A. B. Ly49 receptors: innate and adaptive paradigms // *Front. Immunol.* 2014. Vol. 5. Art. 145.
33. Chiffolleau E. C-type lectin-like receptors as emerging orchestrators of sterile inflammation represent potential therapeutic targets // *Front. Immunol.* 2018. Vol. 9. Art. 227.
34. Khoo U. S., Chan K. Y. K., Chan V. S. F., SteveLin C. L. DC-sign and L-sign: the SIGNs for infection // *J. Mol. Med.* 2008. Vol. 86. No 8. Pp. 861–874.
35. Amraei R., Yin W., Napoleon M. A., Suder E. L. et al. CD209L/L-SIGN and CD209/DC-SIGN act as receptors for SARS-CoV-2 // *bioRxiv. Preprint.* 2021. URL: <https://doi.org/10.1101/2020.06.22.165803> (дата обращения: 12.10.2021).
36. Kang Y. S., Yamazaki S., Iyoda T. et al. SIGN-R1, a novel C-type lectin expressed by marginal zone macrophages in spleen, mediates uptake of the polysaccharide dextran // *Int. Immunol.* 2003. Vol. 15. No 2. Pp. 177–186.
37. Prabagar M. G., Do Y., Ryu S. et al. SIGN-R1, a C-type lectin, enhances apoptotic cell clearance through the complement deposition pathway by interacting with C1q in the spleen // *Cell Death Differ.* 2013. Vol. 20. No 4. Pp. 535–545.
38. Gramberg T., Hofmann H., Moeller P. et al. LSEctin interacts with filovirus glycoproteins and the spike protein of SARS coronavirus // *Virology.* 2005. Vol. 340. No 2. Pp. 224–236.

39. Shimojima M., Stroher U., Ebihara H., Feldmann H., Kawaoka Y. Identification of cell surface molecules involved in dystroglycan-independent *Lassa virus* cell entry // *J. Virol.* 2012. Vol. 86. No 4. Pp. 2067–2078.
40. Kizuka Y., Kitasume S., Sato K., Taniguchi N. Clec4g (LSEctin) interacts with BACE 1 and suppresses A β generation // *FEBS Lett.* 2015. Vol. 589. No 13. Pp. 1418–1422.
41. Li R. J. E., Hogervorst T. P., Achilli S. et al. Targeting of the C-type lectin receptor langerin using bifunctional mannosylated antigens // *Frontiers in cell and developmental biology.* 2020. Vol. 8. Article 556. Pp. 1–8.
42. Rajesh A., Stuart G., Real N. Depletion of langerin⁺ cells enhances cutaneous wound healing // *Immunol.* 2020. Vol. 160. No 4. Pp. 366–381.
43. He M., Han Y., Cai C et al. CLEC10A is a prognostic biomarker and correlated with clinical pathologic features and immune infiltrates in lung adenocarcinoma // *J. Cell Mol. Med.* 2021. Vol. 25. No 7. Pp. 3391–3399.

References

1. Jung S. Y., Kim S. S., Kim Y. I., Chung H. Y., Kim S. H., Yeo S. G. Expression, distribution and role of C-type lectin receptors in the Human and Animal middle ear and Eustachian tube: a review. *Molecules.* 2018. V. 23. No 4. P. 734. Available at: <https://doi.org/10.3390/molecules23040734> (accessed: 12.10.2021).
2. Yan H., Kamiya T., Saubjakyong P., Tsuji N. M. Targeting C-type lectin receptors for cancer immunity. *Front. Immunol.* 2015. Vol. 6. Art 408.
3. Foster A. J., Bird J. H., Timmer M. S. M., Stocker B. L. *The ligands of C-type lectins. Chapter 13 from “C -type lectin receptors in immunity.* Medical Institute of Bioregulation Kyushu University Fukuoka. Japan. Editors Yamasaki S. 2016. Pp. 191–215.
4. Drickamer K., Taylor M. E. Recent insights into structures and functions of C-type lectins in the immune system. *Curr. Opin. Struct. Biol.* 2015. Vol. 34. Pp. 26–34.
5. Tang J., Lin G., Langdon W. Y., Tao L., Zhang J. Regulation of C-type lectin receptor-mediated antifungal immunity. *Front. Immunol.* 2018. Vol. 9. Art. 123.
6. Dambuza I. M., Brown G. D. C-type lectins in immunity: recent developments. *Curr. Opin. Immunol.* 2015. Vol. 32. P 21–27.
7. Broun G. D., Willment J. A., Whitehead L. C-type lectins in immunity and homeostasis. *Nat. Rev. Immunol.* 2018. Vol.18. No 6. Pp. 374–389.
8. Die I.D., Cummings R.D. The mannose receptor in regulation of helminth-mediated host immunity/ *Front. Immunol.* 2017. Vol. 8. Art. 1677.
9. Wagener M., Hoving J. C., Ndlovu H., Marakalala M. J. Dectin -1 – Syk- CARD9 signaling pathway in TB immunity. *Front. Immunol.* 2018. Vol. 9. Art. 225.
10. Geijtenbeek T. B. H., Gringhuis S. I. Signalling through C-type lectin receptors: shaping immune responses. *Nature Reviews Immunol.* 2009. Vol. 9. Pp. 465–479.
11. Schrimpton R. E., Butler M., Morel A. S., Eren E., Hue S. S., Ritter M. A. CD205 (DEC-205): a recognition receptor for apoptotic and necrotic self. *Mol. Immunol.* 2009. Vol. 46. No 6. Pp. 1229–1239.
12. Chen S. T., Li F. J., Hsu T., Liang S. M. et al. CLEC5A is a critical receptor in innate immunity against *Listeria* infection. *Nature Commun.* 2017. Vol. 8. No 299. Pp. 1–13.
13. Riboldi E., Daniele R., Parola C. et al. Human C-type lectin domain family 4, member C (CLEC4C/BDCA-2/CD303) is a receptor for asialo-galactosyl-oligosaccharides. *J. Biol. Chem.* 2011. Vol. 286. I. 41. Pp. 35329–35333.

14. Williams S. J. Sensing lipids with Mincle: structure and function. *Front. Immunol.* 2017. Vol. 8. Pp. 1–12.
15. Lu X., Nagata M., Yamasaki S. Mincle: 20 years of a versalite sensor of insults. *Int. Immunol.* 2018. Vol. 30. No 6. Pp. 233–239.
16. Seifert L., Werba G., Tiwari S. et al. The necrosome promotes pancreas oncogenesis via CXCL1 and mincle induced immune suppression. *Nature.* 2016. Vol. 532. No 7598. Pp. 245–249.
17. Kersher B., Wilson G. J., Reid D. M., Mori D. et al. The micobacterial receptor Clec4d (CLECSF8, MCL) is coregulated with Mincle and upregulated on mouse myeloid cells following microbial challenge. *Europ. J. Immunol.* 2015. Vol. 46. No 2. Pp. 381–389.
18. Wilson G. J., Marakalala M., Hoving J. C. et al. The C-type lectin receptor CLECSF8/CLEC4D is a key component of anti-mycobacterial immunity. *Cell Host Microbe.* 2015. Vol. 17. No 2. Pp. 252–259.
19. Steichen A. L., Binstock B. J., Mishra B. B., Sharma J. C-type lectin receptor Clec4d plays a protective role in resolution of Gram-negative pneumonia. *J. Leukoc. Biol.* 2013. Vol. 94. No 3. Pp. 393–398.
20. Ambati S., Ferraro A. R., Khang S. E. et al. Dectin-1-targeted antifungal liposomes exhibit enhanced efficacy. *mSphere.* 2019. Vol. 4. No 1. Pp. 1–15.
21. Brubaker S. W., Bonham K. S., Zanoni I., Kagan J. C. Innate immune pattern recognition: a cell biological perspective. *Annu. Rev. Immunol.* 2015. Vol. 33. Pp. 257–290.
22. Iked Y. et al. Dissociation of Toll-like receptor 2 mediated immune response to Zymosan by organic solvent treatment without loss of Dectin-1 reactivity. *Biol. Farm. Bull.* 2008. Vol. 31. No 1. Pp. 13–18.
23. Fan Q., Tao R., Zhang H. et al. Dectin-1 contributes to myocardial ischemia/reperfusion injury by regulating macrophage polarization and neutrophil infiltration. *Circulation.* 2019. Vol. 139. No 5. Pp. 663–678.
24. Rayers J., Watson S. P., Nieswandt B. Functional significance of the platelet immune receptors GPVI and CLEC-2. *J. Clin. Invest.* 2019. Vol. 129. No 1. Pp. 12–23.
25. Bourne J. H., Beristain-Covarrubiss N., Zuidschewoude M. et al. CLEC2 prevents accumulation and retention of inflammatory macrophages during murine peritonitis. *Front. Immunol.* 2021. Vol. 12. Pp. 1–14.
26. Schreibelt G., Klinkenberg L. J., Cruz L. J., Tacke P. The C-type lectin receptor CLEC9A mediates antigen uptake and cross-presentation by human blood BDCA3+ myeloid dendritic cells. *Blood.* 2012. Vol. 119. No 10. Pp. 2284–2292.
27. Drouin M., Saenz J., Chiffolleau E. C-type lectin-like receptors: head or tail in cell death immunity. *Front. Immunol.* 2020. Vol. 11. Art. 251.
28. Uto T., Fukaya T., Takagi H. et al. Clec4A is a regulatory receptor for dendritic cells that impairs inflammation and T-cell immunity. *Nature communications.* 2016. Vol. 7. No 11273. Pp. 1–15.
29. Ishiguro T., Fukawa T., Akaki K. et al. Absence of DCIR1 reduces the mortality rate of endotoxemic hepatitis in mice. *Eur. J. Immunol.* 2017. Vol. 47. No 4. Pp. 704–712.
30. Neumann K., Vilarino M. C., Hokendorf U., Hanneschlager N. Clec12a is an inhibitory receptor for uric acid crystals that regulates inflammation in response to cell death. *Immunity.* 2013. Vol. 40. No 3. Pp. 389–399.
31. Hayashi M., Nakashima T., Kodama T., Makrigiannis A. P. Ly49Q, an ITIM-bearing NK receptor, positively regulates osteoclast differentiation. *Biochem. Biophys. Research commun.* 2010. Vol. 393. No 3. Pp. 432–438.

32. Rahim M. M. A., Tu M. M., Mahmoud A. B. Ly49 receptors: innate and adaptive paradigms. *Front. Immunol.* 2014. Vol. 5. Art. 145.
33. Chiffolleau E. C-type lectin-like receptors as emerging orchestrators of sterile inflammation represent potential therapeutic targets. *Front. Immunol.* 2018. Vol. 9. Art. 227.
34. Khoo U. S., Chan K. Y. K., Chan V. S. F., SteveLin C. L. DC-sign and L-sign: the SIGNs for infection. *J. Mol. Med.* 2008. Vol. 86. No 8. Pp. 861–874.
35. Amraei R., Yin W., Napoleon M. A., Suder E. L. et al. CD209L/L-SIGN and CD209/DC-SIGN act as receptors for SARS-CoV-2. *bioRxiv. Preprint.* 2021. Available at: <https://doi.org/10.1101/2020.06.22.165803> (accessed: 12.10.2021).
36. Kang Y. S., Yamazaki S., Iyoda T. et al. SIGN-R1, a novel C-type lectin expressed by marginal zone macrophages in spleen, mediates uptake of the polysaccharide dextran. *Int. Immunol.* 2003. Vol. 15. No 2. Pp. 177–186.
37. Prabagar M. G., Do Y., Ryu S. et al. SIGN-R1, a C-type lectin, enhances apoptotic cell clearance through the complement deposition pathway by interacting with C1q in the spleen. *Cell Death Differ.* 2013. Vol. 20. No 4. Pp. 535–545.
38. Gramberg T., Hofmann H., Moeller P. et al. LSEctin interacts with filovirus glycoproteins and the spike protein of SARS coronavirus. *Virology.* 2005. Vol. 340. No 2. Pp. 224–236.
39. Shimojima M., Stroher U., Ebihara H., Feldmann H., Kawaoka Y. Identification of cell surface molecules involved in dystroglycan-independent *Lassa virus* cell entry. *J. Virol.* 2012. Vol. 86. No 4. Pp. 2067–2078.
40. Kizuka Y., Kitasume S., Sato K., Taniguchi N. Clec4g (LSEctin) interacts with BACE 1 and suppresses A β generation. *FEBS Lett.* 2015. Vol. 589. No 13. Pp. 1418–1422.
41. Li R. J. E., Hogervorst T. P., Achilli S. et al. Targeting of the C-type lectin receptor langerin using bifunctional mannosylated antigens. *Frontiers in cell and developmental biology.* 2020. Vol. 8. Article 556. Pp. 1–8.
42. Rajesh A., Stuart G., Real N. Depletion of langerin⁺ cells enhances cutaneous wound healing. *Immunol.* 2020. Vol. 160. No 4. Pp. 366–381.
43. He M., Han Y., Cai C et al. CLEC10A is a prognostic biomarker and correlated with clinical pathologic features and immune infiltrates in lung adenocarcinoma. *J. Cell Mol. Med.* 2021. Vol. 25. No 7. Pp. 3391–3399.

**НЕОСОЗНАВАЕМЫЕ АСПЕКТЫ ОБРАЗА ЖЕНЩИН-
ПОЛИТИКОВ У РОССИЙСКОЙ МОЛОДЕЖИ**

*UNCONSCIOUS ASPECTS OF THE IMAGE OF WOMEN POLITICIANS
AMONG RUSSIAN YOUTH*

С. Л. Кандыбович, Т. В. Разина

S. L. Kandybovich, T. V. Razina

Проблемы исследования: в современной России растет число женщин-политиков, и это явление становится предметом самых различных наук. Тем не менее, психологические аспекты восприятия женщин-политиков в последние годы изучались недостаточно. Цель исследования – установить, как знание о высоком политическом статусе женщины влияет на ее восприятие и оценку со стороны молодежи. Методом исследования выступил классический семантический дифференциал. Предметом оценки стали фотографии женщин президентов и премьер-министров европейских, африканских, американских и азиатских государств. Часть студентов оценивала портреты женщин, зная об их профессиональной принадлежности, а часть – не обладая такой информацией. В исследовании приняли участие 118 студентов вузов города Москвы. Результаты показали, что фактор знания о профессиональной политической принадлежности женщин оказывает влияние на их оценку студентами. При этом в группе, где испытуемые не знали о профессиональной принадлежности женщин, принципиальных отличий в оценках юношей и девушек не наблюдается. В группе, где испытуемые знали, что оценивают женщин-политиков, наблюдались яркие половые различия в восприятии женщин высших должностных лиц: девушки оценивают их как способных и сильных политиков, которые могут построить политическую карьеру, но при этом испытывают бессознательное чувство соперничества. Юноши в меньшей степени рассматривают женщин как потенциальных политических лидеров, отказывая им в силе и активности. Полученные результаты могут быть использованы в процессе проведения предвыборных кампаний: при определении целевой аудитории, оценке вероятности успеха политической кампании.

Resume: research problems: in modern Russia, the number of women politicians is growing and this phenomenon is becoming the subject of a variety of sciences. However, the psychological aspects of the perception of women politicians have not been sufficiently studied in recent years. The aim of the study is to establish how knowledge about a woman's high political status affects her perception and assessment by young people. The research method is the classical semantic differential. The subjects of the assessment were photographs of women presidents and prime ministers of European, African, American and Asian states. Some of the students evaluated the portraits of women knowing their professional affiliation, and some did not have such information. The study involved 118 students from universities in Moscow. The results showed

that the factor of knowledge about the professional political affiliation of women influences their assessment by students. At the same time, in the group where the subjects did not know about the professional affiliation of women, there were no fundamental differences in the assessments of boys and girls. In the group where the subjects knew that they were evaluating women politicians, there were vivid gender differences in the perception of women in senior officials: girls evaluate them as capable and strong politicians who can build a political career, but at the same time experience an unconscious sense of rivalry. Young men are less likely to view women as potential political leaders, denying them strength and activity. The results obtained can be used in the process of conducting election campaigns: when determining the target audience, assessing the likelihood of success for a political campaign.

Ключевые слова: женщины-политики, бессознательное восприятие, образ, статус, активность, сила, оценка.

Keywords: women politicians, unconscious perception, image, status, activity, strength, assessment.

Введение

Во всем мире в настоящий момент большое количество женщин занимают политические должности самого высокого уровня. В России, в СССР и в Российской империи за последние 225 лет женщина ни разу не занимала высшую политическую должность, как и в ряде многих других стран мира.

Социологические исследования показывают, что в последние годы (2017–2019 гг.) наблюдалось значительное упрочение положения женщин в Российской политике [1–3]. Однако в 2020 г. большинство россиян не видят женщину в качестве высшего должностного лица и более скептически оценивают необходимость участия женщин в политической жизни России [4].

При этом проблема эффективности женщины как политического лидера, ее возможностей, ограничений, потенциала, восприятия обществом вызывает большой интерес в различных науках и позволяет выделить несколько наиболее популярных предметных локусов ее изучения. Наиболее активно на сегодняшний день развиваются лингвокультурные и социологические исследования. Их результаты в том числе демонстрируют необходимость изучения феномена женщин-политиков также методами психологических наук. При этом исследований в области политической психологии на сегодня явно недостаточно. В психологическом аспекте важно исследование не только психологии самих женщин-политиков, но и особенностей их восприятия со стороны потенциальных избирателей. Представленная работа направлена на установление некоторых особенностей восприятия женщин-политиков молодежью. В данном исследовании также сделан акцент на особенностях восприятия женщин-политиков, обусловленных полом. Мы предполагаем (и это подтверждается многочисленными исследованиями [5; 6]), что фактор пола существенно детерминирует отношение к женщинам-политикам. С другой стороны, женщины-политики сами зачастую используют профессиональные стратегии, свойственные

представителям мужского пола, что также влияет на их восприятие потенциальными избирателями.

Методы исследования, теоретическая база

В первую очередь, можно обозначить достаточно большой пласт лингвокультурных исследований женщин-политиков. Это исследование стилистики речи женщин-политиков, которые вынуждены использовать маскулинные коммуникативные стратегии [7], классический (так называемый мужской) тип риторики, скрывая свой женский идиолект, чтобы преуспеть на политическом поприще [8].

Осуществляется анализ языковых средств, репрезентирующих образы женщины-политика в медийном пространстве [9; 10]. При этом большое внимание уделяется новым информационным технологиям: Интернет, социальным сетям [11; 12], поскольку на текущий момент именно они начинают занимать лидирующее положение в процессе создания общественных настроений.

Анализ различных аспектов вопроса «женщины в политике» зачастую осуществляется не на российском материале, а на материале США, стран ЕС и др. Безусловно, опыт зарубежных коллег весьма интересен, и в первую очередь в исторической ретроспективе событий последних десятилетий XX века, когда в Европе стали появляться женщины, занимающие высшие государственные должности, где уже накоплен большой опыт, сложились определенные традиции и стереотипы. В России же женщины только начинают активно входить в «большую политику», в силу чего значительное место уделяется кросс-культурным сравнительным исследованиям места и роли женщин в политическом пространстве в России и странах ЕС [13], американской политике [14].

Значительный пласт исследований посвящен изучению вопроса истории женщин в политике, при этом зачастую акцент делается на анализе тех стран и регионов, где роль и место женщины традиционно находилось в тени мужчины. Исследуется роль глобальных социокультурных и исторических событий и их влияние на изменение положения женщин в сфере политической деятельности в мусульманских странах [15], Латинской Америке [16], Северного Кавказа [17].

Достаточно актуальной является тема формирования имиджа женщины-политика: особенностей этого процесса, гендерных отличий, факторов, препятствующих его эффективному построению [18; 19]. В процессе решения политических задач по созданию имиджа активно привлекаются результаты социологических и психологических исследований [20].

Однако на настоящий момент не так много исследований женщин-политиков, выполненных с позиций политической психологии и ее традиционных предметов – политического сознания, мотивации, установок, стереотипов, ценностей. Вероятно, это связано с тем, что после резкого взлета популярности политической психологии в начале 2000-х гг., большого числа публикаций на эту тему, сегодня политическая психология не является достаточно востребованной отраслью психологической науки и исследования ее проблематики осуществляются на

стыке других общественных и гуманитарных наук. Так, например, выполнены крайне интересные и показательные исследования, где осуществлен анализ стереотипов, установок общества в отношении женщин в политике, женщин политических лидеров [21], а также феномена стигматизации и его влияния на политическую карьеру женщин [22], согласно которым, если подводить общий итог, в российском обществе бытуют неосознаваемые установки, согласно которым «политика – не женское дело», «женщина не может быть сильным политиком», «большая политика – дело мужчин». При этом игнорируются факты как истории, так и современности, когда женщины проявили себя как эффективные политические лидеры.

Разрешить это противоречие невозможно, используя только методы, которые позволяют исследовать лишь сознание (традиционные опросы, анкеты, рейтинги), поскольку причины такого отношения к женщинам-политикам не всегда осознаваемы и носят зачастую бессознательный характер. Для исследования содержания бессознательного и возникновения внутренних конфликтов между сознательными мнениями и бессознательными установками необходимо использовать специальные психодиагностические методики: семантический дифференциал, репертуарные решетки Келли, проективные (в том числе рисуночные) методики. Мы предполагаем, что в современном российском обществе, и особенно у молодежи, наблюдаются достаточно противоречивые, биполярные установки в отношении женщин политических лидеров, что создает определенные барьеры для их политической карьеры в высших эшелонах власти.

Цель исследования – установить, как знание о высоком политическом статусе женщины влияет на ее восприятие и оценку со стороны молодежи: юношей и девушек.

Методом исследования выступил классический семантический дифференциал Ч. Осгуда. В качестве объектов оценивания использовались фотографии женщин, в разные годы являющихся высшим должностным лицом своей страны: Лаура Чинчилла, президент Коста-Рики (2010–2014); Джоханна Сигурдардоттир, премьер-министр Исландии (2009–2013); Элен Джонсон-Серлиф, президент Либерии (2006–2018); Йинглак Чинават, премьер-министр Таиланда (2011–2014); Глория Макапагал-Арройо, президент Филиппин (2001–2010), Хелле Торнинг-Шмитт, премьер-министр Дании (2011–2015), взятые из свободных источников (фото 1–6).

В исследовании приняли участие четыре группы испытуемых – студентов вузов г. Москвы и г. Ярославля. Первая группа – 29 девушек, средний возраст 19.9 лет, оценивали фотографии, не зная, кто изображен на них, вторая группа – 32 девушки, средний возраст 20.2 года, знали, кто изображен, третья группа – 34 юноши, средний возраст 19.6 лет, не знали, кто изображен, четвертая группа – 33 юноши, средний возраст 19.7 лет, знали, кто изображен. Статистическая обработка полученных данных осуществлялась с помощью t-критерия Стьюдента.



