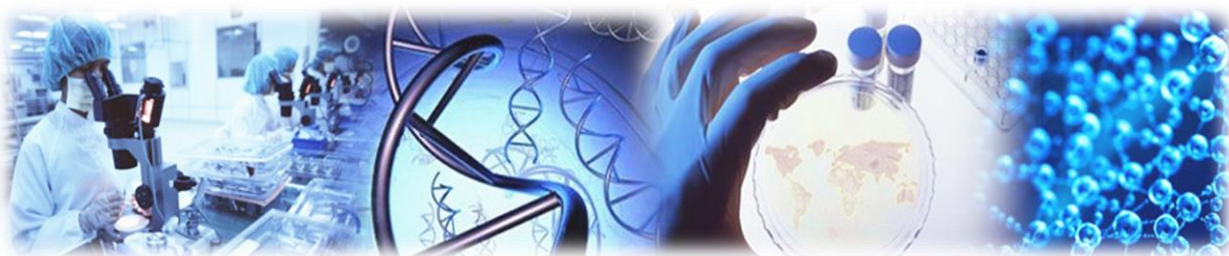




**МАТЕРИАЛЫ
V МЕЖДУНАРОДНОЙ КОНФЕРЕНЦИИ
«ФУНДАМЕНТАЛЬНЫЕ И ПРИКЛАДНЫЕ АСПЕКТЫ
МИКРОБИОЛОГИИ В НАУКЕ И ОБРАЗОВАНИИ»,
ПОСВЯЩЕННОЙ 100-ЛЕТИЮ
СО ДНЯ РОЖДЕНИЯ
РИММЫ НИКОЛАЕВНЫ РЕБРОВОЙ**



Рязань, 2026

**Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования «Рязанский государственный медицинский
университет имени академика И.П. Павлова»
Министерства здравоохранения Российской Федерации
НАО «Медицинский университет Семей», Республика Казахстан
Институт микробиологии Академии наук Республики Узбекистан
Гомельский государственный медицинский университет,
Республика Беларусь**

**МАТЕРИАЛЫ
V МЕЖДУНАРОДНОЙ КОНФЕРЕНЦИИ
«ФУНДАМЕНТАЛЬНЫЕ И ПРИКЛАДНЫЕ АСПЕКТЫ
МИКРОБИОЛОГИИ В НАУКЕ И ОБРАЗОВАНИИ»,
ПОСВЯЩЕННОЙ 100-ЛЕТИЮ СО ДНЯ РОЖДЕНИЯ
РИММЫ НИКОЛАЕВНЫ РЕБРОВОЙ**

4 июня 2026 года

Рязань, 2026

УДК 576.8(071)

ББК 28.4

М341

Организационный комитет конференции:

Евдокимова Ольга Валерьевна, кандидат медицинских наук, доцент, заведующий кафедрой микробиологии ФГБОУ ВО РязГМУ Минздрава России;

Новак Александра Ивановна, доктор биологических наук, доцент, профессор кафедры микробиологии ФГБОУ ВО РязГМУ Минздрава России;

Захарова Ольга Алексеевна, доктор сельскохозяйственных наук, доцент, доцент кафедры микробиологии ФГБОУ ВО РязГМУ Минздрава России;

Настевич Юлия Александровна, главный врач ГБУ РО «Консультативно-диагностический центр», г. Рязань;

Рахимжанова Фарида Сергазиновна, доцент, кандидат медицинских наук, заведующий кафедрой микробиологии, НАО «Медицинский университет Семей», Республика Казахстан;

Зайнитдинова Людмила Ибрахимовна, профессор, доктор биологических наук, заведующий лабораторией биоразнообразия микроорганизмов, Институт микробиологии Академии наук Республики Узбекистан;

Дегтярёва Елена Ивановна, доцент, кандидат биологических наук, доцент кафедры микробиологии, вирусологии и иммунологии, Гомельский государственный медицинский университет, Республика Беларусь

Редакционная коллегия:

Новак А.И. – доктор биологических наук, доцент, профессор кафедры микробиологии ФГБОУ ВО РязГМУ Минздрава России,

Евдокимова О.В. – кандидат медицинских наук, доцент, заведующий кафедрой микробиологии ФГБОУ ВО РязГМУ Минздрава России.