Рис. 1. Лаура Чинчилла, президент Коста-Рики (2010–2014)



Рис. 2. Джоханна Сигурдардоттир, премьер-министр Исландии (2009–2013)



Рис. 3. Элен Джонсон-Серлиф, президент Либерии (2006–2018)



Рис. 4. Йинглак Чинават, премьер-министр Таиланда (2011–2014)



Рис. 5. Глория Макапагал-Арройо, президент Филиппин (2001–2010)



Рис. 6. Хелле Торнинг-Шмитт, премьер-министр Дании (2011–2015)

Результаты и обсуждение

Результаты показали, что в группах, где юноши и девушки не знали, кто изображен на фотографиях, не было обнаружено значимых различий по фактору «активность» ни по одной фотографии. Это, вероятно, обусловлено тем, что данная характеристика достаточно сложно воспринимается и оценивается по статичным изображениям в условиях дефицита прочей информации. По фактору силы значимые отличия обнаружены лишь в оценке портрета Элен-Серлиф, которую юноши оценили более сильной, чем девушки ($t = -2.657$, $p = 0.029$), возможно, это обусловлено тем, что юноши в оценке силы ориентируются на внешние физические параметры, в то время как девушки более склонны оценивать силу внутреннюю, которую также сложно однозначно определить по изображениям. Поскольку Элен-Серлиф обладает самыми корпулентными внешними параметрами, бессознательно ее оценивают как имеющую максимальную массу, а соответственно, и силу.

По фактору оценки юноши в среднем давали примерно одинаково невысокие баллы по всем фотографиям (средний бал не выше 0.5). Девушки давали более дифференцированную оценку и значимо выше, чем юноши оценили Йинглак Чинават ($t = 2.683$, $p = 0.008$), и Лауру Чинчиллу ($t = 2.273$, $p = 0.025$), и Хелле Торнинг-Шмитт ($t = 2.337$, $p = 0.030$). Данные результаты наглядно показывают наличие половых отличий в восприятии женской красоты, поскольку в условиях дефицита информации студенты вынуждены были оценивать только то, что могли видеть. Фактор оценки отражает эмоциональное отношение испытуемого к объекту, поэтому, вероятно, юноши оценивали всех представленных женщин с точки зрения их женской привлекательности, но поскольку все женщины значительно старше, чем испытуемые-юноши, они не вызвали у них эмоционального отклика, поэтому абстрактная эстетическая оценка была затруднена, сработала установка: «если старая – значит, некрасивая», «красивыми могут быть только молодые девушки». Девушки в своих оценках ориентировались на более широкие критерии: стиль, ухоженность, гармоничность в чертах лица и т. д.

В группах, где испытуемые знали, что оценивают женщин – высших должностных лиц, по фактору «активность» девушки оценивают женщин-политиков значимо выше, чем юноши (Лаура Чинчилла, ($t = 2.290$, $p = 0.030$); Джоханна Сигурдардоттир, ($t = 2.956$, $p = 0.012$); Элен Джонсон-Серлиф, ($t = 2.802$, $p = 0.001$); Глория Макапагал-Арройо ($t = 2.220$, $p = 0.039$), Хелле Торнинг-Шмитт ($t = 3.810$, $p = 0.000$)). Однако максимальные отличия наблюдаются по фактору силы (Лаура Чинчилла, ($t = 3.185$, $p = 0.000$); Джоханна Сигурдардоттир, ($t = 3.546$, $p = 0.000$); Йинглак Чинават ($t = 2.598$, $p = 0.012$) Элен Джонсон-Серлиф, ($t = 4.122$, $p = 0.000$); Глория Макапагал-Арройо ($t = 2.295$, $p = 0.021$), Хелле Торнинг-Шмитт ($t = 3.997$, $p = 0.000$)). Таким образом, девушки видят женщин высших должностных лиц как сильных и активных, т. е. признают за ними качества, которые присущи политическому лидеру. Следовательно,

срабатывает эффект ореола, когда знание о профессиональной принадлежности и статусе формирует вполне определенный образ. Значимые отличия в оценках юношей и девушек отсутствуют лишь в отношении Йинглак Чинават, которую как юноши, так и девушки оценивают как пассивную и слабую. В данном случае, по-видимому, галло-эффект не смог пересилить другие неосознаваемые установки, согласно которым «красивые девушки редко умные», «тайские женщины – хорошие специалисты в сфере услуг» и т. д. Безусловно подобные установки имеют культурную специфику и отражают именно взгляд наших соотечественников на представителей тех или иных народов.

Юноши наделяют женщин-политиков качествами активности и силы в значительно меньшей степени, вероятно, также в силу неосознаваемых стереотипов: «женщина – слабый пол», «женщина не может быть сильным политиком», «женщина не способна к активным и решительным действиям». Возможно, также в таких оценках проявляется своеобразная попытка самоутверждения, неосознаваемой конкуренции и мужской солидарности. Низкие значения факторов «активность» и «сила» могут быть обусловлены бессознательным отождествлением образов страны и ее лидера. Так, такие страны, как Либерия, Коста-Рика, Исландия, Индонезия, не являются мировыми лидерами, не определяют международную политику, не проявляют высокой активности на мировой арене, имеют большое количество внутренних проблем. Возможно, здесь срабатывает неосознаваемая ассоциативная связь «слабая страна – слабый руководитель».

В группах юношей не обнаружено значимых отличий по фактору «оценка», вероятно, для мужчин статус политического лидера не делает женщину более привлекательной. Девушки, зная, что женщина является высшим должностным лицом в своей стране, испытывали к ней более негативные чувства и оценивали более критично (Лаура Чинчилла, ($t = -2.455$, $p = 0.032$); Джоханна Сигурдардоттир, ($t = -2.590$, $p = 0.029$); Йинглак Чинават ($t = -2.981$, $p = 0.002$) Хелле Торнинг-Шмитт ($t = -1.997$, $p = 0.045$)). Вероятно, такой результат обусловлен неосознаваемыми чувствами конкуренции и зависти. Так, девушки, отдавая должное женщинам-политикам в силе и активности, испытывают к ним смешанные, биполярные чувства.

Представленные закономерности могут быть использованы в процессе подготовки и проведения предвыборных компаний женщин-политиков, написания предвыборных программ, формирования имиджа женщин-политических лидеров не только самого высокого уровня, но и региональных политических объединений. Полученные результаты также позволяют сделать вывод о необходимости дифференцированного подхода в проведении предвыборных кампаний в зависимости от целевой аудитории.

Заключение

Таким образом, исследование выявило смешанные и неоднозначные отношения к женщине-политику в среде молодежи. Девушки оценивают женщин как способных и сильных политиков, признают за ними право на политическую карьеру, но при этом испытывают бессознательное чувство соперничества, что, возможно, негативно будет сказываться на результатах голосования. Юноши в меньшей степени рассматривают женщин как потенциальных политических лидеров, отказывая им в силе и активности. Индивидуальные характеристики (возраст, внешность) также оказывают влияние на оценку женщины-политика. Такие противоречивые установки будут затруднять продвижение женщин-политиков в России на высшие политические должности. Тем не менее, для более полной картины необходимо проанализировать также и отношение к мужчинам-высшим должностным лицам у юношей и девушек.

Список литературы

1. Аналитический обзор: Женщина-президент в России: быть или не быть? Публикация 26 октября 2017 // *ВЦИОМ*. URL: <https://wciom.ru/analytical-reviews/analiticheskii-obzor/zhenshhina-prezident-v-rossii-byt-ili-ne-byt> (дата обращения: 11.11.2021).
2. Пресс-выпуск: Женщина-президент в России: быть или не быть? // *ВЦИОМ*. URL: <https://wciom.ru/index.php?id=236&uid=3620> (дата обращения: 10.08.2021).
3. Аналитический обзор: Политика с женским лицом: российский вариант. Публикация 16 сентября 2019 // *ВЦИОМ*. URL: <https://wciom.ru/analytical-reviews/analiticheskii-obzor/politika-s-zhenskim-liczom-rossijskij-variant> (дата обращения: 11.11.2021).
4. ВЦИОМ: 68 % россиян не хотят видеть женщину на посту президента // *ТАСС*. URL: <https://tass.ru/obschestvo/7912921> (дата обращения: 11.11.2021).
5. Студент вуза на рубеже 2020-х: перспективы развития личности и здоровья : монография / под ред. проф. Е. Л. Николаева. Чебоксары: Изд-во Чуваш. ун-та, 2021. 360 с.
6. Дьяченко М. И., Кандыбович Л. А., Александрова Р. А. и др. Психология высшей школы в союзном государстве / под ред. С. Л. Кандыбович, Т. В. Разиной. Минск: Харвест, 2019. 672 с.
7. Синеокая Н. А. Маскулинные коммуникативные стратегии и тактики (на материале интервью женщин-политиков в Германии) // *Верхневолжский филологический вестник*. 2019. № 1 (16). С. 115–122.
8. Mukhortov D. S., Malyavina Ya. S. Cross-situational consistency of female politicians' language use // *RUDN Journal of Language Studies, Semiotics and Semantics*. 2019. Vol. 10. No 4. Pp. 1021–1036.
9. Телегина В. А., Синельников Ю. Г. Лингвокультурный образ женщины-политика в предвыборной картине Франции // *Филологические науки. Вопросы теории и практики*. 2018. № 3–1 (81). С. 182–184.
10. Никифорова Э. Ш. Образ женщины-политика в медийном дискурсе // *София: электронный научно-просветительский журнал*. 2019. № 1. С. 45–48.

11. Балакина Ю. В., Товкес М. Ю. Лингвистические средства конструирования образа женщины-политика (на материале микроблога Твиттер) // *Вестник Санкт-Петербургского университета. Язык и литература*. 2019. Т. 16. № 3. С. 381–399.
12. Товкес М. Ю. Доминанты образа женщины-политика в языковом сознании пользователей Твиттера // *Когнитивные исследования языка*. 2020. № 3 (42). С. 666–671.
13. Родионова М. Е. Сравнительный анализ представительства женщин в политике в ЕС и России: гендерный аспект // *Вопросы политологии*. 2020. Т. 10. № 4 (56). С. 1206–1220.
14. Луговкина Д. С., Демидко К. Е., Чопчиц И. Н. Женщины в российской и американской политике // *Проблемы и достижения современной науки*. 2016. № 1 (3). С. 81–83.
15. Саипова К. Д. Место и роль мусульманских женщин в осуществлении советской политики в Туркестане (1918–1924 гг.) // *Образование и духовная безопасность*. 2018. № 1 (3). С. 67–71.
16. Дашкина И. В. Женщины в политике Латиноамериканских стран // *Русская политология*. 2019. № 4 (13). С. 17–29.
17. Козлова Н. Н. Женщины в публичной политике. На материалах региональных парламентов Северо-Кавказского федерального округа // *Публичная политика*. 2017. № 2. С. 94–111.
18. Васильев В. Е., Власова К. В. Основные особенности формирования политического имиджа женщины политика: гендерные аспекты // *Вестник современных исследований*. 2018. № 6.1 (21). С. 190–192.
19. Василенко С. А., Дебольская А. А. Женщина-политик: эволюция имиджа на примере Терезы Мэй и Юлии Тимошенко // *Азимут научных исследований: экономика и управление*. 2020. Т. 9. № 3 (32). С. 33–36.
20. Кривцова Е. В., Рябуха Т. С., Шапкина Е. В., Шиллер В. В. Создание образа регионального политика-женщины в PR: востребованные качества и характеристики // *Южно-российский журнал социальных наук*. 2018. Т. 19. № 2. С. 117–131.
21. Гаспарян С. К., Князян А. Т. Гендерные стереотипы в политической сфере современного общества // *Филология и культура*. 2017. № 2 (48). С. 43–49.
22. Кранзеева Е. А., Шпак Л. Л. Стигматизация участия женщин в политике современной России // *Siberian Socium*. 2018. Т. 2. № 2. С. 66–77.

References

1. Analytical review: A woman president in Russia: to be or not to be? Published on October 26, 2017. *VCIOM* [RPORC]. Available at: <https://wciom.ru/analytical-reviews/analiticheskii-obzor/zhenshhina-prezident-v-rossii-byt-ili-ne-byt> (accessed: 11.11.2021). (In Russ.)
2. Press release: Woman-President in Russia: to be or not to be?. *VCIOM* [RPORC]. Available at: <https://wciom.ru/index.php?id=236&uid=3620> (accessed: 10.08.2021). (In Russ.)
3. Analytical review: Politics with a woman's face: Russian version. Published on September 16, 2019. *VCIOM* [RPORC]. Available at: <https://wciom.ru/analytical-reviews/analiticheskii-obzor/politika-s-zhenskimi-liczom-rossijskij-variant> (accessed: 11.11.2021). (In Russ.)
4. RPORC: 68 % of Russians do not want to see a woman in the presidency. *TASS* [TASU]. Available at: <https://tass.ru/obschestvo/7912921> (accessed: 11.11.2021). (In Russ.)

5. *Student vuza na rubezhe 2020-h: perspektivy razvitiya lichnosti i zdorov'ya* [University student at the turn of the 2020s: prospects for the development of personality and health]: monografiya / Pod red. prof. E. L. Nikolaeva. Cheboksary, Chuvash University publ., 2021. 360 p. (In Russ.)
6. *Psihologiya vysshej shkoly v soyuznom gosudarstve* [Psychology of higher education in the union state] / D'yachenko M. I., Kandybovich L. A., Aleksandrova R. A. i dr. Pod red. Kandybovich S. L., Razina T. V. [Minsk: Harvest publ.], 2019. 672 p. (In Russ.)
7. Sineokaya N. A. Masculine communication strategies and tactics (based on interviews with women politicians in Germany). *Verhnevolzhskij filologicheskij vestnik*, 2019. No 1 (16). Pp. 115–122. (In Russ.)
8. Mukhortov D. S., Malyavina Ya. S. Cross-situational consistency of female politicians' language use. *RUDN Journal of Language Studies, Semiotics and Semantics*. 2019. Vol. 10. No 4. Pp. 1021–1036.
9. Telegina V. A., Sinel'nikov Yu. G. [The linguocultural image of a woman politician in the electoral picture of France. *Filologicheskie nauki. Voprosy teorii i praktiki*, 2018. No 3–1 (81). Pp. 182–184. (In Russ.)
10. Nikiforova E. Sh. The image of a woman politician in media discourse. *Sofiya: elektronnyj nauchno-prosvetitel'skij zhurnal*, 2019. No 1. Pp. 45–48. (In Russ.)
11. Balakina Yu. V., Tovkes M. Yu. Linguistic means of constructing the image of a woman politician (based on the material of the Twitter microblog). *Vestnik Sankt-Peterburgskogo universiteta. Yazyk i literature*, 2019. Vol. 16. No 3. Pp. 381–399. (In Russ.)
12. Tovkes M. Yu. Dominants of the image of a woman politician in the linguistic consciousness of Twitter users. *Kognitivnye issledovaniya yazyk*, 2020. No. 3 (42). Pp. 666–671. (In Russ.)
13. Rodionova M. E. Comparative Analysis of Women's Representation in Politics in the EU and Russia: Gender Aspect. *Voprosy politologii*, 2020. Vol. 10. No 4 (56). Pp. 1206–1220. (In Russ.)
14. Lugovkina D. S., Demidko K. E., CHopchic I. N. Women in Russian and American Politics. *Problemy i dostizheniya sovremennoj nauki*, 2016. No 1 (3). Pp. 81–83. (In Russ.)
15. Saipova K. D. The place and role of Muslim women in the implementation of Soviet policy in Turkestan (1918–1924). *Obrazovanie i duhovnaya bezopasnost'*, 2018. No 1 (3). Pp. 67–71. (In Russ.)
16. Dashkina I. V. Women in Latin American Politics. *Russkaya politologiya*, 2019. No 4 (13). Pp. 17–29. (In Russ.)
17. Kozlova N. N. Women in public politics. Based on materials from regional parliaments of the North Caucasus Federal District. *Publichnaya politika*, 2017. No 2. Pp. 94–111. (In Russ.)
18. Vasil'ev V. E., Vlasova K. V. The main features of the formation of the political image of a woman politician: gender aspects. *Vestnik sovremennyh issledovanij*, 2018. No 6.1 (21). Pp. 190–192. (In Russ.)
19. Vasilenko S. A., Debol'skaya A. A. Woman Politician: Evolution of Image on the Example of Teresa May and Yulia Tymoshenko. *Azimet nauchnyh issledovanij: ekonomika i upravlenie*, 2020. Vol. 9. No 3 (32). Pp. 33–36. (In Russ.)
20. Krivcova E. V., Ryabuha T. S., SHapkina E. V., SHiller V. V. Creating the image of a regional female politician in PR: qualities and characteristics in demand. *Yuzhno-rossijskij zhurnal social'nyh nauk*, 2018. Vol. 19. No 2. Pp. 117–131. (In Russ.)
21. Gasparyan S. K., Knyazyan A. T. Gender stereotypes in the political sphere of modern society. *Filologiya i kul'tura*, 2017. No 2 (48). Pp. 43–49. (In Russ.)
22. Kranzeeva E. A., SHpak L. L. Stigmatization of women's participation in the politics of modern Russia. *Siberian Socium*. 2018. Vol. 2. No 2. Pp. 66–77.

**КОМПОЗИЦИОННЫЙ МАТЕРИАЛ НА ОСНОВЕ
БУТАДИЕН-НИТРИЛЬНОГО КАУЧУКА И ДРЕВЕСНЫХ
ВОЛОКОН**

*COMPOSITE MATERIAL BASED ON BUTADIENE-NITRILE RUBBER AND WOOD
FIBER*

Л. Н. Наумова, С. Ю. Валяев

L. N. Naumova, S. Yu. Valyaev

Данная работа посвящена получению полимерного композиционного материала на основе бутадиен-нитрильного каучука синтетического и наполнителя – древесной муки. Проведен литературный и патентный поиск по выбору компонентов для получения композиционного материала, изучена технология получения композиционного материала, изготовлены образцы композиционных материалов и проведены соответствующие эксперименты. Сделаны выводы о качестве полученного материала, его свойствах.

This work is devoted to obtaining a polymer composite material based on synthetic nitrile butadiene rubber and a filler – wood flour. A literature and patent search was carried out on the choice of components for obtaining a composite material, the technology of obtaining a composite material was studied, samples of composite materials were made and the corresponding experiments were carried out. Conclusions are made about the quality of the material obtained, its properties.

Ключевые слова: *резинотехнические изделия, древесная мука, бутадиен-нитрильный каучук синтетический, вязкоупругие свойства.*

Keywords: *rubber products, wood flour, synthetic butadiene nitrile rubber, viscoelastic properties.*

Введение

Настоящее время отличается высокими темпами научно-технического прогресса. Бурное развитие современной техники требует все новых материалов с заранее заданными свойствами. Вместе с тем в настоящее время известны сотни тысяч различных некомпозиционных природных и искусственных материалов, которые уже не отвечают возрастающим требованиям [1–5].

Различные комбинации компонентов создают новые материалы с различными характеристиками. Для этого вводят всевозможные наполнители [6; 7].

Подбор компонентного состава осуществляют на основании задаваемых требуемых свойств: высокой прочности, твердости, жаростойкости, коррозионной стойкости, и других характеристик [8; 9].

Несмотря на тенденцию к замене природных материалов, традиционно используемых в строительстве и мебельном производстве, на более технологичные и качественные синтетические материалы, общее количество перерабатываемой и используемой древесины непрерывно возрастает. Рост потребностей строительной и лесохимической промышленности в продуктах лесопереработки ведет за собой усугубление проблемы накопления и утилизации растительных отходов, количество которых увеличивается из года в год [10; 11].

Большинство лесопильных, деревообрабатывающих и лесохимических производств накапливает большое количество органических отходов, потенциально являющихся ценным сырьем для производства важных химических продуктов и материалов конструкционного назначения. К данному виду отходов относят и продукты переработки сельскохозяйственного растениеводства [12].

В связи с этим осуществляется непрерывный поиск новых способов рациональной утилизации низкокачественной древесины, отходов деревообработки и растениеводства. Подсчитано, что количество отходов деревообрабатывающих производств может достигать 50 % от общего объема исходного сырья [13].

Целью работы является получение композиционного материала на основе бутадиен-нитрильного каучука и древесной муки для улучшения технических и технологических показателей и анализ их свойств [14; 15].

Для достижения указанной цели были поставлены следующие задачи:

- анализ влияния типа, количества наполнителя и способа его введения в полимерный композиционный материал;
- оптимизация технологии производства полимерного композиционного материала;
- оценка влияния физико-химических процессов композиционного материала и выявление закономерностей влияния природы и структуры полимерного связующего и наполнителя на свойства полимерного композиционного материала [16–18].

Методическая часть

В этом разделе рассмотрены характеристики исходных веществ, а также методы и методики, с помощью которых проводились эксперименты.

Для создания и исследования полимерного композиционного материала в данной работе были выбраны следующие сырьевые материалы:

- Бутадиен-нитрильный каучук (БНК).
- Древесная мука – наполнитель.
- Сера техническая (сорт 9998).
- Сульфенамид Ц (N-циклогексил-2 бензтиазолил-сульфенамид).

- Белила цинковые ZnO.
- Стеарин технический.
- Оксид кремния SiO₂.

Бутадиен-нитрильный каучук

Каучук синтетический бутадиен-нитрильный представляет собой сополимер нитрила акриловой кислоты (36–40 %) и бутадиена – 1,3, полученный способом эмульсионной полимеризации при температуре 32°C, с использованием в качестве эмульгатора мыл жирных кислот растительного происхождения по экологически чистой технологии (рис. 1).

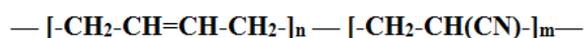


Рис. 1. Структурная формула бутадиен-нитрильного каучука

Свойства бутадиен-нитрильного каучука

Свойства бутадиен-нитрильного каучука существенно зависят от содержания нитрила акриловой кислоты. Бутадиен-нитрильные каучуки хорошо растворяются в кетонах, ароматических и хлорированных углеводородах, сложных эфирах и очень плохо в алифатических углеводородах и спиртах. С увеличением процентного содержания нитрила акриловой кислоты изменяется ряд показателей, таких как плотность, $t_{ст}$, межмолекулярное взаимодействие цепей полимера (табл. 1). В качестве наполнителя для БНК была использована древесная мука.

Таблица 1

Характеристики бутадиен-нитрильного каучука

<i>Наименование показателя</i>	<i>БНКС-40</i>
Внешний вид	От светло-желтого до темно-коричневого
Плотность при 20 ⁰ С, г/см ³	0.986
Вязкость по Муни, 100 ⁰ С	50–70
МПа	24.5
ε _p , %	450
Массовая доля нитрила акриловой кислоты	36–40 %
Содержание двойных связей, % мас.	15

Органический наполнитель древесная мука

Форма древесной породы может принимать облик пачек слипшихся соломинок, уложенных нескончаемой вереницей. Жесткая доля – это составляющие древесной породы, а полые участки именуется люменами. В древесине присутствуют два типа элементов: волокна (арматура) и сосуды (пустоты, проводящие питательные вещества).

В зависимости от пропорции данных элементов древесная порода делится на две группы: жесткая и плавная. Жесткая древесная порода имеет волокна и сосуды, случайным образом направленные в древесной породе. Плавная древесная порода характеризуется пористой структурой, которая содержит большое число волокон. Волокна плавной древесной породы строгие и довольно длинноватые, направленные в виде ровных прямых линий (рис. 2).

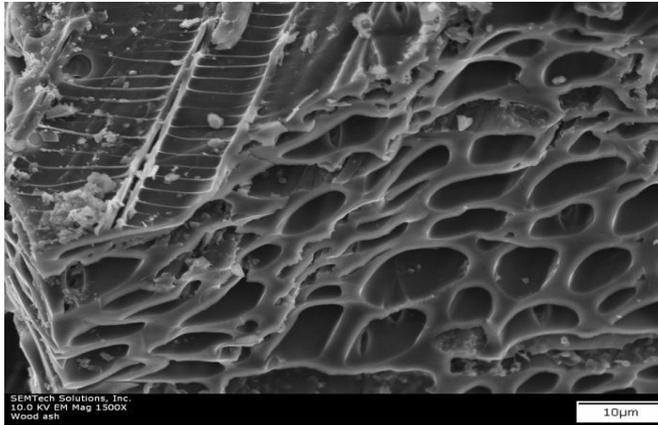


Рис. 2. Структура древесной муки

Древесную породу жестких видов имеют дуб, клен, береза, тис, ясень, вяз, груша.

Элементный состав органической части древесины одинаков для разных пород: углерод в пределах 49–50 %, кислород – 43–44 %, водород – 6 %, азот – 0.1 %.

Структурные компоненты подразделяются на углеводную часть и ароматическую. Углеводную часть, в свою очередь, подразделяют на целлюлозу и гемицеллюлозу (рис. 3).



Рис. 3. Химические составляющие древесной породы

Сера техническая (сорт 9998)

Вулканизирующий агент. Характеристики согласно ГОСТу 127.1-93 (табл. 2).

Таблица 2

Характеристики серы технической

Наименование показателя	Метод испытания	Норма
Внешний вид	ГОСТ 127.1-93	Серо-желтый или зеленоватый порошок
Массовая доля серы, %, не менее		99.98
Массовая доля золы, %, не более		0.02
Массовая доля органических веществ, %, не более		0.01
Массовая доля кислот в пересчете на H ₂ SO ₄ , %, не более		0.0015
Массовая доля мышьяка, %, не более		0.0000
Массовая доля селена, %, не более		0.000
Массовая доля воды, %, не более		0.2
Механические загрязнения (бумага, дерево, песок)		Не допускается

Сульфенамид Ц (N-циклогексил-2 бензтиазолил-сульфенамид)

Ускоритель серной вулканизации высокой активности (ТУ 113-00-05761637-02-95) на основе натурального и синтетических каучуков диенового типа, бутилкаучука и полихлоропреновых.

Применяется самостоятельно или в смеси с другими ускорителями, в частности тиурамами, в «эффективных» и «полуэффективных» системах вулканизации. Повышает стойкость резиновых смесей к скорчингу и способствует быстрому достижению оптимума вулканизации [19].

Образуются вулканизаты с высоким значением разрушающего напряжения при растяжении и улучшенной стойкости к старению (табл. 3).

Таблица 3

Свойства сульфенамида

Наименование показателя	Метод испытания	Норма
1	2	3
Внешний вид	ТУ 113-00-05761637-02-95	Цилиндрические гранулы от светло-кремового до светло-зеленого цвета, агломераты не допускаются
Массовая доля пылевидного продукта (остаток на сите с сеткой 0.14), %, не более		3.0

1	2	3
Массовая доля остатка, нерастворимого в спирте, %, не более	ТУ 113-00-05761637-02-95	0.7
Потеря массы при 60 ⁰ С, %, не более		0.5
Температура плавления, ⁰ С, не ниже		98
Массовая доля золы, %, не более		0.3
Механическая прочность гранул: массовая доля при просеве на сите с сеткой 0.9К после испытания, %		0.06–6.0

Применяется в смесях из натурального и синтетических каучуков для изготовления:

- протекторов и каркасов шин;
- резинотехнических изделий;
- изоляционных резин для проводов и кабелей;
- прорезиненных изделий.

Белила цинковые (БЦ-0 ZnO)

В качестве активатора вулканизации используют белила цинковые (табл. 4) [20; 21].

Таблица 4

Характеристики цинковых белил БЦ-0

Наименование показателя	Метод испытания	Норма
Внешний вид	ГОСТ 202-84	Белый порошок
Массовая доля цинка в пересчете на ZnO, %, не менее		99.7
Массовая доля свинца в пересчете на PbO, %, не более		0.01
Массовая доля металлического цинка, %, не более		Отсутствие
Массовая доля веществ, не растворимых в HCl, %, не более		0.006

Стеарин технический (CH₃(CH₂)₁₆COOH)

Стеарин улучшает технологические свойства резиновых смесей, а именно текучесть при переработке, обеспечивая беспрепятственную перерабатываемость на вальцах и удобное извлечение из вулканизационных форм [22]. Является вторичным активатором серной вулканизации [23]. Применяется одновременно с ZnO (табл. 5).

Характеристики технического стеарина

Наименование показателя	Метод испытания	Норма
Внешний вид	ГОСТ 6484-96	Порошок или хлопья белого или белого с желтоватым оттенком
Йодное число, г J ₂ /100 г, не более		3
Массовая доля неомыляемых веществ, %, не более		0.5
Температура застывания, °С, не ниже		65.0
Кислотное число, мг КОН/г		198–201
Число омыления, мг КОН/г		200–204
Массовая доля влаги, %, не более		0.2
Массовая доля золы, %, не более		0.02

Результаты и обсуждение

Эффективность наполнителей определяется таким параметром, как удельная поверхность. Чем меньше размер частицы, тем больше удельная поверхность наполнителя, это приводит к возрастанию поверхностной энергии системы и, как следствие, к повышению механической прочности системы.

Для повышения адгезии на границе раздела фаз наполнитель-связующее удаляется влага с поверхности наполнителя перед введением в каучук, важно знать, как равномерно распределить дисперсный наполнитель в объеме связующего. Добиться этого возможно, стоит лишь создать условия для перехода матрицы в вязко-текучее состояние.

К плюсам данной технологии относятся: высокая производительность, равномерное распределение наполнителя, получение пластин для дальнейшего прессования.

Процесс смешения проводят в резиносмесителе (рис. 4). Применение этого аппарата обусловлено рядом преимуществ: лучшая обрабатываемость и однородность получаемых смесей, механизация процессов, оптимальное использование рабочей поверхности, низкие энергозатраты, что позволит получать материал высокого качества [24]. Сырьевыми компонентами являются: БНКС40 (марка бутадиен-нитрильного каучука), древесная мука-наполнитель, сера, оксид кремния, цинковые белила, стеариновая кислота, сульфенамид Ц.

Рассмотрим стадии получения образцов композиционного материала:

1. По конвейерной ленте в резиносмеситель поступает каучук.
2. При температуре 140⁰С каучук переходит в пластичное состояние.
3. Через дозатор поступают такие компоненты, как SiO₂, ZnO, стеарин технический, сульфенамид Ц, древесная мука.
4. На вальцы в смесь вводят серу.

Таким образом, получают образцы композиционного материала на основе бутадиен-нитрильного каучука и древесной муки.

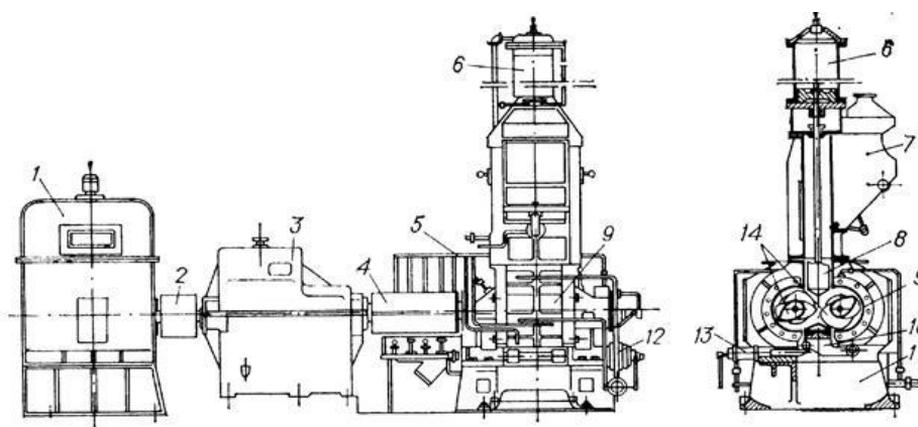


Рис. 4. Схема резиномесителя.

1 – электродвигатель, 2 – муфта, 3 – блок-редуктор, 4 – шарнирные муфты,
 5 – система коммуникаций, 6 – привод затвора, 7 – загрузочная воронка,
 8 – верхний затвор, 9 – смесительная камера, 10 – нижний затвор, 11 – станина,
 12 – привод, 13 – гидроцилиндр привода, 14 – роторы

Следующей стадией является получение образцов с помощью гидравлического вулканизационного пресса с индукционным нагревом плит (рис. 5).

Технические характеристики данного пресса приведены в табл. 6.

Таблица 6

Технические характеристики пресса 100-400-2Э

<i>Характеристики пресса</i>	<i>Значения характеристик</i>
Усилие номинальное, МН (тс)	1.0 (100)
Нагрев плит	Электрическое, индукционное
Размеры нагревательных плит, мм	250x250
Число этажей	2
Расстояние между плитами, мм	160
Время смыкания плит, сек.	12
Максимальная рабочая температура плит, °С	250
Время разогрева плит от 20°С до 200°С, мин.	40
Мощность, кВт	2.2
Давление в пневмосистеме, МПа	0.4–0.6
Привод подъемного стола	Пневматический

Стадии процесса:

1. Листы, полученные на вальцах, поступали в пресс-формы 12x14.
2. Процесс вулканизации происходил при 170°С, P = 16.5 мПа, в течение 12 мин. Формы заполнились равномерно.

Полученные образцы извлекали из формы и охлаждали на ровной поверхности.

Приготовление композиций различных составов производили в двухстадийном режиме:

- 1-я стадия смешения проходила в закрытом резиносмесителе (рис. 6).
- 2-я завершающая проходила на вальцах по ГОСТу ISO 2393-2016 (рис. 7).



Рис. 5. Гидравлический вулканизационный пресс с индукционным нагревом 100-400-2Э



Рис. 6. Лабораторный резиносмеситель



Рис. 7. Лабораторные вальцы



Рис. 8. Реометр MonTech MDR 3000 BASIC

На 1-й стадии при 145°C и скорости вращения роторов 70 об./мин. готовили смесь: в смесительную камеру вводился БНКС-40 и другие добавки. Смешение

производили в течение 5 мин., после чего ввели вулканизирующую группу (кроме S-серы). Полученную смесь выгружали из смесительной камеры. Эти же действия провели со смесью 2, 3. В результате были получены пастообразные смеси серо-белого цвета (табл. 7).

Таблица 7

Рецептура резиновых смесей

<i>Наименование компонента</i>	<i>Смесь 1. Массовая часть</i>	<i>Смесь 2. Массовая часть</i>	<i>Смесь 3. Массовая часть</i>
БНКС-40	100	100	100
Древесная мука	–	10	20
Оксид кремния	20	20	20
Сера	1.5	1.5	1.5
Сульфенамид	1.5	1.5	1.5
Оксид цинка	5	5	5
Стеариновая кислота	1	1	1
Итого:	129	139	149

Определение вязкоупругих свойств эластомеров

Завершающая стадия смешения проходила на вальцах. Смесительные вальцы (рис. 7) служат для введения в резиновую смесь отдельных компонентов, а также для гомогенизации (домешивания) и охлаждения резиновых смесей после выгрузки из резиносмесителя.

Смеси пропускали через валки, зазор между которыми составлял 2.5 мм.

Серу вводили равномерно по всей длине валка с постоянной скоростью. Срезали смесь с вальцов. Устанавливали зазор между валками 1.5 мм и пропускали шесть раз свернутую в рулон смесь перпендикулярно поверхности валков, вводя рулон поочередно то одним, то другим концом вперед. Методика смешения проводилась по ГОСТу Р 54554-2011. Остывание смесей, после завершения процесса, проходило естественно.

Следующий этап – с помощью безроторного реометра с герметизированной камерой измеряли крутящий момент, возникающий в образце за счет циклической деформации кручения постоянной амплитуды в полностью закрытой и герметичной камере, – ГОСТ Р 545447-2011. Для определения аппаратом (рис. 8) показателя брали по 5 г каждого замеса и помещали между полуформами.

Полученные данные дают точную информацию о технологичности, характеристиках отверждения, скорости отверждения и поведении соединения после отверждения, а также опциональное измерение давления для губчатых резиновых смесей.

Реометр MDR 3000 Basic поставляется в виде полного и готового к тестированию набора, состоящего из самого Реометра, внешнего персонального компьютера с операционной системой Windows, TFT-экрана, клавиатуры и мыши, а также принтера.

Как и каждый Реометр MonTech, MDR 3000 Basic также имеет интерфейс Ethernet и поэтому может быть непосредственно интегрирован в заводскую сеть любого клиента, гарантируя наиболее стабильную передачу данных и связь в любой лабораторной или заводской среде, позволяя доступ к данным на приборе и с удаленных и офисных рабочих мест, создавая цифровую технологическую цепочку и интегрированный рабочий процесс на основе хранилища цифровых данных, устраняя необходимость печати результатов после каждой серии испытаний.

Были получены следующие зависимости (рис. 9).

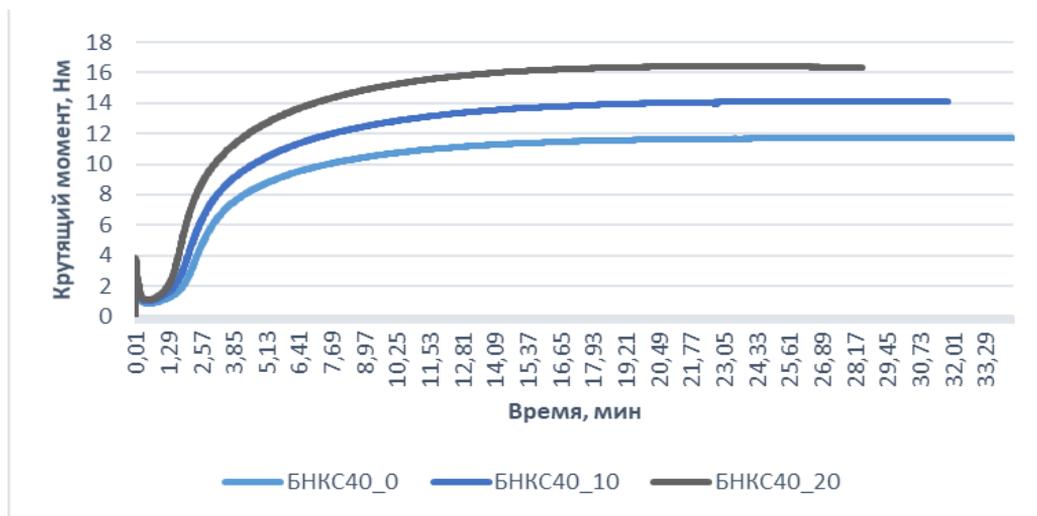


Рис. 9. Зависимость вязкоупругих свойств образцов

Каучук БНКС40-20 показал высокие показатели крутящего момента, БНКС40_0 – низкие результаты крутящего момента с течением времени.

По методике, описанной в ГОСТе 12535-84, были определены вулканизационные характеристики. Среднее время вулканизации для трех образцов равно 12 мин.

Завершение процесса проходило на гидравлическом вулканизационном прессе с индукционным нагревом плит. Характеристики прибора представлены в табл. 6. Параметры процесса для всех трех образцов: $t = 170^{\circ}\text{C}$, $\tau = 12$ мин., $p = 16.5$ МПа.

Полученные образцы охлаждались на ровной поверхности в естественных условиях.

Из графика зависимости видно, что чем выше содержание древесной муки, тем больше величина крутящего момента, и, следовательно, чем выше вязкость композиционного материала, тем быстрее происходит сшивание структурных звеньев полимера.

Термическая модификация древесной муки

Свойства древесно-полимерного композита (ДПК) определяются взаимодействием между поверхностью частиц наполнителя и полимерной матрицей. При высоких температурах обработки у древесины любых пород происходит отщепление гидроксильных групп, что приводит к появлению свойства гидрофобности у поверхности частиц древесной муки, так как поверхность становится менее полярной. На поверхности микрофибрил локализуются водостойкие хрупкие смолообразные продукты. Они инкапсулируют целлюлозные микрофибриллы, что во многом объясняет увеличение гидрофобных свойств, повышение водостойкости и хрупкости древесины.

Повышение гидрофобности древеснонаполненных БНКС подтверждается снижением равновесной влажности древесины. Изменение состояния поверхности частиц при водопоглощении подтверждается ИК-спектрами (рис. 10), где снижение интенсивности полос $3600\text{--}3100\text{ см}^{-1}$, ответственных за О-Н валентные колебания с максимумом при 3330 см^{-1} , вовлеченных в систему водородных связей. Полоса поглощения с максимумом при 1033 см^{-1} , соотносимая с деформационными колебаниями связи С-О, одинаково сильно выражена в спектрах исходных образцов.

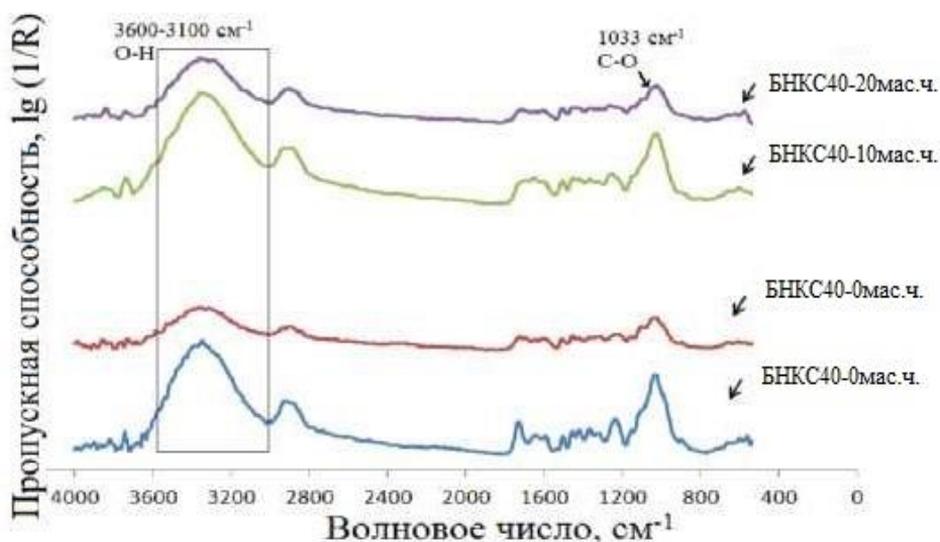


Рис. 10. ИК-спектры БНКС с древесной мукой

Наполнение древесной мукой отражается и на эксплуатационных свойствах ПКМ, в частности на водопоглощении. Использование древесной муки приводит к уменьшению водопоглощения для всех образцов.

Таким образом, использование термообработанной муки приводит к повышению прочности ДПК и уменьшению водопоглощения.

Анализ состояния структуры полученного полимерного композиционного материала

Электронно-микроскопические исследования наполненных материалов выполнены с помощью электронного микроскопа высокого разрешения марки TESCAN MIRA 3 LMU (рис. 11).

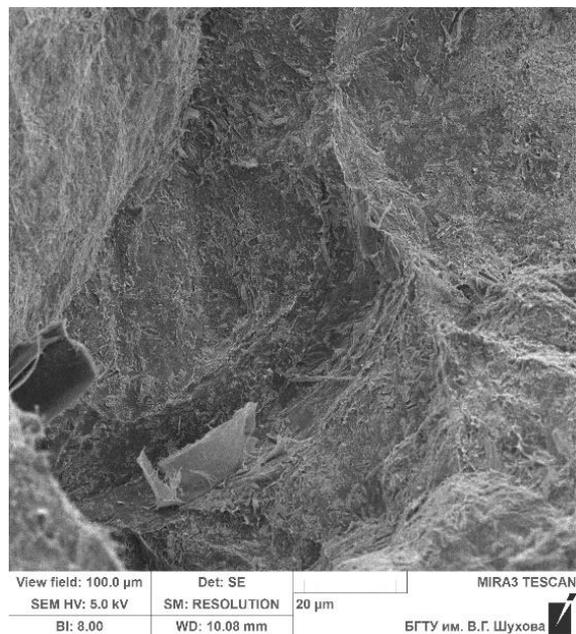
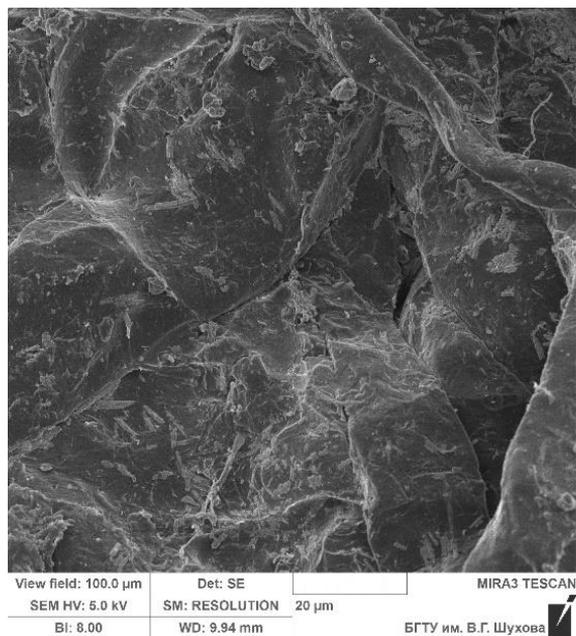


Рис. 11. Электронно-микроскопические снимки полученных образцов

Прочность ПКМ определяется в основном прочностью полимерной матрицы. Термопластичные полимеры, используемые в качестве матричных материалов для ПКМ, представляют собой густосетчатые, пространственно-сшитые двухфазные вещества, состоящие из глобул или мицелл с высокой плотностью и аморфной фазы с бесструктурной и рыхлой упаковкой макромолекул, характеризующихся низкой плотностью. При изгибах и растяжении густосетчатые полимеры разрушаются с малыми пластическими деформациями [25–28].

Введение в такие полимеры жестких дисперсных частиц наполнителя приводит в основном к снижению разрушающих напряжений при изгибе и растяжении, повышению модуля упругости, увеличению предела текучести и прочности при сжатии и сдвиге [29; 30]. Увеличение прочности в большинстве своем зависит от контакта частиц наполнителя с полимерной матрицей [25; 31–33].

При формировании композита граничные слои полимера и наполнителя имеют разную поверхностную энергию, что способствует неравномерному распределению частиц и приводит к энергетическому избытку.

За счет данного эффекта частицы наполнителя начинают группироваться так, чтобы полимер в пространстве между ними переходил в упрочненное граничное состояние. Переход полимера из объемного состояния в граничный слой рассматривают как фазовый переход первого рода и применительно к наполнителю важен при изучении их свойств [34; 35].

Особые свойства полимерных композитов обусловлены в первую очередь адгезионным взаимодействием полимера с дисперсным наполнителем, поэтому регулирование адгезией входит в комплекс основных проблем, связанных с созданием композитов [36].

Выводы

1. Разработана ресурсосберегающая технология получения материала на основе бутадиев-нитрильного каучука, наполненного древесной мукой.

2. Установлено, что при наполнении полимерной матрицы древесной мукой в количестве 10–20 массовых частей не выявлено дефектов структуры и композиционный материал имеет более однородную структуру.