М341 Материалы V международной конференции «Фундаментальные и прикладные аспекты микробиологии в науке и образовании», посвященной 100-летию со дня рождения Риммы Николаевны Ребровой / Под ред. А.И. Новак, О.В. Евдокимовой, ФГБОУ ВО РязГМУ Минздрава России. – Рязань, 2026. – 178 с.

Сборник научных статей составлен по материалам докладов участников V международной конференции «Фундаментальные и прикладные аспекты микробиологии в науке и образовании», посвященной 100-летию со дня рождения заслуженного деятеля науки РСФСР, профессора, доктора медицинских наук Риммы Николаевны Ребровой, 4 июня 2026 года, ФГБОУ ВО РязГМУ Минздрава России.

Сборник рекомендован к изданию решением Научно-планового совета ФГБОУ ВО РязГМУ Минздрава России от 29.06.2026 г., протокол № 10.

Материалы публикуются в авторской редакции.

УДК 576.8(071)

ББК 28.4

© ФГБОУ ВО РязГМУ Минздрава России, 2026

© Авторы статей

СОДЕРЖАНИЕ

ПРОФЕССОР РИММА НИКОЛАЕВНА РЕБРОВА: НОВАТОРСТВО УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКИХ ПОДХОДОВ В МЕДИЦИНСКОМ ОБРАЗОВАНИИ	7
СЕКЦИЯ 1. ФУНДАМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ В МИКРОБИОЛОГИИ	11
Верещагина Д.С., Сопрунова О.Б. ПЕРВИЧНЫЙ СКРИНИНГ ПРОБИОТИЧЕСКОЙ АКТИВНОСТИ НОВЫХ ИЗОЛЯТОВ МОЛОЧНОКИСЛЫХ БАКТЕРИЙ	11
Войтюк Ю.В., Грушко М.П. АНАЛИЗ РАСПРОСТРАНЕНИЯ И ФАКТОРОВ РИСКА АНТИБИОТИКОРЕЗИСТЕНТНОГО СТАФИЛОКОККА У СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ И ДОМАШНИХ ЖИВОТНЫХ	14
Воробьева И.В., Котелевец Е.П., Вергасова А.А. РОЛЬ КИШЕЧНОЙ МИКРОБИОТЫ В ПАТОГЕНЕЗЕ СЕРДЕЧНО- СОСУДИСТЫХ ЗАБОЛЕВАНИЙ	17
Галоян Р.К., Ваулина Т.А., Гаврилова К.А. ПИВО И МИКРОБИОТА КИШЕЧНИКА	21
Дегтярёва Е.И., Коваленко С.А., Петровская Т.А., Зинкевич О.В., Дегтярёва А.В. АНТИМИКРОБНЫЕ СВОЙСТВА TRAMETES VERSICOLOR (L.) LLOYD В ОТНОШЕНИИ ГРАМПЛОЖИТЕЛЬНЫХ МИКРООРГАНИЗМОВ	26
Евдокимова О.В., Новак А.И., Захарова О.А. ИММУНОМОДУЛИРУЮЩИЙ ПОТЕНЦИАЛ ГРИБОВ РОДА CANDIDA: АМБИВАЛЕНТНОСТЬ СИМБИОНТА И ВОЗБУДИТЕЛЯ	32
Захарова О.А. АНТОНИ ВАН ЛЕВЕНГУК: «Я ПРОСТОЙ ЧЕЛОВЕК...»	35
Захарова О.А. ИЗМЕНЕНИЕ ФОРМЫ БАКТЕРИАЛЬНЫХ КЛЕТОК ПОД ВЛИЯНИЕМ ФАКТОРОВ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ	39
Захарова О.А., Смазнова Т.С. МОЛЕКУЛЯРНЫЕ МЕХАНИЗМЫ АДГЕЗИИ HELICOBACTER PYLORI	43
Кестелева Д.А., Резванова Н.Р., Соболева О.М. STREPTOCOCCUS MUTANS КАК КЛЮЧЕВОЙ ЭТИОЛОГИЧЕСКИЙ АГЕНТ КАРИЕСА: МЕХАНИЗМЫ ВИРУЛЕНТНОСТИ И ПЕРСИСТЕНЦИИ	46
Рахимова А.В., Киселева К.А., Соболева О.М. ПОИСК БАКТЕРИАЛЬНЫХ МАРКЕРОВ РИСКА БОЛЕЗНИ АЛЬЦГЕЙМЕРА	49