3. Изготовлены образцы БНКС-40 с различной степенью наполнения в две стадии, что благоприятно сказывается на эксплуатационных свойствах ПКМ, в частности на водопоглощении.

4. Показано, чем выше содержание древесной муки, тем больше величина крутящего момента и, следовательно, выше вязкость композиционного материала, что способствует сокращению времени сшивания структурных звеньев полимера.

5. Электронно-микроскопический анализ состояния поверхности композита с разным наполнением его волокнами показывает, что полученные прочностные характеристики композита зависят от контакта частиц наполнителя с полимерной матрицей.

Список литературы

1. Клесов А. А. Древесно-полимерные композиты. СПб.: Научные основы и технологии, 2014. 736 с.
2. Hollaway L. C. A review of the present and future utilisation of FRP composites in the civil infrastructure with reference to their important in-service properties // *Constr. Build. Mater.* 2010. No 24. Pp. 2419–2445.
3. Мельникова М. А. Полимерные материалы: свойства, практическое применение : учебное пособие. Благовещенск: Амурский гос. ун-т, 2013. 86 с.
4. Терентьева Э. П. Химия древесины, целлюлозы и синтетических полимеров. Часть 1 : учебное пособие. СПб.: Санкт-Петербург, 2014. 53 с.
5. Абушенко А. В. Древесно-полимерные композиты: слияние двух отраслей // *Мебельщик.* 2005. № 3. С. 32–36.
6. Файзуллин И. З. Древесно-полимерные композиционные материалы на основе полипропилена и модифицированного древесного наполнителя : дис. ... канд. техн. наук. Казань, 2015. 123 с.
7. Ершова О. В., Чупрова Л. В., Муллина Э. Р., Мишурина О. А. Исследование зависимости свойств древесно-полимерных композитов от химического состава матрицы // *Современные проблемы науки и образования.* 2014. № 2. С. 8.
8. Маркусова В. А. Древесно-полимерные композиты – экологичные инновации. URL: <http://www.waste.ru/modules/section/item.php?itemid=278> (дата обращения: 24.06.2021).
9. Абушенко А. В. Древесно-полимерные композиты. URL: http://www.polymer.ru/letter.php?n_id=1604 (дата обращения: 24.06.2021).
10. Шубина Н. И., Гиревая Х. Я. Получение древесно-полимерного композиционного материала из вторичных полимеров и исследование его свойств // *Актуальные проблемы современной науки, техники и образования.* Саратов, 2013. С. 2.
11. Conroy A., Halliwell S., Reynolds T. Composite recycling in the construction industry // *Composites.* Part A. 2006. No 37. Pp. 1216–1222.
12. Asmatulu E., Twomey J., Overcash M. Recycling of fiber-reinforced composites and direct structural composite recycling concept // *J. Compos. Mater.* 2014. No 48. Pp. 539–608.
13. Jacob A. Composites can be recycled? // *Reinf. Plast.* 2011. No 55. Pp. 45–46.
14. Глухих В. В., Шкуро А. Е., Бурындин В. Г., Мухин Н. М. Получение и применение изделий из древесно-полимерных композитов с термопластичными полимерными матрицами : учебное пособие. Екатеринбург: Урал. гос. лесотехн. ун-т, 2014. 85 с.
15. Мельниченко М. А., Ершова О. В., Чупрова Л. В. Влияние состава наполнителей на свойства полимерных композиционных материалов // *Молодой ученый.* 2015. № 16. С. 199–202.
16. Скворцов Ю. В. Механика композиционных материалов. Самара, 2013. 94 с.
17. Анохина Т. В. Плюсы и минусы древесно-полимерных композитов. URL: http://www.lesindustry.ru/issues/li_n44/Plyusi_i_minusi_drevesno-polimernih_kompozitov__434/ (дата обращения: 24.06.2021).
18. Семочкин Ю. А. Древесно-полимерный композит. URL: http://wpc-research.ru/drieviesnopolimiernyi_kompozit (дата обращения: 24.06.2021).
19. Бутов Г. М., Иванкина О. М., Крякунов М. В., Рудакова Т. В. Химия и технология ускорителей вулканизации бензтиазольного типа / ВПИ (филиал) ВолгГТУ. Волгоград: ИУНЛ ВолгГТУ, 2013. 196 с.

20. (ГОСТ 202-84) Белила Цинковые.
21. Кардашев Г. А. Физические методы интенсификации процессов химической технологии. М.: Химия, 1990. 208 с.
22. Пучков Н. Г., Забрянский Е. И., Малявинский Л. В. Товароведение: нефтепродукты, их свойства и применение : справочник. М.: Химия, 1971. 416 с.
23. (ГОСТ 6484-96). Кислота стеариновая техническая техническая (стеарин).
24. Беккер Ю. Мир химии. Спектроскопия / пер. с нем. Л. Н. Кацанцевой. М.: Техносфера, 2009. 522 с.
25. Мэнсон Дж., Сперлинг Л. Полимерные смеси и композиты. М.: Химия, 1979 438 с.
26. Takahama H., Geil P. H. Structural inhomogeneities of cured epoxy resins // *Macromolecular Chemistry., Rapid Communication*. 1982. Vol. 3. Pp. 389–394.
27. Ghaemy M., Billingham N. C., Colvert P. D. Uneven curing in epoxy resins // *Journal of Polymer Science. Polym. Let. Ed.* 1982. Vol. 20. No 8. Pp. 439–443.
28. Hamnah R. E. Proust plastics offer new design possibilities // *Plast. Eng.* 1981. Vol. 37. No 12. Pp. 25–27.
29. Ленг Ф. Ф. Разрушение композитов с дисперсными частицами и хрупкой матрицей // *Композиционные материалы. Т. 5. Разрушение и усталость*. М.: Мир, 1978. С. 11–57.
30. Chow T. S. Tensile strength of filled polymers // *J. Polym. Sci. Polym. Phys. Ed.* 1982. Vol. 20. No 11. Pp. 2103–2109.
31. Эйрих Ф. Р., Смит Т. Л. Молекулярно-механические аспекты изотермического разрушения эластомеров // *Разрушение*. М.: Мир, 1976. Т. 7. Ч. 2. С. 104–390.
32. Маския Л. Добавки для пластических масс. М.: Химия, 1978. 181 с.
33. Чевычелов А. Д. Механика полимерной цепи, натянутой в аморфной области аморфно-кристаллического полимера. Учет внешних границ // *Механика полимеров*. 1966. № 5. С. 671–677.
34. Соломатов В. И., Массеев Л. М., Кочнева Л. Ф. и др. Армополимербетон в транспортном строительстве / под ред. В. И. Соломатова. М.: Транспорт, 1979. 232 с.
35. Рыбьев И. А. Строительные материалы на основе вяжущих веществ. М.: Высшая школа, 1978. 308 с.
36. Зимон А. Д. Адгезия пленок и покрытий. М.: Химия, 1977. 352 с.

References

1. Klesov A. A. Drevesno-polimernyye kompozity [Wood-polymer composites]. Saint Petersburg: Scientific foundations and Technologies, 2014. 736 p. (In Russ.)
2. Hollaway L. C. A review of the present and future utilisation of FRP composites in the civil infrastructure with reference to their important in-service properties. *Constr. Build. Mater.* 2010. No. 24. Pp. 2419–2445. (In Russ.).
3. Melnikova M. A. Polimernyye materialy: svoystva, prakticheskoye primeneniye [Polymer materials: properties, practical application. Study guide]. Blagoveshchensk: Amur State University, 2013. 86 p. (In Russ.)
4. Terentyeva E. P. Khimiya drevesiny, tsellyulozy i sinteticheskikh polimerov [Chemistry of wood, cellulose and synthetic polymers. Part 1. Study guide]. Saint Petersburg: Saint Petersburg, 2014. 53 p. (In Russ.)
5. Abushenko A.V. Wood-polymer composites: merging of two industries. *Mebelschik*, 2005. No. 3. Pp. 32–36. (In Russ.)

6. Fayzullin I. Z. *Транслитерация?* [Wood-polymer composite materials based on polypropylene and modified wood filler: dis. ... Candidate of Technical Sciences]. Kazan, 2015. 123 p. (In Russ.)
7. Ershova O. V., Chuprova L. V., Mullina E. R., Mishurina O. A. Investigation of the dependence of the properties of wood-polymer composites on the chemical composition of the matrix. *Sovremennyye problemy nauki i obrazovaniya* [Modern problems of science and education]. 2014. No. 2. P. 8. (In Russ.)
8. Markusova V. A. Drevesno-polimernyye kompozity – ekologichnyye innovatsii [Wood-plastic composite materials – eco-friendly innovations]. Available at: <http://www.waste.ru/modules/section/item.php?itemid=278> (accessed: 24.06.2021). (In Russ.)
9. Abushenko A. V. Drevesno-polimernyye kompozity [Wood-polymer composites]. Available at: http://www.polymery.ru/letter.php?n_id=1604 (accessed: 24.06.2021). (In Russ.)
10. Shubin N. I., Girevaya H. Y. Receive a wood-polymer composite of recycled polymers and the study of its properties. *Aktual'nyye problemy sovremennoy nauki, tekhniki i obrazovaniya* [Actual problems of modern science, technology and education]. Saratov, 2013. P. 2. (In Russ.)
11. Conroy A., Halliwell S., Reynolds T. Composite recycling in the construction industry. *Composites. Part A*. 2006. No. 37. Pp. 1216–1222.
12. Asmatulu E., Twomey J., Overcash M. Recycling of fiber-reinforced composites and direct structural composite recycling concept. *J. Compos. Mater.* 2014. No. 48. Pp. 539–608.
13. Jacob A. Composites can be recycled? *Reinf. Plast.* 2011. No. 55. Pp. 45–46.
14. Glukhikh V. V., Shkuro A. E., Buryndin V. G., Mukhin N. M. *Polucheniyе i primeneniye izdeliy iz drevesno-polimernykh kompozitov s termoplastichnyimi polimernymi matritsami* [Production and application of products from wood-polymer composites with thermoplastic polymer matrices. Study guide]. Yekaterinburg: Ural. gos. lesotechn. un-t, 2014. 85 p. (In Russ.)
15. Melnichenko M. A., Ershova O. V., Chuprova L. V. Influence of the composition of fillers on the properties of polymer composite materials. *Molodoy uchenyy* [Young scientist]. 2015. No. 16. Pp. 199–202. (In Russ.)
16. Skvortsov Yu. V. *Mekhanika kompozitsionnykh materialov* [Mechanics of composite materials]. Samara, 2013. 94 p. (In Russ.)
17. Anokhin T. V. *Plyusy i minusy drevesno-polimernykh kompozitov* [The Pros and cons of wood-plastic composites]. Available at: http://www.lesindustry.ru/issues/li_n44/Plyusi_i_minusi_drevesno-polimernih_kompozitov_434/ (accessed: 24.06.2021). (In Russ.)
18. Semochkin Y. A. *Drevesno-polimernyy kompozit* [Wood-plastic composite]. Available at: http://wpc-research.ru/drevesnopolimernyyi_kompozit (accessed: 24.06.2021). (In Russ.)
19. Butov G. M., Ivankina O. M., Krachunov M. V., Rudakova T. V. *Khimiya i tekhnologiya uskoriteley vulkanizatsii benziazol'nogo tipa* [Chemistry and technology of vulcanization accelerators benzthiazole type / VPI (branch) VolgSTU]. Volgograd: IUNL VolgSTU, 2013. 196 p. (In Russ.)
20. GOST 202-84 Zinc Whitewash. (In Russ.)
21. Kardashev G. A. *Fizicheskiye metody intensifikatsii protsessov khimicheskoy tekhnologii* [Physical methods of intensification of chemical technology processes]. Moscow: Chemistry, 1990. 208 p. (In Russ.)
22. Puchkov N. G., Zabriansky E. I., Malyavinsky L. V. *Tovarovedeniye: nefteprodukty, ikh svoystva i primeneniye : spravochnik* [Commodity science: petroleum products, their properties and application. Reference book]. M.: Chemistry, 1971. 416 p. (In Russ.)
23. GOST 6484-96. Stearic acid technical technical (stearin)]. (In Russ.)

24. Becker Yu. *Mir khimii. Spektroskopiya* [The world of chemistry. Spectroscopy. Translated from German by L. N. Katsantseva]. M.: Technosphere, 2009. 522 p. (In Russ.)
25. Manson J., Sperling L. *Polimernyye smesi i kompozity* [Polymer mixtures and composites]. Moscow: Chemistry, 1979 438 p. (In Russ.)
26. Takahama H., Geil P. H. Structural inhomogeneities of cured epoxy resins. *Macromolecular Chemistry., Rapid Communication*. 1982. Vol. 3. Pp. 389–394.
27. Ghaemy M., Billingham N. C., Colvert P. D. Uneven curing in epoxy resins. *Journal of Polymer Science. Polym. Let. Ed.* 1982. Vol. 20. No. 8. Pp. 439–443.
28. Hannah R. E. Proust plastics offer new design possibilities. *Plast. Eng.* 1981. Vol. 37. No. 12. Pp. 25–27.
29. Lang F. F. Fracture of composites with dispersed particles and brittle matrix. *Kompozitsionnyye materialy. Tom 5. Razrusheniye i ustalost'* [Composite materials. Vol. 5. Destruction and fatigue]. M.: Mir, 1978. Pp. 11–57. (In Russ.)
30. Chow T. S. Tensile strength of filled polymers. *J. Polym. Sci. Polym. Phys. Ed.* 1982. Vol. 20. No. 11. Pp. 2103–2109.
31. Eyrikh F. R., Smith T. L. Molecular mechanical aspects isothermal fracture of elastomers. *Razrusheniye* [Destruction]. Moscow: Mir, 1976. Vol. 7. Part 2. Pp. 104–390. (In Russ.)
32. Mascia L. *Dobavki dlya plasticheskikh mass* [Additives for plastics]. Moscow: Chemistry, 1978. 181 p. (In Russ.)
33. Chevychelov A. D. Mechanics of a polymer chain stretched in an amorphous region of an amorphous-crystalline polymer. Accounting for external borders. *Mekhanika polimerov* [Mechanics of polymers]. 1966. No. 5. Pp. 671–677. (In Russ.)
34. Solomatov V. I., Maseev L. M., Kochneva L. F., etc. *Armopolimerbeton v transportnom stroitel'stve* [Armopolymer concrete in transport construction / Edited by V. I. Solomatov]. Moscow: Transport. 1979. 232 p. (In Russ.)
35. Rybyev I. A. *Stroitel'nyye materialy na osnove vyazhushchikh veshchestv* [Building materials based on binders]. Moscow: Higher School, 1978. 308 p. (In Russ.)
36. Zimon A. D. *Adgeziya plenok i pokrytiy* [Adhesion of films and coatings]. Moscow: Chemistry, 1977. 352 p. (In Russ.).

ВЛИЯНИЕ ПЛЕСНЕВОГО ГРИБА *ASPERGILLUS NIGER* van Tieghem, 1867 НА СТРУКТУРУ И СВОЙСТВА ХРИЗОТИЛА

INFLUENCE OF ASPERGILLUS NIGER van Tieghem, 1867 MOLD FUNGUS ON THE STRUCTURE AND PROPERTIES OF CHRYSOTYL

Л. Н. Наумова, Т. И. Прудникова, И. В. Великий, С. Ю. Валяев

L. N. Naumova, T. I. Prudnikova, I. V. Velikij, S. Yu. Valyaev

*Данная работа посвящена изучению влияния плесневого гриба *Aspergillus niger* van Tieghem, 1867 на структуру и свойства хризотила. На основе проведенного литературного и патентного поиска по изучению биологической коррозии строительных материалов был сделан акцент на том, как биологический объект может способствовать изменению структурных характеристик хризотила. На основании вышеприведённого представлялся интерес изучить модифицирующий фактор воздействия плесневого гриба. Сделаны выводы о структурных характеристиках поверхности волокон хризотила.*

*This work is devoted to the study of the influence of the mold fungus *Aspergillus niger* van Tieghem, 1867 on the structure and properties of chrysotile. On the basis of the carried out literary and patent search for the study of biological corrosion of building materials, an emphasis was made on how a biological object can contribute to a change in the structural characteristics of chrysotile. Based on the above, it was of interest to study the modifying factor of the influence of the mold fungus. Conclusions are drawn about the structural characteristics of the surface of chrysotile fibers.*

Ключевые слова: *плесневый гриб *Aspergillus niger* van Tieghem, 1867, хризотил, модифицирование, структурные характеристики, электронная микроскопия.*

Keywords: *Aspergillus niger van Tieghem, 1867 mold, chrysotile, modification, structural characteristics, electron microscopy.*

Введение

В современных условиях особое значение приобретает повышение эффективности хризотилцементных изделий, совершенствование технологии их производства, увеличение производительности труда и обеспечения их экологической безопасности. Это достигается за счет модифицирования сырьевых компонентов (цемента, хризотила) с помощью добавок, изменения их структуры и свойств, получения новых хризотилцементных изделий, совершенствования технологии их получения [1; 2].

Хризотил является уникальным видом неметаллического сырья, так как обладает целым комплексом прекрасных полезных физико-химических и механических свойств [3; 4].

Многочисленные исследования, направленные на разработку безхризотилых материалов, показали, что не существует в природе волокнистого компонента, равноценного хризотилу по комплексу физико-механических свойств [5; 6].

До настоящего времени известны различные способы модифицирования хризотила, а именно химические, физико-механические, термические. Биологические объекты никогда не рассматривались в качестве агента, оказывающего модифицирующее воздействие на структуру хризотила. Работы по изучению модифицирующего воздействия биологических объектов на структуру хризотила и снижения его канцерогенности не проводились, поэтому данный вопрос является актуальным для современной науки.

Целью настоящей работы является изучение влияния плесневого гриба *Aspergillus niger* van Tieghem, 1867 на структуру и свойства хризотила.

Для достижения цели были поставлены следующие задачи:

- изучить влияние хризотила на рост *A. niger* при культивировании на твердых и жидких питательных средах;
- определить влияние среды культивирования на структуру и свойства хризотила;
- определить влияние плесневого гриба *A. niger* на структуру и свойства хризотила на средах, содержащих магний и без него.

Как показывает статистика, из всех микроорганизмов наибольшее повреждающее воздействие на промышленные и строительные материалы оказывают микроскопические грибы [7–9]. Их высокая деструктурирующая активность обусловлена способностью адаптироваться к материалам различной химической природы, что связано прежде всего с наличием у них хорошо развитого, мощного и мобильного ферментного комплекса [10].

Большинство грибов, вызывающих повреждения и коррозию, обладает высокой энергией размножения. Виды аспергиллов, пенициллинов и других размножаются споровыми, порошащими конидиями, образующимися в огромном количестве, исчисляемом сотнями тысяч и миллионами на небольшую поверхность субстрата [11–13].

Метаболические особенности грибов, вызывающих повреждения, заключаются в том, что они обладают системами высокоактивных окислительных, гликолитических и других более или менее специфических ферментов, осуществляющих разнообразные химические превращения сложных субстратов, часто труднодоступных или недоступных многим другим микроорганизмам в аэробных или частично анаэробных условиях [14; 15].

Методическая часть

Объектом исследования был товарный хризотил Баженовского месторождения марки Б-А-5-65 [16].

В качестве биологического объекта был взят плесневый гриб *A. niger*. Культура гриба взята из коллекции культур микроорганизмов кафедры микологии и фитоиммунологии Харьковского национального университета. Гриб был выделен из основных видов почв Харьковской области.

Питательные среды для грибов приготавливали согласно приложению 3, ГОСТ 9.048-89 [17].

Изучение линейного роста *Aspergillus niger* на твердых питательных средах с добавлением хризотила

Для изучения процессов роста плесневого гриба *A. niger* использовали твердую питательную среду Чапека и среду Чапека без добавления серноокислого магния.

Исследования проводили по следующей методике: в стерильные чашки Петри разливали питательную среду Чапека с добавлением хризотила, среду Чапека без серноокислого магния с добавлением хризотила, среду Чапека и среду Чапека без серноокислого магния. Питательные среды готовились согласно приложению 3, ГОСТ 9.048-89 [17]. Изучаемый гриб высевался инокулюмом одной плотности методом агаровых блоков. В качестве контроля были взяты чашки Петри с питательной средой без добавления хризотила. Готовые чашки Петри помещали в термостат с заданной температурой (26°C). Опыт проводили в трехкратной повторности.

Для определения линейного роста измеряли диаметр колоний (от места посева до конца зоны роста мицелия), растущих на чашках Петри на плотной среде на 3-ти, 6-е, 9-е и 12-е сут. Диаметр колонии измеряли в двух взаимно перпендикулярных направлениях в трех повторностях. Полученные данные заносили в таблицу и отображали графически в равномерной или логарифмической шкале.

Определение биомассы *Aspergillus niger* на жидких питательных средах с добавлением хризотила

Для изучения накопления биомассы плесневого гриба *A. niger* использовали жидкую питательную среду Чапека – Докса и жидкую среду Чапека – Докса без добавления магния [18–20].

В стерильные колбы (100 мл) предварительно помещались образцы хризотила и наливалась среда (50 мл) Чапека – Докса и среда Чапека – Докса без серноокислого магния. Питательные среды готовились согласно приложению 3, ГОСТ 9.048-89 [17]. Изучаемый гриб высевался водной суспензией спор (1 мл) с титром спор 60 мг конидий на 1 м² площади колб. Готовые колбы помещались в термостат с заданной температурой (26°C). В качестве контроля были взяты колбы с питательной средой без добавления хризотила. Опыт проводился в трехкратной повторности.

Биомасса мицелия (сухая масса мицелия) определялась в динамике во всех вариантах опыта. Контроль осуществлялся на 6-е и 12-е сут. Перед определением биомассы мицелий освобождали от культуральной жидкости центрифугированием, промывали физиологическим раствором и повторно центрифугировали при 2500–3000 об./мин. После второго центрифугирования мицелий высушивали в сушильном шкафу при температуре 105°C до постоянной массы. Взвешивание проводили на аналитических весах, полученные данные заносили в таблицу и отображали графически.

Анализ роста *Aspergillus niger* на агаризованной питательной среде Чапека на образцах хризотилцементных материалов

Методика изучения и внесения *A. niger* на агаризованную питательную среду Чапека на образцы хризотилцементных материалов представлена в предыдущем разделе. Результаты анализа представлены в табл. 1.

Таблица 1

Рост *Aspergillus niger* на агаризованной питательной среде Чапека с добавлением образцов хризотилцементных материалов

Содержание примеси	Рост <i>Aspergillus niger</i> на	
	6-е сутки	22-е сутки
Без примеси (контроль)	Диаметр колоний 3–3.4 см. Споровая масса желтовато-оливкового цвета	Диаметр колоний 3.2–4.1 см. Споровая масса темно-оливкового цвета (рис. 1)
Портландцементный камень	Роста не обнаружено	Диаметр колоний 2.2–3.4 см. Споровая масса черного цвета (рис. 2)
Хризотилцементная пыль	Роста не обнаружено	Диаметр колоний 0.7–2.2 см. Споровая масса черного цвета (рис. 3)
Продукты деструкции хризотилцемента	Диаметр колоний 1.5–2 см. Споровая масса оливково-черного цвета	Диаметр колоний 2.3–2.8 см. Споровая масса черного цвета (рис. 4)
Хризотилцемент	Диаметр колоний 2.8–3.3 см. Споровая масса темно-оливкового цвета	Диаметр колоний 3–3.5 см. Споровая масса черно-оливкового цвета (рис. 5)

Анализируя полученные данные, можно отметить, что на жидкой среде отмечен рост споровой массы на образцах в течение 22-х сут.: контрольном (без) примеси на 0.2–0.7 см; продуктах деструкции на 0.8 см; хризотилцементе на 0.2 см. На портландцементном камне и хризотилцементной пыли рост споровой массы появился только на 22-е сут.

В дальнейшем представляет интерес изучить общее содержание органических кислот, выделяемых микроорганизмами, и накопление биомассы.

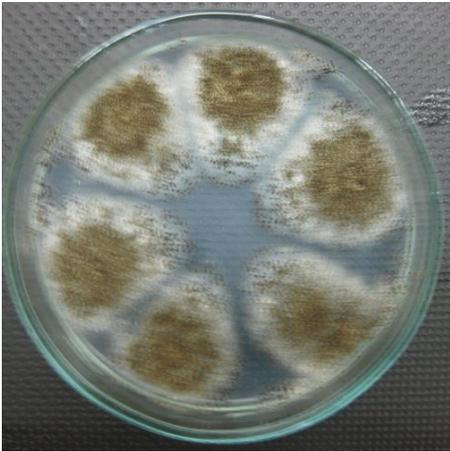


Рис. 1. Споровая масса на исходном образце



Рис. 2. Споровая масса на портландцементном камне

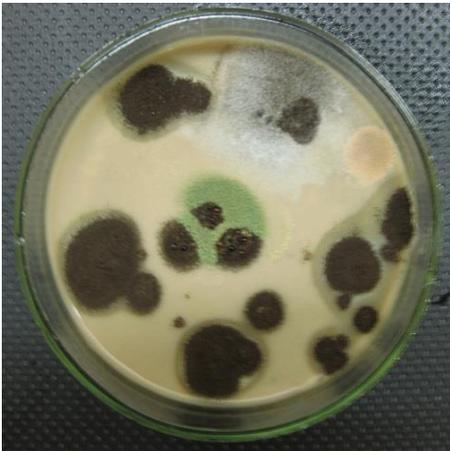


Рис. 3. Споровая масса на хризотилцементной пыли

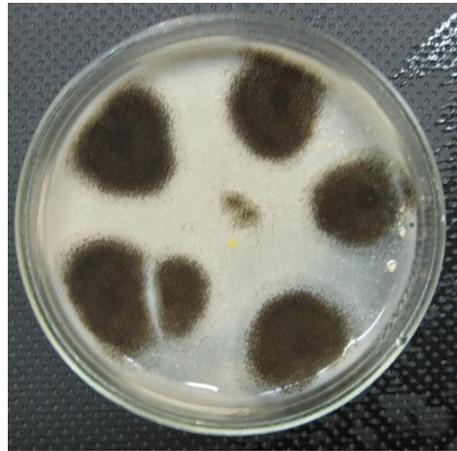


Рис. 4. Споровая масса на продуктах деструкции хризотилцемента



Рис. 5. Споровая масса на хризотиле

Отбор образцов для проведения просвечивающей электронной микроскопии

Для дальнейшего изучения структуры исследуемого объекта проводили отбор образцов товарного хризотила путем взятия средней пробы культуральной жидкости (1 мл) из колб, заложенных в предыдущем опыте: со средой Чапека – Докса, со средой Чапека – Докса под воздействием *A. niger*, со средой Чапека – Докса без серноокислого магния и средой Чапека – Докса без серноокислого магния под воздействием *A. niger*. Отбор проб осуществляли в стеклянные аналитические пробирки с резиновыми пробками для их транспортировки [21; 22].

Определение структуры хризотила посредством просвечивающей электронной микроскопии

Для исследования структуры образцов хризотила был использован просвечивающий электронный микроскоп с энергодисперсионной приставкой. ПЭМ-анализ использовали для определения элементного химического состава высокодисперсных частиц, в том числе трубчатых монокристаллов хризотила, а также сопутствующих минералов величиной от 25 нм, что соответствует примерно 250 атомам.

Исследования осуществляли в японском (трансмиссионном) просвечивающем электронном микроскопе JEM-100С (Япония) с устройством наклона объекта на $\pm 60^\circ$. Микроскоп оснащен энергодисперсионным спектрометром Kevech-5100 (США), позволяющем определять элементный состав объектов размером от 25 нм, гониометром и растровой приставкой ASID-4.

Просвечивающая электронная микроскопия позволяет проводить комплексное изучение минеральных объектов: получать с одного и того же микрокристалла размером в доли микрона его электронно-микроскопическое изображение и электронограммы, отображающие различные сечения обратной решетки. Энергодисперсионный спектрометр дает возможность получать характеристику качественного химического состава микрокристалла. Также возможен полуколичественный анализ тонких частиц [23].

Препараты для исследований приготавливали из водных суспензий изучаемых материалов. Способы приготовления препаратов и методы исследований описаны в энциклопедии неорганических материалов [24].

Электронно-микроскопические снимки исследуемых образцов (волокон исходного хризотила и подвергшихся действию *A. Niger*) представлены соответственно на рис. 6 и 7.

На рис. 7 явно видны следы воздействия плесневого гриба, поэтому представляет интерес исследования физико-химических свойств волокон хризотила, подвергшихся воздействию *A. niger*.

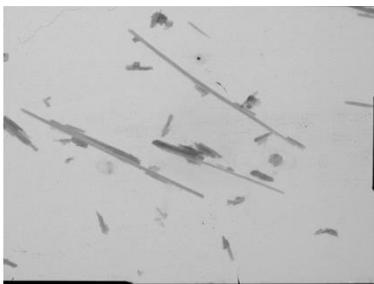


Рис. 6. Исходный образец

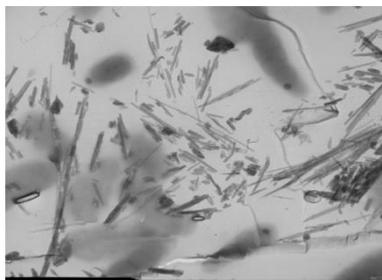


Рис. 7. Хризотил после воздействия плесневого гриба

Результаты и обсуждение

Анализ и обобщение литературных данных свидетельствуют о том, что на поверхности товарного хризотила всегда существуют микроорганизмы в неактивном состоянии. Их количественный состав зависит от многих факторов: технологического процесса добычи, технологического процесса изготовления изделий, соблюдения санитарных норм в процессе сборки, эксплуатации, хранения изделий, химического состава и физического состояния образцов и окружающей среды.

Сам хризотил не является питательной средой для микроорганизмов, однако при наличии органических загрязнителей может подвергаться обрастанию микроскопическими бактериями и грибами и служить для них источником питательных веществ. Изменение ионного состава среды сопровождается изменением рН растворов, и наличие органических загрязнителей вызывает либо активизацию деятельности микроорганизмов, либо ее угнетение. Как показал обзор литературы по данному вопросу, идеализированная модель товарного хризотила не совпадает с реальной. В структуре волокон могут встречаться примеси, состав которых и их количество зависят от множества факторов: места добычи сырья, способа добычи, технологического процесса обработки и изготовления конечного продукта. Компоненты товарного хризотила могут диффундировать в окружающую среду, либо быть безвредными для человека, либо оказывать канцерогенный эффект. Некоторые примеси значительно снижают качество готовой продукции и ухудшают ее эксплуатационные свойства.

Большинство исследований, направленных на изучение взаимоотношений между хризотилом и микроорганизмами, были построены с точки зрения отрицательного (коррозионного) воздействия биологических агентов на объект. Тем не менее, воздействие микроорганизмов на структуру хризотила можно рассматривать и с позитивной точки зрения. Результаты работы в дальнейшем можно будет использовать для выявления возможности использования биологических объектов в технологическом процессе распушивания волокон хризотила, его модификации, снижения канцерогенности и утилизации хризотилцементных материалов.

Как уже было сказано ранее, обрастание хризотила биологическими объектами возможно только при наличии органических загрязнителей на его поверхности. В качестве органических загрязнителей в данной работе нами были выбраны агаризованная среда Чапека и жидкая среда Чапека – Докса как наиболее целесообразные среды для культивирования микроскопических грибов родов *Aspergillus* P. Micheli ex Haller, 1768 и *Penicillium* Link, 1809.

В качестве биологического объекта выбран плесневый гриб *A. niger*. Анализ и обобщение литературных данных показал, что данному грибу присущ целый комплекс особенностей, делающих его наиболее подходящим для проведения данных исследований, а именно: мощный ферментный аппарат, высокое количество выделяемых в окружающую среду кислот, высокая энергия роста, широкая распространенность, высокая толерантность к факторам окружающей среды и простота в культивировании. Последние три особенности делают возможный процесс технологического применения *A. niger* экономически выгодным.

В первой серии экспериментов изучали влияние хризотила на рост *A. niger* при культивировании на твердых и жидких питательных средах. Нами выбраны твердая среда Чапека и жидкая среда Чапека – Докса, а также данные питательные среды без добавления сернокислого магния. Выдвинуто предположение, что наличие в питательной среде хризотила оказывает угнетающее воздействие на ростовые процессы гриба.

При культивировании *A. niger* на твердых (агаризованных) средах проводили учет линейного роста колоний. Полученные средние значения диаметра колоний представлены в табл. 2.

Таблица 2

Рост *Aspergillus niger* на агаризованных питательных средах с добавлением хризотила

Среда культивирования	Сутки				
	0	3	6	9	12
Среда Чапека	0.0	6.1	32.3	50.8	63.7
Среда Чапека с хризотилом	0.0	0.0	14.7	22.7	26.0
Среда Чапека без Mg	0.0	4.8	30.3	48.0	59.8
Среда Чапека без Mg с хризотилом	0.0	0.0	12.8	20.2	22.8

Среда Чапека является полноценной средой для выращивания грибов р. *Aspergillus*. В ходе данного опыта изучалось также влияние отсутствия Mg в составе питательной среды на рост *A. niger*. Как упомянуто выше, ионы магния могут диффундировать из товарного хризотила в окружающую среду и использоваться грибами в качестве питательного вещества.

Данные табл. 2 представлены в виде графика (рис. 8). Как видно, рост *A. niger* на средах, содержащих в своем составе хризотил, значительно снижен, что обусловлено природной грибостойкостью волокон хризотила. Рост мицелия от

края инокулюма (агарового блока) на среде Чапека без добавления хризотила проявляется на 1–2-е сут. с момента посева. Наиболее интенсивные ростовые процессы колоний *A. niger* протекают в промежутке между 3-ми и 12-ми сут. Начало роста мицелия гриба на среде Чапека с добавлением хризотила приходится на 3–5-е сут. с момента посева. Динамика роста колоний снижается более чем в два раза по сравнению с культивированием на обычной среде Чапека. Помимо угнетения ростовых процессов гриба, наличие в составе среды хризотила вызывает интенсификацию процессов спороношения, что обусловливается стратегией роста *A. niger* в экстремальных условиях. Таким образом, наше предположение касательно воздействия товарного хризотила на рост гриба оказалось верным.

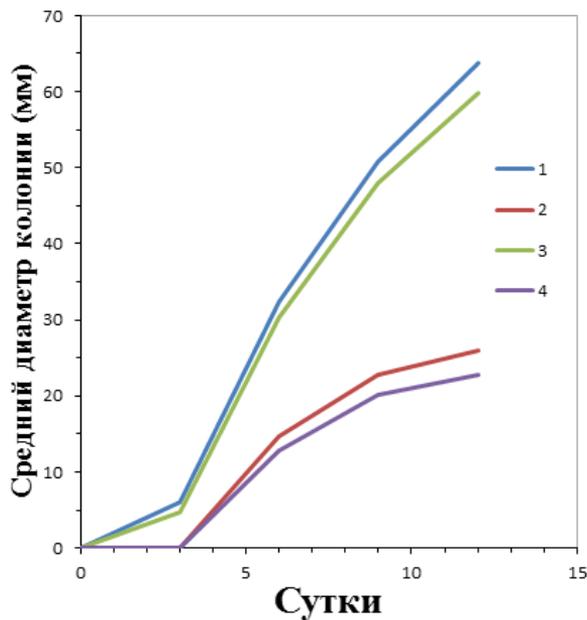


Рис. 8. Рост *Aspergillus niger* на агаризованных питательных средах.
 1 – среда Чапека; 2 – среда Чапека с хризотилом; 3 – среда Чапека без Mg;
 4 – среда Чапека без Mg с хризотилом

Отсутствие в среде культивирования магния, как видно из рис. 8, оказывает незначительное воздействие на процессы роста *A. niger*, которое проявляется в слабо заметном снижении скорости расширения колонии.

Уровень распространения мицелия на плотной среде не всегда является показателем роста, т. е. увеличения биомассы гриба. Определение линейного роста малопригодно для изучения использования грибом различных компонентов питательной среды, так как значительное распространение мицелия по поверхности субстрата может иметь место на малопитательных средах. В связи с этим параллельно с культивированием *A. niger* на твердых средах было проведено

его культивирование на жидких средах по аналогичной схеме с определением биомассы сухого мицелия.

Полученные средние значения биомассы *A. niger* представлены в табл. 3. Данные табл. 3 представлены в виде графика (рис. 9).

Таблица 3

Накопление биомассы *Aspergillus niger* на жидких средах с добавлением хризотила

Среда культивирования	Сутки		
	6	9	12
Среда Чапека – Докса	46.0	131.2	145.1
Среда Чапека – Докса с хризотилом	59.0	127.5	192.3
Среда Чапека – Докса без Mg	96.9	134.5	174.6
Среда Чапека – Докса без Mg с хризотилом	43.1	93.6	171.1

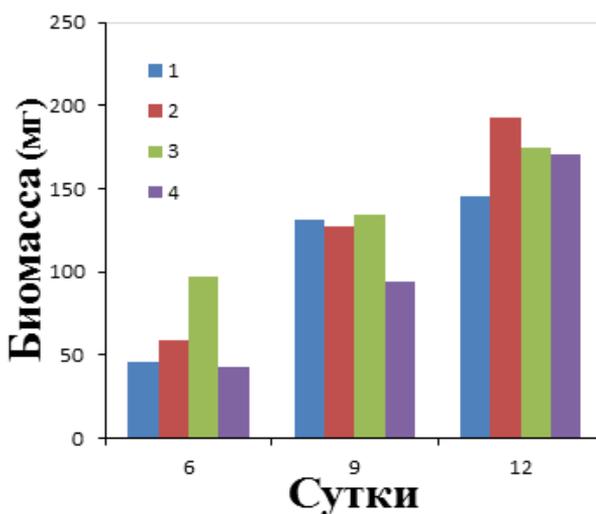


Рис. 9. Накопление биомассы *Aspergillus niger* на жидких питательных средах.

1 – среда Чапека – Докса; 2 – среда Чапека – Докса с хризотилом; 3 – среда Чапека – Докса без Mg; 4 – среда Чапека – Докса без Mg с хризотилом

При культивировании *A. niger* на среде Чапека – Докса наиболее интенсивно процесс накопления биомассы протекал на 6–9 сут. с момента посева (рис. 9). К 12-м сут. интенсивность накопления биомассы заметно снижалась. При культивировании на среде Чапека – Докса с добавлением хризотила накопление биомассы превышало данный показатель в контроле на 6-е и 12-е сут. Такое явление можно объяснить интенсификацией процессов колонизации субстрата в неблагоприятных условиях. При культивировании *A. niger* на среде Чапека – Докса без магния происходило линейное увеличение накопления биомассы. В отличие от культивирования на полноценной среде Чапека – Докса на 6-е сут. грибок обладал удвоенной энергией роста, а на 12-е сут. после посева процесса

снижения накопления биомассы не наблюдалось. При культивировании гриба на среде Чапека – Докса без магния с добавлением хризотила накопление биомассы осуществлялось линейно с постепенным ее увеличением. На 12-е сут. накопление биомассы *A. niger* сравнялось с подобным параметром при культивировании на аналогичной среде без добавления хризотила.

Список литературы

1. Берней И. И. Технология асбестоцементных изделий. М.: Высшая школа, 1977. 230 с.
2. Jagoddsinski H., Kunze G. Die Rollchenstruktur der Chrizofils // *Neuer Jahrb. Min. Monatsh.* 1954. Pp. 95–108, 113–130, 137–150.
3. Перлин В. Д. Структура, свойство и применение хризотил-асбеста в асбестоцементной промышленности // *Итоги науки и техники. Сер. Неметаллические полезные ископаемые.* 1973. Т. 2. С. 74–127.
4. Whitaker E. J. W. The structure of chrysofile // *Acta Cryst.* 1957. Vol. 10. Pp. 149–156.
5. Отоума Т., Такэ С. Химический состав хризотил-асбеста // *Нендо кагаку.* 1974. Т. 14. № 4. С. 116–126. Перевод № 15397/2 (Харьков, 1979).
6. Башта К. Г. Условия формирования жил и месторождений хризотил-асбеста // *Геология и разработка месторождений хризотил-асбеста. Асбест.* 1982. С. 14–35.
7. Андреюк Е. И., Билай В. И., Коваль Э. З., Козлова И. А. Микробная коррозия и ее возбудители. Киев: Наук. думка, 1980. 287 с.
8. Горленко М. В. Некоторые биологические аспекты биодеструкции материалов и изделий // *Биоповреждения в строительстве.* М., 1984. С. 9–17.
9. Кондратюк Т. А., Коваль Э. З., Рой А. А. Поражение микроорганизмами различных конструкционных материалов // *Микробиол. журн.* 1986. Т. 48. № 5. С. 57–60.
10. Каравайко Г. И. Биоразрушение. М.: Наука, 1976. 50 с.
11. Злочевская И. В. Биоповреждения каменных строительных материалов микроорганизмами и низшими растениями в атмосферных условиях // *Биоповреждения в строительстве.* М., 1984. С. 257–271.
12. Инсодене Ф. В., Лугаускас А. Ю. Ферментативная активность микромицетов как характерный признак вида // *Проблемы идентификации микроскопических грибов и других микроорганизмов.* Вильнюс, 1987. С. 43–46.
13. Никольская О. О., Дегтярь Р. Г., Синявская О. Я., Латишко Н. В. Сравнительная характеристика образования свойств каталазы и глюкозооксидазы некоторых видов рода *Penicillium* // *Микробиологический журнал.* 1975. Т. 37. № 2. С. 169–176.
14. Лугаускас А. Ю., Левинскайте Л. И., Лукшайте Д. И. Поражение полимерных материалов микромицетами // *Пластические массы.* 1991. № 2. С. 24–28.
15. Hueck H. J. The biodeterioration of materials – an appraisal // *Proceedings of the 1st International Biodeterioration Symposium.* Amsterdam etc.: Elsevier Publ. Co. Ltd., 1968. Pp. 6–12.
16. Золоев К. К., Попов Б. А. Баженовское месторождение хризотил-асбеста. М.: Недра, 1985. 252 с.
17. ГОСТ 9.048-89. Unified system of corrosion and ageing protection. Technical items. Methods of laboratory tests for mould resistance.

18. Миронова С. Н., Малама А. А., Филимонова Т. В. и др. Кинетика роста микроскопических грибов на поверхности полимерных материалов // *Докл. АН БССР*. 1985. Т. 29. № 6. С. 558–560.
19. Матеюнайте О. М. Физиологические особенности микромицетов при их развитии на полимерных материалах // *Антропогенная экология микромицетов, аспекты математического моделирования и охраны окружающей среды : тез. докл. конф.* Киев, 1990. С. 37–38.
20. Окунев О. Н., Билай Т. И., Мусич Е. Г., Головлев Е. Л. Образование целлюлаз плесневыми грибами при росте на целлюлозосодержащих субстратах // *Приклад. биохимия и микробиология*. 1981. Т. 17. Вып. 3. С. 408–414.
21. Брегг У. Л., Кларинбулл Г. Ф. Кристаллическая структура минералов. М.: Мир, 1967. 390 с.
22. Whitaker E. J. W. The structure of chrysofile // *Acta Cryst.* 1956. Vol. 9. Pp. 855–867.
23. Whitaker E. J. W. Diffraction contrast in electron microscope of chrysotile // *Act. Cryst.* 1966. Vol. 21. Pp. 461–466.
24. Энциклопедия неорганических материалов / ред. коллегия: И. М. Федорченко (отв. ред.) и др. Киев: Укр. сов. энциклопедия, 1977. Т. 2 822 с.

References

1. Bernej I. I. *Tekhnologiya asbestocementnyh izdelij* [Technology of asbestos-cement products]. Moscow: Vysshaya shkola, 1977. 230 p. (In Russ.)
2. Jagoddsinski H., Kunze G. Die Rollchenstruktur der Chrifofils. *Neuer Jahrb. Min. Monatsh.* 1954. Pp. 95–108, 113–130, 137–150.
3. Perlin V. D. Structure, property and application of chrysotile asbestos in the asbestos-cement industry. *Itogi nauki i tekhniki. Ser. Nemetallicheskie poleznye iskopaemye* [Results of Science and Technology. Ser. Non-metallic minerals], 1973. Vol. 2. Pp. 74–127. (In Russ.)
4. Whitaker E. J. W. The structure of chrysofile. *Acta Cryst.* 1957. Vol. 10. Pp. 149–156.
5. Otouma T., Take S. Himicheskij sostav hrizotil-asbesta [The chemical composition of chrysotile asbestos]. *Nendo kagaku*, 1974. Vol. 14. No 4. Pp. 116–126. Perevod No 15397/2 (Har'kov, 1979). (In Russ.)
6. Bashta K. G. Usloviya formirovaniya zhil i mestorozhdenij hrizotil-asbesta // *Geologiya i razrabotka mestorozhdenij hrizotil-asbesta*. Asbest. 1982. P. 14–35. (In Russian).
7. Andreyuk E. I., Bilaj V. I., Koval' E. Z., Kozlova I. A. *Mikrobnaya korroziya i ee vzbuditeli* [Microbial corrosion and its causative agents]. Kiev: Nauk. dumka, 1980. 287 p. (In Russ.)
8. Gorlenko M. V Some biological aspects of biodegradation of materials and products. *Biopovrezhdeniya v stroitel'stve* [Biological damage in construction]. Moscow, 1984. Pp. 9–17. (In Russ.)
9. Kondratyuk T. A., Koval' E. Z., Roj A. The defeat of various structural materials by microorganisms. *Mikrobiol. Zhurnal* [Microbiological journal], 1986. Vol. 48. No 5. Pp. 57–60. (In Russ.)
10. Karavajko G. I. *Biorazrushenie* [Biodegradation]. M.: Nauka, 1976. 50 p. (In Russ.)
11. Zlochevskaya I. V. Biodamage of stone building materials by microorganisms and lower plants in atmospheric conditions. *Biopovrezhdeniya v stroitel'stve* [Biodamage in construction]. Moscow, 1984. Pp. 257–271. (In Russ.)