Рсмуханова В.У., Еремеева С.В. ФИЗИОЛОГО-БИОХИМИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА МОЛОЧНОКИСЛЫХ МИКРООРГАНИЗМОВ, ВЫДЕЛЕННЫХ ИЗ SALICORNIA EUROPAEA	53
Сабанаев М.А., Кукалевская Н.Н., Бекарова М.М. СПЕКТР ПРЕДСТАВИТЕЛЕЙ СЕМЕЙСТВА LACTOBACILLACEAE, ВЫДЕЛЕННЫХ У МЛАДЕНЦЕВ И МОЛОДЫХ ЖИТЕЛЕЙ Г. АРХАНГЕЛЬСКА	55
Федотова А.Е., Еремеева С.В. ОПРЕДЕЛЕНИЕ СПОСОБНОСТИ КОЛЛЕКЦИОННЫХ МОЛОЧНОКИСЛЫХ ИЗОЛЯТОВ К ПРОДУКЦИИ МОЛОЧНОЙ КИСЛОТЫ	59
Черкай Е.П., Цыганкова В.В., Кузнецова Т.А. ВЛИЯНИЕ ДОБАВОК CHLORELLA PYRENOIDOSA N. CHICK НА РАЗВИТИЕ МИКРОФЛОРЫ ЙОГУРТНОЙ ЗАКВАСКИ	62
СЕКЦИЯ 2. ИННОВАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ, СРЕДСТВА ПРОФИЛАКТИКИ, ДИАГНОСТИКИ, ЛЕЧЕНИЯ ИНФЕКЦИОННЫХ И ПАРАЗИТАРНЫХ БОЛЕЗНЕЙ ЧЕЛОВЕКА И ЖИВОТНЫХ	66
Апанасенко Е.А., Веремеенко С.Ю. ОЦЕНКА ЧУВСТВИТЕЛЬНОСТИ ACINETOBACTER BAUMANNII К АНТИБАКТЕРИАЛЬНЫМ ПРЕПАРАТАМ РАЗЛИЧНЫХ ГРУПП	66
Головина Н.А., Канина И.В., Воробьева И.В. ЭПИДЕМИОЛОГИЧЕСКАЯ ЗНАЧИМОСТЬ И ОСОБЕННОСТИ ДИАГНОСТИКИ КАНДИДОЗА ЖЕЛУДОЧНО-КИШЕЧНОГО ТРАКТА В СОВРЕМЕННЫХ УСЛОВИЯХ	70
Гусева Т.М. КЛИНИКО-ЛАБОРАТОРНЫЕ АСПЕКТЫ КАНДИДЕМИИ	72
Ершова В.А., Глотова Г.Н., Позолотина В.А. ОБЗОР ЭПИЗООТИЧЕСКОЙ СИТУАЦИИ ПО БАКТЕРИАЛЬНЫМ БОЛЕЗНЯМ ПИЩЕВАРИТЕЛЬНОЙ СИСТЕМЫ ТЕЛЯТ В РЯЗАНСКОЙ ОБЛАСТИ	76
Захарова О.А., Ангбазова А.И. РОЛЬ БИОПЛЁНОК КЛАПАНОВ СЕРДЦА В ПАТОГЕНЕЗЕ И ДИАГНОСТИКЕ ИНФЕКЦИОННОГО ЭНДОКАРДИТА	79
Захарова О.А., Житкова А.В., Шестакова К.В. СРАВНИТЕЛЬНАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ВЛИЯЮЩИХ НА ВОЗБУДИТЕЛЯ SARS-COV-2 ФИТОНЦИДОВ	83
Захарова О.А., Кононыхина А.С. ОТ ОТКРЫТИЯ ВИРУСА ПОЛИОМИЕЛИТА ДО СОВРЕМЕННЫХ ВЫЗОВОВ ГЛОБАЛЬНОЙ ЭРАДИКАЦИИ	88