12. Insodene F. V., Lugauskas A. Yu. Enzymatic activity of micromycetes as a characteristic feature of the species. *Problemy identifikacii mikroskopicheskikh gribov i drugih mikroorganizmov* [Problems of identification of microscopic fungi and other microorganisms]. Vil'nyus, 1987. Pp. 43–46. (In Russ.)
13. Nikol'skaya O. O., Degtyar' R. G., Sinyavskaya O. YA., Latishko N. V. Comparative characteristics of the formation of the properties of catalases and glucose oxidase of some species of the genus *Renicillium*. *Mikrobiologicheskij zhurnal* [Microbiological journal], 1975. Vol. 37. No 2. Pp. 169–176. (In Russ.)
14. Lugauskas A. YU., Levinskajte L. I., Lukshajte D. I. The defeat of polymer materials by micromycetes. *Plasticheskie massy* [Plastic mass], 1991. No 2. Pp. 24–28. (In Russ.)
15. Hueck H. J. The biodeterioration of materials – an appraisal. *Proceedings of the 1st International Biodeterioration Symposium*. Amsterdam etc.: Elsevier Publ. Co. Ltd., 1968. Pp. 6–12.
16. Zoloev K. K., Popov B. A. *Bazhenovskoe mestorozhdenie hrizotil-asbesta* [Bazhenovskoye chrysotile-asbestos deposit]. Moscow: Nedra, 1985. 252 p. (In Russ.)
17. *GOST 9.048-89. Unified system of corrosion and ageing protection. Technical items. Methods of laboratory tests for mould resistance.*
18. Mironova S. N., Malama A. A., Filimonova T. V. i dr. Kinetics of growth of microscopic fungi on the surface of polymeric materials. *Dokl. AN BSSR*. 1985. Vol. 29. No 6. Pp. 558–560. (In Russ.)
19. Mateyunajte O. M. Physiological features of micromycetes during their development on polymer materials. *Antropogennaya ekologiya mikromicetov, aspekty matematicheskogo modelirovaniya i ohrany okruzhayushchej sredy. Tez. dokl. konf* [Anthropogenic ecology of micromycetes, aspects of mathematical modeling and environmental protection: abstracts. report conf.]. Kiev, 1990. Pp. 37–38. (In Russ.)
20. Okunev O. N., Bilaj T. I., Musich E. G., Golovlev E. L. Formation of cellulases by molds during growth on cellulose-containing substrates. *Priklad. biohimiya i mikrobiologiya* [Priklad. biochemistry and microbiology], 1981. Vol. 17. Iss. 3. Pp. 408–414. (In Russ.)
21. Bregg U. L., Klarinbull G. F. *Kristallicheskaya struktura mineralov* [Crystal structure of minerals]. Moscow: Mir, 1967. 390 p. (In Russ.)
22. Whitaker E. J. W. The structure of chrysofile. *Acta Cryst.* 1956. Vol. 9. Pp. 855–867.
23. Whitaker E. J. W. Diffraction contrast in electron microscope of chrysotile. *Act. Cryst.* 1966. Vol. 21. Pp. 461–466.
24. *Enciklopediya neorganicheskikh materialov / Red. kollegiya: Fedorchenko I. M. (otv. red.) i dr* [Encyclopedia of inorganic materials], Kiev: Ukr. sov. enciklopediya, 1977. Vol. 2 822 p. (In Russ.)

ПАРАЗИТОФАУНА САЗАНА ИЗ ДАХАНАСОЙСКОГО ВОДОХРАНИЛИЩА И НЕРЕСТОВО–ВЫРОСТНОГО ХОЗЯЙСТВА НА ТАДЖИКСКОМ МОРЕ

*PARASITOFAUNA OF CARP FROM THE DAHANASOY RESERVOIR AND
SPAWNING-GROWING FARM ON THE TAJIK SEA*

**С. Б. Каримов, Г. Н. Доровских, М. Б. Холбутаева,
М. А. Самеев, Н. З. Охунова**

*S. B. Karimov, G. N. Dorovskikh, M. B. Kholbutaeva,
M. A. Sameev, N. Z. Okhunova*

Изучена паразитофауна сазана из двух водохранилищ на территории Таджикистана с целью выявления у него потенциально опасных видов инвадентов для разработки профилактических мероприятий по предотвращению вспышек заболеваний и гибели рыбы.

The parasitofauna of carp from two reservoirs on the territory of Tajikistan was studied in order to identify potentially dangerous species of invaders in it for the development of preventive measures to prevent outbreaks of diseases and fish deaths.

Ключевые слова: *Таджикистан, Cyprinus carpio, сазан, карп, паразитофауна, паразит, Даханасойское водохранилище, водохранилище Бахри Точик.*

Keywords: *Tajikistan, Cyprinus carpio, carp, parasitofauna, parasite, Dahanasoy reservoir, Bahri Tochik reservoir.*

Введение

Среди стран центральной Азии Таджикистан является лидером по объему водных ресурсов, а количество рек и озер на его территории больше, чем у многих государств мира. В 2010–2018 гг. в Республике выращивали по 300–500 т столовой рыбы в год. В советские годы ее производство доходило до 4000 т в год. Потенциальная мощность страны в производстве рыбы составляет 50000 т. В водоемах Таджикистана обитает около 65 видов рыб, из них в рыбных хозяйствах выращивают 10 видов, в том числе сазана или обыкновенного карпа (*Cyprinus carpio* Linnaeus, 1758) [1], важнейшего объекта рыбоводства и рыболовства [2].

В 2009–2015 гг. в Таджикистане реализовали Программу развития рыбоводства, благодаря которой в стране появились дехканские фермерские рыбные хозяйства, в том числе на Даханасойском водохранилище (GPS: 39°54'12" с.ш., 69°08'42" в.д.) [3].

Даханасойское водохранилище (тадж. Обанбори Даханасой) – одно из крупнейших водохранилищ в Таджикистане. Расположено на р. Даханасой, в Муджунском джамоате р-на Деваштич Согдийской обл., к востоку от Истаравшана, к югу от Ганчи и Янгиарыка и к северо-востоку от с. Муджум, в северной макроэкспозиции Туркестанского хребта, у выхода из Янгиарикского ущелья. Площадь водохранилища – 2.81 км², объем – 28 млн м³, наибольшая ширина – 0.7 км, глубина – более 60 м. Плотина построена в 1982 г. На юго-восточном берегу расположено с. Мангит, на южном – с. Уртакургон и с. Кенагаз [4]. Грунт водохранилища – в основном иловые отложения, в прибрежье отмечаются илисто-каменистые грунты. Прозрачность воды – 0.2–0.6 м, температура – 22.5–23.5⁰С. Количество растворенного в воде кислорода – 15–19 мг О₂/л, минерализация – 300–400 мг/л. Выявлено 132 вида и разновидностей низших растений, преобладают диатомовые водоросли. Водоохранилище по составу и продуктивности фитопланктона относят к олиготрофным водоемам с тенденцией к мезотрофии [5]. Ихтиофауна Даханасойского водохранилища сформировалась из аборигенного вида – маринка (рис. 1) (*Schizothorax intermedius* Heckel, 1838) [6], а также за счет вселенцев, как специально завезенных, так и иммигрировавших из других водоемов и нерестово-выростных хозяйств.



Рис. 1. Маринка *Schizothorax intermedius* Heckel, 1838 [6]



Рис. 2. Сазан *Cyprinus carpio* Linnaeus, 1758 [10].

В Даханасойское водохранилище в 2017 г. было выпущено 300 тыс. шт. сеголеток сазана, выращенных в нерестово-выростном хозяйстве, построенном на левом берегу водохранилища Бахри Точик, или Таджикское Море (тадж. Бахри Точик; до 2016 г. Кайраккумское водохранилище). Последний водоем находится в Согдийской области Таджикистана и Ферганской области Узбекистана (небольшой участок на востоке). Кайраккумское водохранилище образовано плотиной и ГЭС, возведёнными для регулирования стока р. Сырдарья. Заполнение водохранилища водой началось еще в 1950 г. [7; 8].

Цель работы – изучение паразитофауны сазана из двух водохранилищ и выявление у него потенциально опасных видов инвадентов для разработки

профилактических мероприятий по предотвращению вспышек заболеваний и гибели рыбы.

Материал и методы

В 2017 г. на наличие паразитов методом полного паразитологического вскрытия по В. А. Догелю [9] исследованы 35 и 37 экз. годовиков сазана (рис. 2) соответственно из нерестово-выростного хозяйства на водохранилище Бахри Точик и Даханасойского водохранилища [10; 9]. Инвазированность рыбы паразитами в первом водоеме составила 51.7 %, во втором – 66.7 %.

Результаты и обсуждение

Всего у сазана из двух водоемов обнаружили 15 видов паразитов (см. табл.). В целом набор инвадентов достаточно типичен для этого вида хозяина. Общими для сазана из обоих водохранилищ оказались четыре вида паразитов: *Mухobolus cyprinicola* Reuss, 1906; *Dactylogyrus vastator* Nybelin, 1924; *D. extensus* Mueller et Van Cleave, 1932 и *D. anchoratus* (Dujardin, 1845). Три из них – это черви с прямым циклом развития, в отношении *M. cyprinicola* что-то определенное сказать сложно. До 1980-х гг. простой характер жизненного цикла миксоспоридий не подвергался сомнению [11; 12]. Позже выяснилось, что, по крайней мере, некоторые миксоспоридии развиваются при участии олигохет [13]. Обзор литературы по изучению жизненного цикла миксоспоридий позволяет заключить, что более 30 их видов развивается в пресноводных олигохетах сем. *Naididae* Ehrenberg, 1828 (син. *Tubificidae* Vejdovský, 1876 и *Branchinaididae* Czerniavsky, 1881), полихетах *Polychaeta* Grube, 1850 и мшанках *Ectoprocta* (Nitsche, 1869) (син. *Bryozoa* Ehrenberg, 1831) [14–19].

Таблица

Паразитофауна годовиков *Cyprinus carpio* из нерестово-выростного хозяйства на водохранилище Бахри Точик и Даханасойского водохранилища

Вид паразита	Водохранилище Бахри Точик			Даханасойское водохранилище		
	ЭИ, %	ИИ, экз.	ИО, экз.	ЭИ, %	ИИ, экз.	ИО, экз.
<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>	<i>4</i>	<i>5</i>	<i>6</i>	<i>7</i>
<i>Mухobolus cyprinicola</i> Reuss, 1906	2.7	единич.	единич.	13.3	единич.	единич.
<i>Ichthyophthirius multifiliis</i> Fouquet, 1876	–	–	–	6.6	единич.	единич.
<i>Trichodinella epizootica</i> (Raabe, 1950)	–	–	–	13.3	единич.	единич.
<i>Dactylogyrus vastator</i> Nybelin, 1924	5.4	2–3	0.1	3.3	2	0.06

Окончание табл.

1	2	3	4	5	6	7
<i>D. achmerowi</i> Gussev, 1955	–	–	–	6.6	2–4	0.2
<i>D. extensus</i> Mueller et Van Cleave, 1932	29.4	2–14	2.2	56.6	2–34	5.8
<i>D. minutus</i> Kulwiec, 1927	–	–	–	6.6	2–10	0.4
<i>D. anchoratus</i> (Dujardin, 1845)	27.0	2–26	2.9	10.0	4	0.4
<i>Gyrodactylus medius</i> Kathariner, 1893	2.7	2	0.05	–	–	–
<i>Eudiplozoon nipponicum</i> (Goto, 1891) Khotenovsky, 1985	–	–	–	10.0	2	0.2
<i>Caryophyllaeus fimbriceps</i> Annenkova-Chlopina, 1919	–	–	–	3.3	1	0.03
<i>Bothriocephalus acheilognathi</i> Yamaguti, 1934	16.2	1–3	0.24	–	–	–
<i>Diplostomum spathaceum</i> (Rudolphi, 1819) mc	13.5	1–2	0.18	–	–	–
<i>Capillaria tomentosa</i> Dujardin, 1843	–	–	–	3.2	3	0.1
<i>Pomphorynchus laevis</i> (Müller, 1776)	–	–	–	3.3	3	0.1

Примечание. ЭИ – экстенсивность инвазии (процент пораженных конкретным видом паразита рыб, вскрытых в ходе работы); ИИ – интенсивность инвазии (минимальное и максимальное число экземпляров конкретного вида паразита, найденное у исследованных рыб); ИО – индекс обилия (среднее число паразитов конкретного вида, приходящихся на одну исследованную рыбу).

Среди названных паразитов сазана отмечены потенциально патогенные виды, такие как *D. vastator* и *D. anchoratus*. Первый способен вызывать массовый падеж молоди разводимых рыб, второй также может быть причиной гибели рыбы, но при интенсивности заражения в несколько сотен червей на особь хозяина [20].

Опасным для карповых хозяйств паразитом является *D. extensus* Mueller et Van Cleave, 1932, вызывающий отход сеголетков, а также гибель отдельных экземпляров старших возрастов карпа [21]. Однако значительного ущерба, как правило, не наблюдается [22].

В небольшом числе обнаружен *Ichthyophthirius multifiliis* Fouquet, 1876, крупное реснитчатое простейшее, вызывающее «ихтиофтириоз», или «болезнь белых пятен» (син. «белая точка», «манка»). Это заболевание является серьезной проблемой рыбоводных хозяйств во всем мире. Все виды пресноводных рыб считаются восприимчивыми к этому паразиту, имеющему прямой жизненный цикл. Болезнь очень заразна и быстро распространяется от одной особи к другой. Экземпляры, пережившие это заболевание, являются потенциальными резервуарами паразита и могут стать причиной заражения других особей. Наиболее патогенен паразит для молоди, однако нередки случаи гибели и производителей. Зараженную рыбу из-за взрывной скорости размножения

ихтиофтириуса следует лечить немедленно. Тщательное проведение карантинных мероприятий и многократное лечение в случае возникновения вспышек болезни позволяет свести к минимуму экономические потери от этого паразита. Тяжелые эпизоотии чаще отмечаются в хозяйствах, где ранее заболевание не отмечалось [22; 23].

Интенсивное заражение *Trichodinella epizootica* (Raabe, 1950) наряду с другими паразитами в условиях прудовых хозяйств может явиться причиной заболевания и гибели молоди рыб вследствие деструктивных изменений в жаберном аппарате [22; 24].

Интересна находка *Eudiplozoon nipponicum* (Goto, 1891) Khotenovsky, 1985, который, как считали, является паразитом *C. carpio* и рыб р. *Carassius* Nilsson, 1832 [25]. Однако недавно показали, что он является специфичным паразитом сазана [26].

У сазана из Даханасойского водохранилища отмечен гвоздичник *Caryophyllaeus fimbriceps* Annenkova-Chlopina, 1919, способный вызывать гибель молоди рыб [27]. Цикл развития червя протекает с участием олигохет родов *Tubifex* Lamarck, 1816, *Psammoryctes* Hrabě, 1964 и *Limnodrillus* Claparède, 1862 [28].

Bothriocephalus acheilognathi Yamaguti, 1934, обнаруженный у сазана из нерестово-выростного хозяйства на водохранилище Бахри Точик, отмечен у более чем 300 видов пресноводных рыб, но чаще встречается у сазана и карпа, вызывая серьезные проблемы у рыбоводов при их разведении [29; 30]. Паразит в большей степени поражает мелкую (10–29 мм) рыбу [31].

Жизненный цикл *B. acheilognathi* протекает с участием промежуточного хозяина – веслоногих рачков из сем. *Cyclopidae* Dana, 1846 родов *Cyclops* Müller, 1785; *Acanthocyclops* Kiefer, 1927; *Macrocyclops* Claus, 1893; *Megacyclops* Kiefer, 1927; *Mesocyclops* G. O. Sars, 1914; *Thermocyclops* Kiefer, 1927; *Tropocyclops* Kiefer, 1927 [31] и др. [20]. В циклопах развивается процеркоид. После того как рыба проглотит зараженного рачка, процеркоид переходит в стадию плероцеркоида и прикрепляется к стенке кишечника хозяина, где в течение 21–25 суток превращается во взрослого паразита. В месте прикрепления паразита развивается тяжелый катарально-геморрагический энтерит с пролиферацией периферической соединительной ткани и истончением стенки кишечника. При ботриоцефалезе может наблюдаться интоксикация организма хозяина, сопровождающаяся дегенеративными процессами во внутренних органах рыбы [20; 30; 32].

Diplostomum spathaceum (Rudolphi, 1819) на стадии метацеркарии поселяется в хрусталике глаза рыбы, вызывая паразитарную катаракту. При значительной интенсивности инвазии наблюдается помутнение хрусталика хозяина, а затем и формирование бельма. Окончательным хозяином паразита служат рыбоядные птицы, чаще чайковые, реже рыбоядные утки. Первые промежуточные хозяева у *D. spathaceum* – брюхоногие моллюски (рис. 3) из сем. Прудовики (*Lymnaeidae* Rafinesque, 1815) [22; 27].



Рис. 3. Моллюски из сем. *Lymnaeidae* Rafinesque, 1815 [33]

Другой формой этого заболевания прудовых рыб является церкариозный диплостомоз, возникающий в момент внедрения церкариев в рыбу. Обычно церкариозный диплостомоз отмечается у молоди рыб [20].

Capillaria tomentosa Dujardin, 1843 – паразит карповых. Заражение рыбы может осуществляться как при поедании пресноводных олигохет сем. *Naididae*, так и прямым путем.

Черви могут вызывать заболевание рыбы, повреждая слизистую кишечника хозяина [27].

Pomphorhynchus laevis (Müller, 1776) при сильном заражении вызывает болезнь рыбы, внедряясь мощным хоботком глубоко в стенку ее кишечника, иногда проникает в печень или другие внутренние органы рыбы [27; 35]. Инвазирование скребнем происходит при поедании рыбой бокоплавов (рис. 4), выполняющих роль промежуточного хозяина. В Средней Азии это *Gammarus pulex* (Linnaeus, 1758) (син. *Cancer pulex* Linnaeus, 1758; *Rivulogammarus pulex* (Nybelin, 1924)) и *Gammarus asiaticus* Bir. (Martynov, 1935) [36–38]. Паразит изменяет поведение рачка и способствует тому, чтобы как можно успешнее, по достижении инвазионности, попасть в рыбу [37]. Мелкие карповые рыбы служат резервуарными хозяевами, в которых личинки скребня инкапсулируются в печени и полости тела [22].

Остальные паразиты, такие как *D. achmerowi* Gussev, 1955, *D. minutus* Kulwies, 1927 и *Gyrodactylus medius* Kathariner, 1893, пока не зарегистрированы в качестве возбудителей заболеваний рыбы [21].

Итак, отмеченные у исследованных экземпляров сазана потенциально опасные виды паразитов имеют на момент проведения работ низкую численность, не вызывая отрицательного влияния на организм хозяина. Однако, учитывая географическое положение водоемов и наличие инвазионного начала в них, следует строго соблюдать график профилактических и противоэпизоотических мероприятий, чтобы избежать заболеваний и гибели рыбы.



Рис. 4. *Gammarus pulex* (Linnaeus, 1758) [34]

Поскольку сазан – это лимнофил и фитофил, нерест которого протекает в прибрежных зарослях мягкой водной растительности [39], питание осуществляется главным образом бентическими беспозвоночными, а в заросших водоемах и растительными объектами [2; 40], то налицо почти все условия, способствующие возникновению эпизоотии [41]. Действительно, в исследованных водоемах наличествуют возбудители заболеваний, имеется восприимчивый хозяин и недостает пока только располагающей к заболеванию стрессовой ситуации. Проведение всех необходимых профилактических и противоэпизоотических мероприятий и требуется для недопущения последней.

Список литературы

1. Какие рыбы водятся в реках Таджикистана. URL: <https://fat-control.ru/kakiye-ryby-vodyatsya-v-rekakh-tadzhikistana/> (дата обращения: 07.10.2021).
2. Никольский Г. В. Частная ихтиология. М.: Высшая школа, 1971. 472 с.
3. Почему в Таджикистане такая дорогая рыба, что мешает развитию рыбного хозяйства? // *fishretail.ru*. URL: <https://fishretail.ru/news/pochemu-v-tadgikistane-takaya-dorogaya-riba-377254> (дата обращения: 07.10.2021).
4. Даханасойское водохранилище. URL: [https://ru.wikipedia.org/wiki/Даханасойское_водохранилище#:~:text=Даханасойское%20водохранилище%20\(тадж.%20Обанбори%20Даханасой\),-%20села%20Уртакургон%20и%20Кенагаз](https://ru.wikipedia.org/wiki/Даханасойское_водохранилище#:~:text=Даханасойское%20водохранилище%20(тадж.%20Обанбори%20Даханасой),-%20села%20Уртакургон%20и%20Кенагаз) (дата обращения: 07.10.2021).
5. Андриевская С. А., Шмелева Г. А. Фитопланктон малых водохранилищ Северного Таджикистана // *ДАН ТаджССР*. 1985. Т. 28. № 11. С. 670–674.
6. Маринка рыба фото. URL: https://yandex.ru/images/search?pos=14&img_url=https%3A%2F%2Fic.pics.livejournal.com%2Fgonza03%2F13315243%2F3710%2F3710_800.jpg&text=маринка%20рыба%20фото&lr=19&rpt=simage&source=wiz (дата обращения: 09.10.2021).
7. Таджикское Море. URL: [https://ru.wikipedia.org/wiki/Таджикское_Море#:~:text=Таджикское%20Море%20\(тадж.%20Бахри%20Тоҷик%3B,водой%20началось%20в%201950%20году](https://ru.wikipedia.org/wiki/Таджикское_Море#:~:text=Таджикское%20Море%20(тадж.%20Бахри%20Тоҷик%3B,водой%20началось%20в%201950%20году) (дата обращения: 08.10.2021).