Котелевец Е.П. ЛАБОРАТОРНАЯ МИКРОБИОЛОГИЧЕСКАЯ ВЕРИФИКАЦИЯ УРОГЕНИТАЛЬНОГО КАНДИДОЗА	91
Мыськова В.А. КЛАССИФИКАЦИЯ, ДИАГНОСТИКА И ЛЕЧЕНИЕ КАНДИДОЗА РЕСПИРАТОРНОГО ТРАКТА	95
Новак А.И., Новак М.Д., Клейменова Ю.Ю. КОМПЛЕКСНЫЙ ПОДХОД К ДИАГНОСТИКЕ ТОКСОПЛАЗМОЗА ЧЕЛОВЕКА	96
Петренко А.В., Позолотина В.А., Глотова Г.Н. ВАКЦИНЫ ДЛЯ ПРОФИЛАКТИКИ КЛОСТРИДИОЗОВ	100
Пырских А.С., Иванова О.Е., Макаров Д.А., Блюменкранц Д.А. ПРИНЦИПЫ ЛИОФИЛИЗАЦИИ ПРИ РАЗРАБОТКЕ МИКРОПЛАНШЕТОВ ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ УСТОЙЧИВОСТИ МИКРООРГАНИЗМОВ К АНТИМИКРОБНЫМ ЛЕКАРСТВЕННЫМ СРЕДСТВАМ В ВЕТЕРИНАРИИ	104
Самарин Г.Н., Ефременков И.Ю. ЛЮМИНЕСЦЕНТНЫЙ МЕТОД ОПРЕДЕЛЕНИЯ ОСТАТОЧНЫХ КОНЦЕНТРАЦИЙ ДОКСИЦИКЛИНА В КОРОВЬЕМ МОЛОКЕ	108
СЕКЦИЯ 3. МИКРОБИОЛОГИЯ ОКРУЖАЮЩЕЙ БИОТИЧЕСКОЙ И АБИОТИЧЕСКОЙ СРЕДЫ	113
Алексеева А.А., Сопрунова О.Б., Гальперина А.Р. МИКРООРГАНИЗМЫ ФИЛЛОСФЕРЫ ДИКОРАСТУЩИХ РАСТЕНИЙ АСТРАХАНСКОЙ ОБЛАСТИ	113
Гапизова Д.М., Липова И.Ю., Гальперина А.Р. ВЛИЯНИЕ СПОСОБОВ ПРЕДПОСЕВНОЙ ОБРАБОТКИ НА ВСХОЖЕСТЬ СЕМЯН ГОРЧИЦЫ	117
Еремеева С.В., Якимец М.В., Сопрунова О.Б. СКРИНИНГ МИКРОМИЦЕТОВ-ВОЗБУДИТЕЛЕЙ БОЛЕЗНЕЙ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ РАСТЕНИЙ В АСТРАХАНСКОЙ ОБЛАСТИ	122
Зайнитдинова Л.И., Жураева Р.Н., Косимов Д.И., Эргашев Р.Б. ДЕЙСТВИЕ НЕКОТОРЫХ ЗАГРЯЗНИТЕЛЕЙ НА СОСТАВ И АКТИВНОСТЬ МИКРОФЛОРЫ ГОРОДСКИХ ПОЧВ	124
Игнатова А.С., Соколов Н.А., Малева М.Г., Борисова Г.Г. ВЛИЯНИЕ RGR-РИЗОБАКТЕРИЙ И ВНЕКОРНЕВОГО ЙОДИРОВАНИЯ НА МОРФОФИЗИОЛОГИЧЕСКИЕ ПАРАМЕТРЫ И АККУМУЛЯЦИЮ ЙОДА В МИКРОЗЕЛЕНИ VIGNA RADIATA	129
Каракенжеева Д.М., Пухальская А.В., Еремеева С.В. АНТИФУНГАЛЬНАЯ АКТИВНОСТЬ КОЛЛЕКЦИОННЫХ БАКТЕРИЙ РОДА BACILLUS	134

Лазутин Н.А., Зайнитдинова Л.И., Хегай Т.Б. ВЛИЯНИЕ ТИПА ОБРАБОТКИ ПОЧВ НА ИХ МИКРОБИОЛОГИЧЕСКОЕ РАЗНООБРАЗИЕ	137
Миндубаев А.З., Бабынин Э.В., Царькова Ю.Р., Дегтярёва И.А. АНТАГОНИЗМ БАКТЕРИЙ И ASPERGILLUS NIGER F-4815D	141
Соколов Н.А., Игнатова А.С., Салата А.А.Х. СИНЕРГИЯ БИОЧАРА И ГАЛОТОЛЕРАНТНЫХ RGP-РИЗОБАКТЕРИЙ: ОТВЕТНЫЕ МОРФОФИЗИОЛОГИЧЕСКИЕ РЕАКЦИИ SOLANUM LYCOPERSICUM НА СОЛЕВОЙ СТРЕСС	144
Сопрунова О.Б., Чернухина О.С. ПЕРВИЧНЫЙ СКРИНИНГ СВОЙСТВ АССОЦИАТИВНЫХ БАКТЕРИЙ ПЛОДОВ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ КУЛЬТУР	149
Фурсов А.И. РАМАНОВСКИЙ АНАЛИЗ ПРОМЕЖУТОЧНЫХ ПРОДУКТОВ ПРИ БИООКИСЛЕНИИ ЗОЛОТОНОСНОГО ПИРИТА (ХВОСТЫ УГМК) УМЕРЕННО ТЕРМОФИЛЬНЫМИ БАКТЕРИЯМИ	153
СЕКЦИЯ 4. МЕЖДИСЦИПЛИНАРНЫЕ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ В РЕШЕНИИ АКТУАЛЬНЫХ ВОПРОСОВ МИКРОБИОЛОГИИ	156
Дегтярёва Е.И. ИГРА КАК ИННОВАЦИОННЫЙ МЕТОД ОБУЧЕНИЯ	156
Захарова О.А., Гриценко П.В., Гриценко В.В. МЕТОДЫ ДИАГНОСТИКИ ЭНДОМЕТРИТА	159
Захарова О.А., Жукова Л.В. МИКРОБИОТА ПОЛОСТИ РТА КАК МАРКЕР СОЦИАЛЬНОЙ БЛИЗОСТИ ПРИ ПОЦЕЛУЕ	164
Прутникова М.А., Кузнецова Т.А. ИССЛЕДОВАНИЕ АНТИБАКТЕРИАЛЬНОГО ДЕЙСТВИЯ ЭКСТРАКТОВ CENTELLA ASIATICA, PINUS SYLVESTRIS И HAMAMELIS VIRGINIANA НА ПРИМЕРЕ STAPHYLOCOCCUS AUREUS	169
Соболева О.М. НЕОЖИДАННЫЕ ПЕДАГОГИЧЕСКИЕ ЭФФЕКТЫ ПРИ ИИ-ВИЗУАЛИЗАЦИИ В ПРЕПОДАВАНИИ МЕДИЦИНСКОЙ МИКРОБИОЛОГИИ	173

**ПРОФЕССОР РИММА НИКОЛАЕВНА РЕБРОВА:
НОВАТОРСТВО УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКИХ ПОДХОДОВ
В МЕДИЦИНСКОМ ОБРАЗОВАНИИ**



Римма Николаевна Реброва
(16.08.1925 – 13.02.2015)
доктор медицинских наук, профессор,
заслуженный деятель науки РСФСР

16 августа 2025 года исполнилось 100-лет со дня рождения Риммы Николаевны Ребровой – заслуженного деятеля науки РСФСР, заведующего кафедрой микробиологии Рязанского государственного медицинского института имени академика И.П. Павлова, доктора медицинских наук, профессора.

Римма Николаевна с отличием окончила московский медицинский институт Минздрава РСФСР в 1949 году и получила рекомендацию в аспирантуру на кафедре микробиологии. Научным руководителем кандидатской диссертации была член-корреспондент академии медицинских наук СССР Нина Георгиевна Ключева – выдающийся микробиолог с мировой известностью, создатель первого «противоракового» препарата.