8. Абдушукуров Д. А., Азимов Ш. Ш., Джураев А. А., Петухов В. Н. Состояние Кайраккумского водохранилища // *Вестник Таджикского национального университета. Серия естественных наук*. Душанбе: Сино, 2016. Т. 1. № 192. С. 218–223.
9. Быховская-Павловская И. Е. Паразиты рыб. Руководство по изучению. Л.: Наука, 1985. 121 с.
10. Сазан в водоемах Таджикистана. URL: https://yandex.ru/images/search?text=сазан%20в%20водоемах%20таджикистана&stypе=image&lr=19&source=wiz&p=4&pos=199&rpt=simage&img_url=https%3A%2F%2Fkrasivosti.pro%2Fuploads%2Fposts%2F2021-04%2F1618452779_53-krasivosti_pro-p-karp-malenkii-ribi-krasivo-foto-58.jpg (дата обращения: 09.10.2021).
11. Шульман С. С. Микроспоридий фауны СССР. Л.: Наука, 1966. 504 с.
12. Успенская А. В. Цитология микроспоридий. Л.: Наука, 1984. 112 с.
13. Wolf K., Markiw M. E. Biology contravenes taxonomy in the Muxozoa: new discoveries show alternation of the invertebrate and vertebrate hosts // *Science*. 1984. Vol. 225(4669). Pp. 1449–1452. DOI: 10.1126/science.225.4669.1449.
14. Пугачев О. Н. Каталог паразитов пресноводных рыб Северной Азии. Простейшие. СПб.: Зоол. ин-т РАН, 2001. 242 с.
15. Lom J., Dykova I. Muxozoa genera: definition and notes on taxonomy, life-cycle terminology and pathogenic species // *Folia Parasitologica*. 2006. Vol. 53. Is. 1. Pp. 1–36. PMID: 16696428.
16. Пугачев О. Н., Подлипаев С. А. Тип Мухозоа Grassé, 1970 – Миксозоа // *Протисты: Руководство по зоологии*. СПб.: Наука, 2007. Ч. 2. С. 1045–1082.
17. Воронин В. Н., Дудин А. С. Особенности изучения актиноспоридий // *Проблемы иктиопаразитологии в начале XXI века (к 80-летию создания лаборатории болезней рыб ФГНУ «ГосНИОРХ») : сб. науч. тр. ФГНУ «ГосНИОРХ»*. СПб.: Изд-во ФГНУ «ГосНИОРХ», 2009. Вып. 338. С. 26–30.
18. Дудин А. С. Современное состояние изученности жизненных циклов представителей типа Мухозоа // *Паразитология*. 2010. Т. 44. Вып. 3. С. 262–273.
19. Воронин В. Н., Дудин А. С. О методиках изучения актиноспорейной фазы развития микроспоридий // *Паразитология*. 2012. Т. 46. Вып. 6. С. 493–499.
20. Бауер О. Н., Мусселиус В. А., Стрелков Ю. А. Болезни прудовых рыб. М.: Легкая и пищевая промышленность, 1981. 319 с.
21. Определитель паразитов пресноводных рыб фауны СССР. Л.: Наука, 1985. Т. 2. 425 с.
22. Головина Н. А., Стрелков Ю. А., Воронин В. Н. и др. Иктиопатология. М.: Мир, 2003. 448 с.
23. Ruth Francis-Floyd, Roy Yanong, Deborah Pouder. Chapter 4. *Ichthyophthirius multifiliis* (white spot) infections in fish // *Fish Parasites: Pathobiology and Protection* / Edited by Patrick T. K. Woo, Kurt Buchmann / CAB International, Cambridge, Massachusetts. Durburrow, R. M., Mitchell, A. J., Crosby, M. D. 1998. P. 55–72.
24. Определитель паразитов пресноводных рыб фауны СССР. Л.: Наука, 1984. Т. 1. 431 с.
25. Хотеновский И. А. Подотряд *Octomacrinea Khotenovsky*. Л.: Наука, 1985. 263 с. (Фауна СССР; Н. С., № 132; Моногении).
26. Томоки Нисихира, Мисако Урабэ. Морфологические и молекулярные исследования *Eudiplozoon nipponicum* (Goto, 1891) и *Eudiplozoon kamegaii* sp. n. (Monogenea; Diplozoidae) // *Folia Parasitologica*. 2020. Vol. 67. Is. 24. 16 p.

DOI:10.14411/fr.2020.018. URL: <https://folia.paru.cas.cz/pdfs/fo/2020/01/18.pdf> (дата обращения: 10.10.2021).

27. Определитель паразитов пресноводных рыб фауны СССР. Л.: Наука, 1987. Т. 3. 583 с.

28. Протасова Е. Н., Куперман Б. И., Ройтман В. А., Поддубная Л. Г. Кариофиллиды фауны СССР. М.: Наука, 1990. 238 с.

29. Species Compendium. Detailed coverage of invasive species threatening livelihoods and the environment worldwide // *Bothriocephalus acheilognathi*. URL: <https://www.cabi.org/isc/datasheet/91669#tosummaryOfInvasiveness> (дата обращения: 10.10.2021).

30. *Bothriocephalus acheilognathi* <i>*Bothriocephalus acheilognathi*. URL: https://ru.abcdef.wiki/wiki/Bothriocephalus_acheilognathi (дата обращения: 10.10.2021).

31. Ernesto Velázquez-Velázquez, Betsabe Mendez-Gómez, Guillermo Salgado-Maldonado, Wilfredo Matamoros. The invasive tapeworm *Bothriocephalus acheilognathi* Yamaguti, 1934 in the endangered killifish *Profundulus candalarius* Hubbs, 1924 in Chiapas, Mexico // *BioInvasions Records*. 2015. Vol. 4. Is. 4. Pp. 265–268. DOI: <http://dx.doi.org/10.3391/bir.2015.4.4.06>.

32. Tomas Scholz, Roman Kuchta, Chris Williams. Chapter 17. *Bothriocephalus acheilognathi* Yamaguti, 1934 // *Fish Parasites: Pathobiology and Protection* / Edited by Patrick T. K. Woo, Kurt Buchmann / CAB International, Cambridge, Massachusetts. Durburrow, R. M., Mitchell, A. J., Crosby, M. D. 1998. P. 282–297.

33. Семейство Прудовики. Яндекс по запросу. URL: <https://yandex.ru/images/search?text=сем.%20Прудовики&stypе=image&lr=19&source=wiz> (дата обращения: 12.10.2021).

34. Ракообразные Беларуси / *Gammarus pulex* Linnaeus, 1758 (гаммарус-блоха). URL: <https://crustacea-g2n.mozello.com/amphipoda/gammarus-pulex/> (дата обращения: 12.10.2021).

35. Помфоринхоз рыб. URL: <https://www.activestudy.info/pomforinxoz-ryb/> Зооинженерный факультет МСХА (дата обращения: 12.10.2021).

36. Бокоплавцы, или Гаммарусы, – род *Gammarus*. URL: <http://ecosystema.ru/08nature/w-invert/089.htm> (дата обращения: 13.10.2021).

37. Lucile Dianne, Marie-Jeanne Perrot-Minnot, Alexandre Bauer, Mickaël Gaillard, Elsa Léger, Thierry Rigaud. Protection first then facilitation: a manipulative parasite modulates the vulnerability to predation of its intermediate host according to its own developmental stage // *Evolution*. 2011. Vol. 65. Is. 9. Pp. 2692–2698. DOI:10.1111/j.1558-5646.2011.01330.x

38. Sandro Ruffo. Studi sui crostacei anfipodi. LIII. Due nuove specie di Anfipodi delle acque seterranee dell’Afghanistan // *Estratto dalle Memorie del Museo Civico di Storia Naturale*. Verona, 1958. Vol. 6. Pp. 389–403.

39. Слынько Ю. В., Терещенко В. Г. Рыбы пресных вод Понто-Каспийского бассейна (Разнообразие, фауногенез, динамика популяций, механизмы адаптации). М.: ПОЛИГРАФ-ПЛЮС, 2014. 328 с.

40. Суворов Е. К. Основы ихтиологии. 2-е изд., доп. Л.: Гос. изд-во «Советская наука», 1948. 580 с.

41. Привезенцев Ю. А., Власов В. А. Рыбоводство. М.: Мир, 2004. 456 с.

References

1. *Kakie ryby vodyatsya v rekah Tadjikistana* [What fish are found in the rivers of Tajikistan]. Available at: <https://fat-control.ru/kakiye-ryby-vodyatsya-v-rekakh-tadjikistana/> (accessed: 07.10.2021). (In Russ.)
2. Nikol'skij G. V. *CHastnaya ihtiologiya* [Private ichthyology]. M.: Vysshaya shkola, 1971. 472 p. (In Russ.)
3. *Pochemu v Tadjikistane takaya dorogaya ryba, chto meshaet razvitiyu rybnogo hozyajstva?* [Why is fish so expensive in Tajikistan, what hinders the development of fisheries?]. *fishretail.ru*. Available at: <https://fishretail.ru/news/pochemu-v-tadjikistane-takaya-dorogaya-ryba-377254> (accessed: 07.10.2021). (In Russ.)
4. *Dahanasojskoe vodohranilishche* [Dahanasoy reservoir]. Available at: [https://ru.wikipedia.org/wiki/Dahanasojskoe_vodohranilishche#:~:text=Dahanasojskoe%20vodohranilishche%20\(tadjh.%20Obanbori%20Daxanasoj\),%20sela%20Urtakurgon%20i%20Kenagaz](https://ru.wikipedia.org/wiki/Dahanasojskoe_vodohranilishche#:~:text=Dahanasojskoe%20vodohranilishche%20(tadjh.%20Obanbori%20Daxanasoj),%20sela%20Urtakurgon%20i%20Kenagaz) (accessed: 07.10.2021) (In Russ.)
5. Andrievskaya S. A., SHmeleva G. Phytoplankton of small reservoirs in Northern Tajikistan. *DAN TadjhSSR*. 1985. Vol. 28. No 11. Pp. 670–674. (In Russ.)
6. *Marinka ryba foto* [Marinka fish photo]. Available at: https://yandex.ru/images/search?pos=14&img_url=https%3A%2F%2Fic.pics.livejournal.com%2Fgonza03%2F13315243%2F3710%2F3710_800.jpg&text=marinka%20ryba%20foto&lr=19&rpt=simage&source=wiz (accessed: 09.10.2021). (In Russ.)
7. *Tadjhiskoe More* [Tajik Sea]. Available at: [https://ru.wikipedia.org/wiki/Tadjhiskoe_More#:~:text=Tadjhiskoe%20More%20\(tadjh.%20Baxri%20Toqik%3B,vodoj%20nachalos'%20v%201950%20godu](https://ru.wikipedia.org/wiki/Tadjhiskoe_More#:~:text=Tadjhiskoe%20More%20(tadjh.%20Baxri%20Toqik%3B,vodoj%20nachalos'%20v%201950%20godu) (accessed: 08.10.2021). (In Russ.)
8. Abdushukurov D. A., Azimov SH. SH., Dzhuraev A. A., Petuhov V. N. Condition of the Kayrakkum reservoir. *Vestnik Tadjhikskogo Nacional'nogo universiteta. Seriya estestvennyh nauk*. Dushanbe: Sino, 2016. Vol. 1. No 192. Pp. 218–223. (In Russ.)
9. Byhovskaya-Pavlovskaya I. E. *Parazity ryb. Rukovodstvo po izucheniyu* [Parasites of fish. Study Guide]. L.: Nauka, 1985. 121 p. (In Russ.)
10. *Sazan v vodoemah Tadjhikistana* [Carp in the reservoirs of Tajikistan]. Available at: https://yandex.ru/images/search?text=sazan%20v%20vodoemah%20tadjhikistana&styp=image&lr=19&source=wiz&p=4&pos=199&rpt=simage&img_url=https%3A%2F%2Fkrasivosti.pro%2Fuploads%2Fposts%2F2021-04%2F1618452779_53-krasivosti_pro-p-karp-malenkii-ribi-krasivo-foto-58.jpg (accessed: 09.10.2021). (In Russ.)
11. SHul'man S. S. *Miksosporidij fauny SSSR* [Mixosporidia of the fauna of the USSR]. L.: Nauka, 1966. 504 p. (In Russ.)
12. Uspenskaya A.V. *Citologiya miksosporidij* [Cytology of myxosporidia]. L.: Nauka, 1984. 112 p. (In Russ.)
13. Wolf K., Markiw M. E. Biology contravenes taxonomy in the Myxozoa: new discoveries show alternation of the invertebrate and vertebrate hosts. *Science*. 1984. Vol. 225 (4669). Pp. 1449–1452. DOI: 10.1126/science.225.4669.1449.
14. Pugachev O. N. *Katalog parazitov presnovodnyh ryb Severnoj Azii. Prostejschie* [Catalog of parasites of freshwater fish of North Asia. The simplest.]. SPb.: Zool. in-t RAN, 2001. 242 p. (In Russ.)
15. Lom J., Dykova I. Myxozoan genera: definition and notes on taxonomy, life-cycle terminology and pathogenic species. *Folia Parasitologica*. 2006. Vol. 53. Iss. 1. Pp. 1–36. PMID: 16696428.

16. Pugachev O. N., Podlipaev S. A. Type Myxozoa Grassé, 1970 – Myxozoa. *Protisty: Rukovodstvo po zoologii*. SPb.: Nauka, 2007. P. 2. Pp. 1045–1082. (In Russ.)
17. Voronin V. N., Dudin A. S. Features of the study of actinosporidia. *Problemy ihtioparazitologii v nachale XXI veka (k 80-letiyu sozdaniya laboratorii boleznej ryb FGNU «GosNIORH»): Sb. nauch. tr. FGNU «GosNIORH»*. Vyp. 338. SPb.: Izd-vo FGNU «GosNIORH», 2009. Pp. 26–30. (In Russ.)
18. Dudin A. S. The current state of knowledge of the life cycles of representatives of the Myxozoa type. *Parazitologiya* [Parasitology]. 2010. Vol. 44. Iss. 3. Pp. 262–273. (In Russ.)
19. Voronin V. N., Dudin A. S. On the methods of studying the actinosporeal phase of the development of myxosporidia. *Parazitologiya* [Parasitology]. 2012. Vol. 46. Iss. 6. Pp. 493–499. (In Russ.)
20. Bauer O. N., Musselius V. A., Strelkov YU. A. *Bolezni prudovyh ryb* [Diseases of pond fish]. M.: Legkaya i pishcheyaya promyshlennost', 1981. 319 p. (In Russ.)
21. *Opredelitel' parazitov presnovodnyh ryb fauny SSSR* [Determinant of parasites of freshwater fish fauna of the USSR]. L.: Nauka, 1985. Vol. 2. 425 p. (In Russ.)
22. Golovina N. A., Strelkov YU. A., Voronin V. N., Golovin P. P., Evdokimova E. B., YUhimenko L. N. *Ihtiopatologiya* [Ichthyopathology]. M.: Mir, 2003. 448 p. (In Russ.)
23. Ruth Francis-Floyd, Roy Yanong, Deborah Pouder. Chapter 4. *Ichthyophthirius multifiliis* (white spot) infections in fish. *Fish Parasites: Pathobiology and Protection / Edited by Patrick T. K. Woo, Kurt Buchmann / CAB International, Cambridge, Massachusetts. Durburrow, R. M., Mitchell, A. J., Crosby, M. D.* 1998. Pp. 55–72.
24. *Opredelitel' parazitov presnovodnyh ryb fauny SSSR* [Determinant of parasites of freshwater fish fauna of the USSR]. L.: Nauka, 1984. Vol. 1. 431 p. (In Russ.)
25. Hotenovskij I. A. *Podotryad Octomacrinea Khotenovsky* [Suborder Octomacrinea Khotenovsky]. L.: Nauka, 1985. 263 p. (Fauna SSSR; N. S., № 132; Monogenei). (In Russ.)
26. Tomoki Nishihira, Misako Urabe. Morphological and molecular studies of *Eudiplozoon nipponicum* (Goto, 1891) and *Eudiplozoon kamegaili* sp. n. (Monogenea; Diplozoidae). *Folia Parasitologica*. 2020. Vol. 67. Is 24. 16 r. DOI: 10.14411/fp.2020.018. Available at: <https://folia.paru.cas.cz/pdfs/fol/2020/01/18.pdf> (accessed: 10.10.2021).
27. *Opredelitel' parazitov presnovodnyh ryb fauny SSSR* [Determinant of parasites of freshwater fish fauna of the USSR]. L.: Nauka, 1987. T. 3. 583 p. (In Russ.)
28. Protasova E. N., Kuperman B. I., Rojzman V. A., Poddubnaya L. G. *Kariofillidy fauny SSSR* [Karyophyllids of the fauna of the USSR]. M.: Nauka, 1990. 238 p. (In Russ.)
29. Species Compendium. Detailed coverage of invasive species threatening livelihoods and the environment worldwide. *Bothriocephalus acheilognathi*. Available at: <https://www.cabi.org/isc/datasheet/91669#tosummaryOfInvasiveness> (accessed: 10.10.2021).
30. *Bothriocephalus acheilognathi* <i> Bothriocephalus acheilognathi. Available at: https://ru.abcdef.wiki/wiki/Bothriocephalus_acheilognathi (accessed: 10.10.2021).
31. Ernesto Velázquez-Velázquez, Betsabe Mendez-Gómez, Guillermo Salgado-Maldonado, Wilfredo Matamoros. The invasive tapeworm *Bothriocephalus acheilognathi* Yamaguti, 1934 in the endangered killifish *Profundulus candalarius* Hubbs, 1924 in Chiapas, Mexico. *BioInvasions Records*. 2015. Vol. 4. Iss. 4. Pp. 265–268. DOI: <http://dx.doi.org/10.3391/bir.2015.4.4.06>.
32. Tomas Scholz, Roman Kuchta, Chris Williams. Chapter 17. *Bothriocephalus acheilognathi* Yamaguti, 1934. *Fish Parasites: Pathobiology and Protection / Edited by Patrick T. K. Woo, Kurt Buchmann / CAB International, Cambridge, Massachusetts. Durburrow, R. M., Mitchell, A. J., Crosby, M. D.* 1998. Pp. 282–297.

33. *Cemejstvo Prudoviki* [The Pond family]. YAndeks po zaprosu. Available at: <https://yandex.ru/images/search?text=sem.%20Prudoviki&stype=image&lr=19&source=wiz> (accessed: 12.10.2021). (In Russ.)
34. *Rakoobraznye Belarusi* [Crustaceans of Belarus] / *Gammarus pulex* Linnaeus, 1758 (gammarus-bloha). Available at: <https://crustacea-g2n.mozello.com/amphipoda/gammarus-pulex/> (accessed: 12.10.2021). (In Russ.)
35. *Pomforinhoz ryb* [Pomforinhoz fish]. Available at: [https://www.activestudy.info/pomforinoxoz-ryb/Zooinzhenernyj fakul'tet MSKHA](https://www.activestudy.info/pomforinoxoz-ryb/Zooinzhenernyj_fakul'tet_MSKHA) (accessed: 12.10.2021). (In Russ.)
36. *Bokoplavy, ili Gammarusy – rod Gammarus* [Bokoplavy, or Gammarus – genus *Gammarus*]. Available at: <http://ecosystema.ru/08nature/w-invert/089.htm> (accessed: 13.10.2021). (In Russ.)
37. Lucile Dianne, Marie-Jeanne Perrot-Minnot, Alexandre Bauer, Mickaël Gaillard, Elsa Léger, Thierry Rigaud. Protection first then facilitation: a manipulative parasite modulates the vulnerability to predation of its intermediate host according to its own developmental stage. *Evolution*. 2011. Vol. 65. Iss. 9. Pp. 2692–2698. DOI:10.1111/j.1558-5646.2011.01330.x
38. Sandro Ruffo. Studi sui crostacei anfipodi. LIII. Due nuove specie di Anfipodi delle acque setterranee dell’Afghanistan. *Estratto dalle Memorie del Museo Civico di Storia Naturale*. Verona, 1958. Vol. 6. Pp. 389–403.
39. Slyn'ko YU. V., Tereshchenko V. G. Freshwater fish of the Ponto-Caspian basin (Diversity, faunogenesis, population dynamics, adaptation mechanisms). M.: Izd-vo POLIGRAF-PLYUS, 2014. 328 p. (In Russ.)
40. Suvorov E. K. *Osnovy ihtiologii. 2-e izd., dopolnennoe* [Basics of ichthyology]. L.: Gos. izd-vo «Sovetskaya nauka», 1948. 580 p. (In Russ.)
41. Privezencev YU. A., Vlasov V. A. *Rybovodstvo* [Fish farming]. M.: Mir, 2004. 456 p. (In Russ.)

**ЭЛЕКТИВНЫЙ КУРС В ШКОЛЕ
«НЕКЛЕТОЧНЫЕ ИНФЕКЦИОННЫЕ АГЕНТЫ»**

*ELECTIVE COURSE AT SCHOOL
«NON-CELLULAR INFECTIOUS AGENTS»*

А. М. Попова, Т. А. Мищенко

A. M. Popova, T. A. Mischenko

В статье описан элективный курс «Неклеточные инфекционные агенты» и его применение при углубленном изучении биологии в школе. Приведен примерный учебный план занятий, описаны теоретическая и практическая части в каждой теме. Приведены алгоритмы экстракции ДНК из различных биологических объектов, проведения качественных реакций на белки.

The article describes the elective course «Non-cellular infectious agents» and its application in advanced study of biology at school. An approximate curriculum is given, theoretical and practical parts in each topic are described. Algorithms for extracting DNA from various biological objects and carrying out qualitative reactions to proteins are presented.

Ключевые слова: *нуклеиновые кислоты, белки, прионы, вирусы, бактериофаги, вириоды, вирофаги, биология, школа.*

Keywords: *nucleic acids, proteins, prions, viruses, bacteriophages, viroids, virophages, biology, school.*

Введение

В современном мире такие неклеточные инфекционные агенты, как вирусы, уносящие миллионы человеческих жизней в год, стали главной темой исследований в области медицины и биологии. Большинство современных крупных фармакологических компаний нацелены и ведут разработки по созданию безопасных противовирусных вакцин на основе вирусов-векторов. Традиционно в школьном курсе биологии из неклеточных инфекционных агентов изучаются вирусы и бактериофаги. Но немногие школьники имеют представление о бактериофагах, об их применении для лечения бактериальных инфекций, об их значении в создании современных медицинских препаратов и об их применении в геномной инженерии. Редкий школьник знает, что белок может выступать в роли патогена и вызывать у человека смертельные заболевания, что вирусы и вириоды наносят огромный ущерб сельскому хозяйству. В связи с этим важно

сформировать у будущих выпускников школ понятие о «неклеточных инфекционных агентах» (табл. 1).

Таблица 1

Неклеточные инфекционные агенты

Инфекционный агент	Прионы	Вироиды	Вирусы			
			Собственно вирусы	Бактериофаги	Гирусы	Вирофаги
Инфицирующие молекулы	Белок	РНК	ДНК / РНК	ДНК	ДНК	ДНК
Какие организмы инфицируют	человек, с/х животные	растения	человек, животные, растения, грибы, вирусы	бактерии	простейшие	гигантские вирусы

Материал и методика

Предлагаемый нами элективный курс расширяет спектр изучаемых в школе неклеточных инфекционных агентов (табл. 1). Курс позволяет сформировать знания о прионах, вироидах, гирусах, вирофагах и углубить знания о вирусах и бактериофагах, об их применении в современной медицине, геной инженерии и сельском хозяйстве. Курс формирует представление о векторных вакцинах и механизмах их действия.

Примерный учебный план занятий по элективному курсу приведен в табл. 2.

Таблица 2

Примерный учебный план занятий по элективному курсу «Неклеточные инфекционные агенты»

№ п/п	Тема	Количество часов		
		Всего	Теория	Практика
1.	Нуклеиновые кислоты	6	4	2
2.	Белки	4	3	1
3.	Прионы – белки-убийцы	2	1	1
4.	Вироиды – инфекционные агенты растений	2	2	–
5.	Вирусы	6	4	2
6.	Гирусы – гигантские вирусы	2	2	–
7.	Бактериофаги	4	2	2
8.	Вирофаги	2	2	–
9.	Применение вирусов в медицине и геной инженерии	2	2	–
Итого:		30	22	8

Формой аттестации / контроля обучающихся может стать выполнение исследовательской работы по изученным темам.

Содержание занятий

1. Нуклеиновые кислоты

Необходимое оборудование и материалы: презентационное оборудование, трехмерная модель молекул ДНК и РНК, детергент (любое моющее средство для посуды), поваренная соль, этиловый спирт 95 %, банан, центрифуга, центрифужные пробирки, пестик и ступка, пипетка, стеклянный стаканчик.

Теория. Содержание занятия: Нуклеиновые кислоты. История открытия структуры и функций нуклеиновых кислот, доказательства генетической функции ДНК. Значение исследования нуклеиновых кислот для науки и практики. Состав, структура, свойства и функции нуклеиновых кислот. Химический состав нуклеиновых кислот. Пуриновые и пиримидиновые азотистые основания. Таутомерия азотистых оснований. Углеводные компоненты: рибоза и дезоксирибоза. Нуклеозиды и нуклеотиды. Правила Чаргаффа. Свойства азотистых оснований, нуклеозидов и нуклеотидов. Локализация ДНК в клетках прокариот и эукариот. Структурная организация ДНК: первичная, вторичная и третичная структуры. Особенности последовательности нуклеотидов в ДНК. Уникальные, умеренно повторяющиеся и часто повторяющиеся последовательности. Вторичная структура ДНК. Двойная спираль ДНК, принцип комплементарности. Конформационные формы ДНК. Сверхспирализация ДНК и её биологическое значение. Топоизомеразы и топоизомеры ДНК. Типы топоизомераз. Типы связей, стабилизирующих уровни структурной организации ДНК. Физико-химические свойства ДНК: денатурация, ренатурация и молекулярная гибридизация нуклеиновых кислот, вязкость, поглощение в ультрафиолете, реакционная способность. Структурная организация РНК: общие принципы первичной, вторичной и третичной структуры. Типы связей, стабилизирующих уровни структурной организации РНК. Особенности макромолекулярной структуры тРНК. Основные виды РНК, их функции и локализация в клетке. Структура информационной РНК (матричной РНК), транспортной РНК, рибосомных РНК. Малые ядерные РНК, малые РНК, их функции. Рибозимы. Физико-химические свойства РНК.

Практика. Экстракция ДНК из различных биологических объектов. Ход работы:

1) В ступку положить 2 грамма банана, добавить к нему 10 мл буфера (раствор моющего средства с поваренной солью) и тщательно размять банан (для разрушения клеточной стенки) до получения однородной массы. Детергент необходим для разрушения мембран клеток и выхода ДНК из ядра в раствор. Соль связывается с ДНК и обеспечивает осаждение ДНК в осадок при добавлении этилового спирта.

2) Полученный раствор необходимо слить в центрифужную пробирку и центрифугировать на центрифуге (14 тысяч оборотов, 10 минут).

Отцентрифугированный раствор разделяется на две фракции – осадок и надосадочную жидкость, которая содержит ДНК.

3) Из пробирки с помощью пипетки аккуратно забирается надосадочная жидкость и помещается в новую пробирку.

4) В пробирку с надосадочной жидкостью необходимо добавить охлажденный раствор спирта.

5) Полученный раствор снова центрифугируем (14 тысяч оборотов, 5 минут). Отцентрифугированный раствор разделяется здесь на две фракции – осадок (ДНК) и надосадочную жидкость. Надосадочную жидкость нужно аккуратно слить из пробирки, а осадок – ДНК, можно изучать.

2. Белки

Необходимое оборудование и материалы: презентационное оборудование, сырое куриное яйцо, желатин, пипетка, штатив для пробирок, пробирки, спиртовка, спички, 10 %-ный раствор NaOH, 5 %-ный раствор Pb(CHCOO), 2 %-ный раствор CuSO₄.

Теория. Содержание занятия: История открытия структуры и функций белков. Классификация и биологические функции белков. Первичная структура белков, различные типы аминокислот. Пептидная связь. Вторичная структура белков. Вторичная структура белков и методы её изучения. Связи, формирующие вторичную структуру. Связь вторичной структуры с аминокислотной последовательностью. Домены. Третичная и четвертичная структуры, типы стабилизирующих связей. Рентгеноструктурный анализ белков. Олигомерные белки. Классификация белков. Нуклеопротеины. Химические связи в нуклеопротеинах. Структура вирусных нуклеопротеинов.

Практика. Качественные реакции на белки. Ход работы:

1) Реакция Фоля – обусловлена присутствием в белке серосодержащих аминокислот, которые при кипячении со щелочью теряют серу в виде сульфида натрия. Сульфид натрия с ацетатом свинца в щелочной среде дает черно-коричневое окрашивание.

В одну пробирку наливают 10 капель яичного альбумина, в другую – 10 капель раствора желатины. Затем в обе пробирки добавляют по 20 капель 10 %-ного раствора NaOH и осторожно кипятят в течение трех минут. Затем прибавляют по одной капле 5 %-ного раствора уксуснокислого свинца. Обучающимся необходимо объяснить полученный результат [1].

2) Биуретовая реакция – это качественная реакция на обнаружение белков с фиолетовым окрашиванием при действии медного купороса в щелочном растворе. Фиолетовый цвет дают образовавшиеся комплексные соединения меди с белками. Такая реакция характерна для всех соединений с пептидной связью (CO-NH).

Белок + CuSO₄ + NaOH = красно-фиолетовое окрашивание.

В одну пробирку наливают 10 капель раствора яичного альбумина, в другую – 10 капель раствора желатины. Затем в обе пробирки добавляют по 10 капель 10 %-ного раствора NaOH и по 1 капле 2 %-ного раствора CuSO₄, перемешивают. Обучающимся необходимо сравнить окраску в пробирках и объяснить полученный результат [1].

3. Прионы – белки-убийцы

Необходимое оборудование и материалы: презентационное оборудование.

Теория. Содержание занятия: Понятие «прион», белок PrP (Prion Protein), нормальная форма белка PrP^C и его функции, патологическая форма белка PrP^{Sc}. Прионная концепция Стэнли Прузинера (Нобелевская премия по физиологии и медицине 1997 года). Прионные заболевания животных: бычья губчатая энцефалопатия (коровье бешенство), скрепи (почесуха овец и коз). Прионные заболевания человека: болезни Крейтцфельда – Якоба и Герстмана – Штраусслера – Шейнкера, семейная фатальная бессонница, куру. Значение работ Даниела Гайдузeka по описанию болезни куру аборигенов племени Форе в Новой Гвинее. Причины прионных заболеваний. Механизм заражения прионами. Патогенез прионных заболеваний. Диагностика прионных заболеваний: биоанализ на животных, PMCA (Protein Misfolding Cyclic Amplification) – циклическая амплификация прионной формы белка, RT-QuIC (Real-time quaking-induced conversion) – тестирование спинномозговой жидкости, биопсия тканей головного мозга.

Практика. Подготовка обучающимися кратких сообщений о прионных заболеваниях человека и животных.

4. Вироиды – инфекционные агенты растений

Необходимое оборудование и материалы: презентационное оборудование.

Теория. Содержание занятия: Понятие «вироид», организация генома вироидов. Гипотеза происхождения вироидов. История открытия. Вироиды – возбудители заболеваний растений. Таксономия вироидов: семейство *Ausunviroidae* (вироид «загара» авокадо, вироид баклажана) и семейство *Pospiviroidae* (включает вироид веретеновидности клубней картофеля, вироид каданг-каданга кокосовой пальмы, вироид карликовости хризантемы, вироид карликовости хмеля и др.). Репликация вироидов. Кросс-защита (растение, инфицированное одним вироидом, не дает возможность реплицироваться и вызывать заболевание другому вироиду). Механизмы распространения вироидов.

5. Вирусы

Необходимое оборудование и материалы: презентационное оборудование; засушенные листья картофеля, пораженные вирусом скручивания листьев картофеля (не класть под пресс, оставить листья в скрученном виде); засушенные под прессом листья растений, пораженные вирусом табачной мозаики (листья огурцов, смородины, крыжовника, малины, томатов).

Теория. Содержание занятия: понятия «вирус» и «вирион». Отличия вирусов от бактерий. Классификация вирионов по морфологии капсида (сферические, пулевидные, кубоидальные, спиральные, нитевидные и др.). Строение простых вирусов (безоболочечных) и сложных вирусов (оболочечных). Классификация вирусов по размеру вириона (мелкие, крупные, очень крупные). Классификация вирусов по Балтимору. Типы взаимодействия вируса с клеткой (абортивный, продуктивный, интегративный (виrogenия)). Этапы продуктивного типа взаимодействия вируса с клеткой (адсорбция, пенетрация, депротенизация, эклипс-фаза, созревание, выход вирионов). Типы пенетрации (проникновения) вируса в клетку (слияние вирусной оболочки с мембраной клетки за счет F-белка, рецепторно-опосредованный эндоцитоз (виropексис) за счет белков-клатринов). Типы выхода вирионов из клетки (лизис, экзоцитоз, почкование (баддинг)). Культивирование вирусов: метод овокультур (метод куриных эмбрионов), в организме лабораторных животных, в культуре клеток. Вирусные заболевания человека: вирус полиомиелита, вирус гепатита А, вирус гепатита В, вирус гепатита С, вирус гриппа, вирус кори, вирус бешенства, вирус иммунодефицита человека (ВИЧ), вирус папилломы человека (ВПЧ), герпесвирусы и др. Вирусные заболевания растений: вирус табачной мозаики, вирус скручивания листьев картофеля. Вирусные заболевания животных: африканская чума свиней, ящур, блютанг (катаральная лихорадка овец), вирусная геморрагическая болезнь кроликов, коровья оспа. Вирусные заболевания рыб: весенняя виремия карпа, герпесвирусная болезнь сибирского осетра. Бакуловирусы – вирусы насекомых.

Практика. Описание внешнего вида растений, пораженных вирусом табачной мозаики и вирусом скручивания листьев картофеля.

1) Рассмотреть засушенные листья картофеля, пораженные вирусом скручивания листьев картофеля. Почему данный вирус получил такое название? Ознакомьтесь с описанием вируса и внесите основные характеристики в табл. 3.

2) Рассмотреть засушенные листья растений, пораженные вирусом табачной мозаики (листья огурцов, смородины, крыжовника, малины, томатов). Почему данный вирус получил такое название? Ознакомьтесь с описанием вируса и внесите основные характеристики в табл. 3.

Таблица 3

**Основные характеристики
вируса скручивания листьев картофеля и вируса табачной мозаики**

<i>Характеристики вируса</i>	<i>Вирус скручивания листьев картофеля</i>	<i>Вирус табачной мозаики</i>
Внешний вид вируса		
Строение капсида		
Класс вируса по Балтимору		
Геном вируса		
Открытие вируса		
Как переносится вирус между растениями		
Поражаемые растения		

6. Гирусы – гигантские вирусы

Необходимое оборудование и материалы: презентационное оборудование.

Теория. Содержание занятия: история изучения. Особенности генома гигантских вирусов. Разнообразие гигантских вирусов. Жизненный цикл и репликация гигантских вирусов. Гигантский мимивирус *Acanthamoeba polyphaga mimivirus* (APMV): описание, характеристика.

7. Бактериофаги

Необходимое оборудование и материалы: презентационное оборудование, чашки Петри, колба термоустойчивая, ватно-марлевая пробка для колбы, мясо-пептонный агар или желточно-солевой агар, стерильный тампон для забора материала, спички, спиртовка, стафилококковый бактериофаг жидкий, петля микробиологическая, термостат.

Теория. Содержание занятия: понятие «бактериофаг». История открытия бактериофагов. Вклад Фредерика Туорта, Феликса Д’Эрелля в изучение бактериофагов. Морфологические группы бактериофагов. Строение бактериофага. Бактериофаг λ (lambda). Вирулентные и умеренные бактериофаги. Лизогения. Лизогенная фаговая конверсия. Неспецифическая трансдукция. Технология фагового (вирусного) дисплея. Применение бактериофагов в медицине и генной инженерии.

Практика. Определение чувствительности стафилококка эпидермального *Staphylococcus epidermidis* (Winslow & Winslow 1908) Evans 1916 к стафилококковому бактериофагу. Ход работы:

1) Приготовить мясо-пептонный агар или желточно-солевой агар и разлить его в стерильные чашки Петри.

2) На застывший мясо-пептонный агар сделать посев мазка из носовых ходов с целью получения колоний стафилококка эпидермального *Staphylococcus epidermidis*.

3) Засеянную чашку Петри перевернуть дном вверх и культивировать в термостате 24 часа при температуре 37⁰С.

4) На следующий день из культивированной чашки Петри внести одну колонию бактерий в пробирку с 1 мл физиологического раствора, перемешать.

5) Приготовить свежий мясо-пептонный агар или желточно-солевой агар и разлить его в стерильные чашки Петри.

6) Стерильный тампон обмакнуть в раствор, полученный в п. 4, и растереть содержимое тампона по всей поверхности застывшей питательной среды.

7) В центр засеянной чашки Петри капнуть каплю стафилококкового бактериофага.

8) Засеянную чашку Петри перевернуть дном вверх и культивировать в термостате 24 часа при температуре 37⁰С.

9) На следующий день оценить результаты посева:

- положительный результат: бактерии эпидермального стафилококка чувствительны к бактериофагу при наличии зоны лизиса в месте нанесения капли

со стафилококковым бактериофагом, т. е. бактериальные клетки лизировались бактериофагом, и видна зона лизиса (рис. 1);

- отрицательный результат: бактерии эпидермального стафилококка не чувствительны к бактериофагу при отсутствии зоны лизиса в месте нанесения капли со стафилококковым бактериофагом, зона лизиса отсутствует (рис. 2).



Рис. 1. Положительный результат.
В месте нанесения бактериофага имеется зона лизиса бактерий

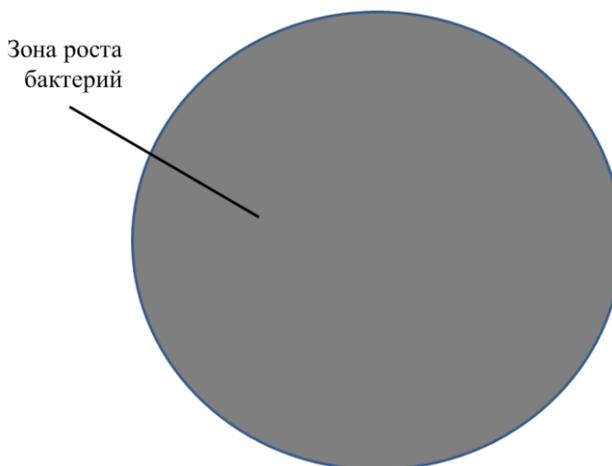


Рис. 2. Отрицательный результат.
В месте нанесения бактериофага зона лизиса бактерий отсутствует

8. Вирофаги

Необходимое оборудование и материалы: презентационное оборудование.

Теория. Содержание занятия: понятие «виофаг». Особенности строения и генома. История открытия виофагов: Sputnik, Sputnik 2, Sputnik 3, RNV (Rio

Negro Virophage), OLV (Organic Lake Virophage), Zamilon, Guarani и др. Репликация вирофагов. Значение вирофагов.

9. Применение вирусов в медицине, генной инженерии, сельском хозяйстве

Необходимое оборудование и материалы: презентационное оборудование.

Теория. Содержание занятия: вирус коровьей оспы и ликвидация натуральной черной оспы.

Применение вирусов в медицине и генной инженерии. Векторные вакцины на основе аденовирусов, вирусов гриппа, кори и везикулярного стоматита. Вакцина Церварикс (Cervarix) на основе рекомбинантных бакуловирусов для профилактики заболеваний, вызванных вирусом папилломы человека (ВПЧ) типов 16 и 18.

Применение вирусов в сельском хозяйстве. Биопрепараты на основе бакуловирусов (Тутавир (Tutavir), Хеликовекс (Helicovex), Мадекс Твин (Madex Twin) и др.) для контроля численности вредных насекомых, таких как яблоневая плодожорка, капустная совка, томатный (пасленовый) листовой минер, непарный шелкопряд, и иных вредителей сосны, ели и хлопчатника.

Заключение

В статье рассмотрены возможности изучения неклочных инфекционных агентов при углубленном изучении биологии в школе в рамках элективного курса. Приведены примеры доступных практических занятий по выделению ДНК из биологических объектов, по изучению свойств белков, бактериофагов для образовательных целей в школе и повышения интереса к биологии обучающихся.

Список литературы

1. Методическое пособие к малому практикуму по биохимии. 6-е изд., перераб. и доп. / сост. С. А. Коннова, А. А. Галицкая, Е. В. Плешакова, М. В. Каневский, Ю. П. Федоненко. Саратов, 2017. 75 с.

References

1. *Metodicheskoe posobie k malomu praktikumu po biohimii. 6-e izd., pererab. i dop. / Sost. S. A. Konnova, A. A. Galickaya, E. V. Pleshakova, M. V. Kanevskij, Yu. P. Fedonenko [Methodological manual for a small workshop on biochemistry].* Saratov, 2017. 75 p. (In Russ.)

Информация об авторах

Валяев Станислав Юрьевич, студент, ФГБОУ ВО «Белгородский государственный технологический университет им. В. Г. Шухова», кафедра теоретической механики и сопротивления материалов, 308012, г. Белгород, Костюкова, д. 46; тел.: 8(952)4206013; e-mail: stasv135@yandex.ru

Valyaev Stanislav Yuryevich, student, Belgorod State Technological University named after V. G. Shukhov, Department of Theoretical Mechanics and Resistance of Materials, 46 Kostyukova, Belgorod, 308012; Phone: 89524206013; e-mail: stasv135@yandex.ru

Беликий Игорь Владимирович, аспирант, Харьковский национальный университет им. В. Н. Каразина, кафедра микологии, Украина, г. Харьков, ул. Независимости, д. 4; тел. 810380577075616; e-mail: ingward@gip.ru

Velikiy Igor Vladimirovich, postgraduate student, Kharkiv National University named after V. N. Karazina, Department of Mycology, Ukraine, Kharkiv, Independence str., 4, Phone: 810380577075616; e-mail: ingward@gip.ru

Доровских Геннадий Николаевич, профессор кафедры безопасности жизнедеятельности и физической культуры, доктор биологических наук, профессор, ФГБОУ ВО «Сыктывкарский государственный университет им. Питирима Сорокина», институт социальных технологий, 167001, г. Сыктывкар, Октябрьский пр., 55; Тел.: (8212)255-180; e-mail dorovskg@mail.ru

Dorovskikh Gennady Nikolaevich, professor of Biology, Pitirim Sorokin Syktyvkar State University, Institute of Social Technologies, 167001, Syktyvkar, Oktyabrsky Avenue, 55; Phone (8212) 255-180; e-mail: dorovskg@mail.ru

Кандыбович Сергей Львович, ведущий научный сотрудник, доктор психологических наук, профессор, академик РАО, Рязанский государственный университет им. С. А. Есенина, 390000, г. Рязань, ул. Свободы, д. 46 (ул. Полонского, д. 18), тел.: 8(903)9601818; e-mail: s.kandybivich@sodru.com

Kandybovich Sergey L., leading research officer, Sc.D. (psychology), professor, Academician of RAO, Yesenin Ryazan State University, 18, Polonsky str., Ryazan, 390000; 8(903) 960-18-18; e-mail: s.kandybivich@sodru.com

Каримов Саид Бабаевич, доктор биологических наук, профессор, заведующий кафедрой биологии и методики преподавания ГОУ «Худжандский государственный университет имени академика Б. Гафурова», Таджикистан, г. Худжанд; e-mail: karimov7227@mail.ru

Karimov Said Boboevich, Doctor of Biological Sciences, Professor, the Head of the Department of Biology and its Methods of Teaching Khujand State University named after acad. B. Gafurov, Tajikistan; e-mail: karimov7227@mail.ru

Мищенко Александр Александрович, доцент кафедры биохимии и физиологии, к.б.н., ФГБОУ ВО «Сыктывкарский государственный университет имени Питирима Сорокина», медицинский институт, г. Сыктывкар, ул. Старовского, д. 55, тел. (8212)390-413; e-mail: Sasha241073@mail.ru

Mischenko Alexandr, associated professor of Biology, Pitirim Sorokin Syktyvkar State University, medical institute, Syktyvkar, Starovsky str., 55, Phone (8212)390-413; e-mail: Sasha241073@mail.ru

Мищенко Тамара Александровна, учитель, МОУ «Средняя общеобразовательная школа 23» г. Воркуты, г. Воркута, ул. Гагарина, д. 10, тел. 8(912)953-39-46; e-mail: sztmai@mail.ru

Mischenko Tamara, teacher, MOU «Secondary school 23», Vorkuta, Vorkuta, Gagarina street, 10, Phone 8(950)569-09-05; e-mail: sztmai@mail.ru

Наумова Людмила Николаевна, кандидат технических наук, доцент, ФГБОУ ВО «Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова», кафедра теоретической механики и сопротивления материалов, 308012, г. Белгород, Костюкова, д. 46; 89511320746; e-mail: naumova_ln@mail.ru

Naumova Lyudmila Nikolaevna, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Belgorod State Technological University named after V. G. Shukhov, Department of Theoretical Mechanics and Resistance of Materials, 308012, Belgorod, Kostyukova 46; Phone: 89511320746; e-mail: naumova_ln@mail.ru

Охунова Нодирахон Зафаровна, лаборант кафедры биологии и методики преподавания ГОУ «Худжандский государственный университет имени академика Б. Гафурова», Таджикистан, г. Худжанд, пр. Мавлонбекова, 1.

Okhunova Nodirakhon Zafarovna, the Laboratory Worker of the Department of Biology and its Methods of Teaching Khujand State University named after acad. B. Gafurov, Tajikistan.

Попова Анна Михайловна, доцент кафедры биохимии и физиологии, кандидат биологических наук, ФГБОУ ВО «Сыктывкарский государственный университет имени Питирима Сорокина», медицинский институт, г. Сыктывкар, ул. Старовского, д. 55, тел. (8212)390-413; e-mail: anuta050481@mail.ru

Popova Anna, associated professor of Biology, Pitirim Sorokin Syktyvkar State University, medical institute, Syktyvkar, Starovsky street 55, Phone (8212)390-413; e-mail: anuta050481@mail.ru

Прудникова Татьяна Ивановна, кандидат биологических наук, доцент, Харьковский национальный университет им. В. Н. Каразина, кафедра микологии, Украина, г. Харьков, ул. Независимости, д. 4, тел.: 810380573422350; e-mail: ollga1901@mail.ru.

Prudnikova Tatiana Ivanovna, Candidate of Biological Sciences, Associate Professor, V. N. Kharkiv National University Karazin, Department of Mycology, Ukraine, Kharkov; Phone: 810380573422350; e-mail: ollga1901@mail.ru.

Разина Татьяна Валерьевна, доктор психологических наук, доцент, член-корреспондент РАО; проректор по развитию НАНО ВО «Институт мировых цивилизаций»; 119049, Москва, Ленинский проспект, д.1/2, корп. 1; тел.: 8(499)2611126; e-mail: razinat@mail.ru

Razina Tatyana Valerevna, Sc.D. (Psychology), Associate Professor, corresponding member of RAE, vice-rector for development, «Institute of world civilizations», 119049, Russia, Moscow, Leninsky Avenue, ½ building 1, +7 (499) 261-11-26; e-mail: razinat@mail.ru

Самеев Муроджон Абдуллоевич, PhD докторант ГОУ «Худжандский государственный университет имени академика Б. Гафурова», Таджикистан, г. Худжанд, пр. Мавлонбекова, 1; e-mail: karimov7227@mail.ru

Sameev Murodjon Abdulloevich, PhD of the Department of Biology and its Methods of Teaching Khujand State University named after acad. B. Gafurov, Tajikistan; e-mail: karimov7227@mail.ru

Холбутаева Махинабону Бурхоновна, лаборант кафедры биологии и методики преподавания ГОУ «Худжандский государственный университет имени академика Б. Гафурова», Таджикистан; e-mail: karimov7227@mail.ru

Holbutaeva Mahinabonu Burhonovna, the Laboratory Worker of the Department of Biology and its Methods of Teaching Khujand State University named after acad. B. Gafurov, Tajikistan; e-mail: karimov7227@mail.ru