В 1950 году Третий Московский медицинский институт Минздрава РСФСР был переведён в город Рязань и назван Рязанским медицинским институтом, с присвоением имени академика И.П. Павлова. Через несколько лет многие из приехавших профессоров по тем или иным причинам вернулись в Москву, поэтому руководство института было заинтересовано в привлечении новых кадров и сохранении имеющихся и особое внимание уделялось молодёжи. Ректор Рязанского медицинского института Ефим Никифорович Ковалёв предложил помощь в обеспечении научных исследований, и Римма Николаевна приняла решение о продолжении работы в Рязани. Так началась профессиональная жизнь в Рязанском медицинском институте, которая продолжалась почти 30 лет.

Римма Николаевна – талантливый ученый и блестящий организатор, сумевшая как руководитель кафедры на 25 лет сплотить коллектив сотрудников и поднять на высокий уровень научный и педагогический потенциал подразделения. Автор оригинального научного направления на стыке двух дисциплин микологии и бактериологии, научной концепции о роли грибов рода *Candida* при бактериальных инфекциях, что было неоднократно подтверждено в научных работах ее учеников.

Качеству преподавания Римма Николаевна всегда уделяла огромное внимание. Первостепенным направлением в учебном процессе Римма Николаевна считала качество и наглядность преподавания. За годы руководства кафедрой микробиологии был создан музей микропрепаратов наиболее значимых в патологии человека возбудителей бактериальных, грибковых и протозойных инфекций в количестве 800 наименований, учебные слайды в количестве 960 штук, электрифицированные стенды по основным разделам общей микробиологии, прикладной иммунологии и частной микробиологии в количестве 30 единиц.

Многие направления учебного процесса были сформированы и реализованы под ее руководством впервые не только в Рязанском медицинском институте, но и в стране. Педагогический коллектив кафедры микробиологии впервые в стране разработал «Методические рекомендации к проведению практических занятий по микробиологии для преподавателей». В 1985 году в городе Виннице на I Всесоюзной учебно-методической конференции для

заведующих кафедрами микробиологии впервые было представлено методическое пособие по преподаванию клинической микробиологии. Доклад Риммы Николаевны вызвал жаркую дискуссию. В дальнейшем, используя опыт Рязанского медицинского института, по всей стране появились кафедры-последователи, а время показало, что преподавание клинических аспектов микробиологии является перспективным. Все последующие руководители кафедры сохранили преемственность в преподавании микробиологии и на лечебном факультете. Именно с будущими клиницистами в настоящее время при преподавании микробиологии изучаются биологические свойства микроорганизмов не с точки зрения классической биологии, а с учетом их медицинского значения, способности вызывать инфекционные заболевания.

В 1986 г. по поручению Минздрава СССР под руководством Риммы Николаевны была разработана Номенклатура наглядных пособий кафедр микробиологии медицинских институтов и медицинских факультетов университета и всесоюзным предприятием. Издательством «Медучпособие» был выпущен ряд наглядных пособий, разработанных Р.Н. Ребровой на кафедре.

В 1993 году впервые в стране на кафедре микробиологии Рязанского государственного медицинского института было разработано модульное обучение с использованием системы рейтинга оценки знаний – прообраз современной балльно-рейтинговой системы. Ключевыми элементами разработанной системы оценки были: модульное построение курса, структурирование учебных материалов на законченные блоки с четкими критериями освоения раздела дисциплины; накопление баллов за все виды учебной деятельности в течение семестра, включая научно-исследовательскую работу студента. Структура модуля включала теоретический блок лекционного материала, практические занятия, самостоятельную работу по подготовке рефератов и решение клинических задач, прохождение тестов и сдачу коллоквиумов. Использование системы модульного обучения и рейтинговой системы позволило перенести акцент в системе оценки знаний с экзамена на практические занятия, что способствовало регулярной подготовке студентов, активному посещению занятий и лекций.

За период реализации модульного обучения с 1993 по 1995 годы посещаемость лекций на кафедре микробиологии выросла на 40%, доля студентов, систематически готовящихся к занятиям увеличилась до 78%, количество пересдач неудовлетворительных оценок на итоговой аттестации сократилось на 60%. Модульная система обучения стала прототипом современных балльно-рейтинговых технологий в российских вузах, доказав эффективность переноса акцента с итоговой оценки знаний на экзамене на непрерывную оценку учебной деятельности студента в течение всего периода освоения дисциплины.

Благодаря своим достижениям в учебно-методической деятельности и многолетнему опыту профессор Р.Н. Реброва получила от Минздрава СССР задание протестировать учебные программы и методические пособия,

разработанные преподавателями других медицинских институтов. Издательством «Медицина» Римма Николаевна была назначена официальным рецензентом учебника «Медицинская микробиология, вирусология, иммунология», предназначенным для медицинских институтов.

Римма Николаевна Реброва – личность выдающаяся, яркая. Студенты и врачи любили ее содержательные лекции, в которых всегда были новые научные факты и идеи. Лекции по сложной дисциплине «Микробиология» Римма Николаевна читала легко, придерживаясь лишь общего плана, умела обращаться ко всей аудитории и одновременно с каждым слушателем. Педагогический дар Риммы Николаевны проявлялся в её способности сделать сложный материал доступным и интересным для слушателей. Очень хорошо знала суть вопроса, методические детали, нюансы. Лекции отличались глубокой проработкой научного материала, инновационными идеями в подаче материала, гибкостью в построении и в изложении теоретического материала, умении удерживать внимание всей аудитории в течение всей лекции.

Основными принципами ее работы всегда были высокий профессионализм, строгая дисциплина, обязательность, ответственность, стремление к единству слова и дела, объективность и неизменная доброжелательность: качества, которыми Римма Николаевна обладала в совершенстве и воспитывала в своих учениках.

Профессор Р.Н. Реброва стала примером того, как сочетание глубоких профессиональных знаний, педагогического таланта и высоких личностных качеств может создать уникальную образовательную систему, способствующую формированию будущих специалистов. Её методы работы и принципы до сих пор остаются актуальными и могут служить образцом для современных преподавателей медицинских вузов.

Евдокимова О.В., доцент, кандидат медицинских наук

Новак А.И., доцент, доктор биологических наук

Захарова О.А., доцент, доктор сельскохозяйственных наук

СЕКЦИЯ 1. ФУНДАМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ В МИКРОБИОЛОГИИ

ПЕРВИЧНЫЙ СКРИНИНГ ПРОБИОТИЧЕСКОЙ АКТИВНОСТИ НОВЫХ ИЗОЛЯТОВ МОЛОЧНОКИСЛЫХ БАКТЕРИЙ

Верещагина Д. С.,

Сопрунова О.Б., профессор, доктор биологических наук
ФГБОУ ВО «Астраханский государственный технический университет»,
г. Астрахань, Россия

Введение. В современной медицине и пищевой биотехнологии наблюдается устойчивый рост интереса к пробиотическим микроорганизмам, где одной из наиболее ценных групп являются молочнокислые бактерии (МКБ), которые благодаря статусу Generally Recognized As Safe (GRAS) рассматриваются как эффективная альтернатива традиционной терапии [7]. Актуальность изучения пробиотической активности МКБ обусловлена несколькими факторами. Во-первых, глобальный тренд на натуральные средства профилактики стимулирует использование МКБ, способных вырабатывать молочную кислоту и бактериоцины, подавляющие патогенную микрофлору [5]. Во-вторых, проблема антибиотикорезистентности и дисбиозов требует поиска средств, восстанавливающих колонизационную резистентность кишечника; МКБ конкурируют с патогенами и модулируют иммунный ответ [6]. В-третьих, геномы МКБ характеризуются высоким уровнем пластичности, что обуславливает значительные различия между штаммами, поэтому штамм-специфичная оценка пробиотической активности критически важна для обоснованного выбора культур [5]. Пробиотические эффекты МКБ многофункциональны: они обеспечивают метаболическую поддержку хозяина (продукция короткоцепочечных жирных кислот), иммуномодуляцию, снижение уровня холестерина и потенциальное уменьшение риска колоректального рака [1; 6]. Двойственная роль МКБ (неконтролируемое развитие может вызывать порчу продуктов) подчёркивает необходимость тщательное изучение свойств МКБ для чёткого соответствия критерию «пробиотическая активность» [3].

Цель исследований: оценить пробиотическую активность новых изолятов молочнокислых бактерий на основе анализа их культурально-морфологических признаков, устойчивости к желчи и постстрессовой жизнеспособности.

Объекты исследований: 7 изолятов молочнокислых бактерий, предоставленные кафедрой «Прикладная биология и микробиология» АГТУ г. Астрахань.

Материалы и методы. Для подготовки суспензии исходные культуры молочнокислых бактерий высевали на плотную питательную среду Бликфельдта (пептон – 5,0 г/л, лактоза – 10,0 г/л, глюкоза – 10,0 г/л, дрожжевой экстракт – 10,0 г/л, агар – 20,0 г/л) и инкубировали при 37 °С в течение 24 ч. Выросшую культуру смывали забуференным физиологическим раствором и

доводили концентрацию клеток до 10^9 КОЕ/мл. Среду стерилизовали автоклавированием при 112 °С в течение 20 мин. Подсчёт клеток суспензии проводили прямым микроскопированием по методу Виноградского-Брида [2]. На обезжиренное предметное стекло маркером наносили прямоугольник площадью 2 см², внутрь которого вносили 0,02 мл суспензии и равномерно распределяли. Препарат высушивали, фиксировали спиртом в течение 15 мин, окрашивали фуксином Циля 2 мин, промывали и высушивали. Подсчитывали количество клеток в 20 полях зрения, предварительно определив площадь поля зрения с помощью объект-микрометра. Количество клеток в 1 мл суспензии вычисляли по формуле: $M = (A \times S) / (V \times s) \times n$, где A – среднее количество клеток в поле зрения, s и S – площадь поля зрения и мазка соответственно (мкм²), V – объём суспензии (мл), n – разведение.

Для оценки устойчивости изолятов к желчи в две стерильные пробирки вносили по 1 мл бактериальной суспензии. В опытную пробирку добавляли 9 мл среды Бликфельдта с желчью (пептон – 5,0 г/л, лактоза – 10,0 г/л, глюкоза – 10,0 г/л, дрожжевой экстракт – 10,0 г/л, раствор желчи – 400,0 г/л), в контрольную – 9 мл стерильного физиологического раствора [4]. Пробирки инкубировали при 37 °С в течение 2 ч. Среду стерилизовали автоклавированием при 112 °С в течение 20 мин.

Подсчёт жизнеспособных клеток проводили методом серийных десятикратных разведений в жидкой питательной среде Блаурокка (печёночный бульон – 1,0 г/л, пептон – 10,0 г/л, лактоза – 10,0 г/л, натрий хлористый – 5,0 г/л, L-цистин – 0,1 г/л, Твин-80 – 1,0 г/л) [4]. В первую пробирку вносили 1 мл инокулята из опытной или контрольной пробирки, затем последовательно переносили по 1 мл в следующие пробирки. Пробирки инкубировали при 37 °С в течение 30 ч, отмечая признаки роста. Для определения процента жизнеспособных клеток использовали метод окрашивания по Хиштовой с витальным красителем метиленовым синим. На предметное стекло наносили насыщенный водный раствор метиленового синего, высушивали, протирали до светло-голубого оттенка, затем наносили каплю исследуемого материала и накрывали покровным стеклом. Живые клетки оставались светло-голубыми, мёртвые окрашивались в синий цвет. Подсчёт проводили в 20 полях зрения, а жизнеспособность вычисляли по формуле: $X = n/N \times 100$, где n – число неокрашенных (живых) клеток, N – общее число клеток.

Результаты и обсуждение. По результатам исследования семи изолятов молочнокислых бактерий изучены культуральные, морфологические и тинкториальные признаки: все изоляты являются грамположительными, среди них идентифицированы палочковидные формы (ТВ-3, ТВ-11, ТВ-12, МК-6, МК-18) с признаками спорообразования, капсулообразования и формирования цепочек, а также овальные дрожжеподобные клетки (ТВ-5, МК-17). При оценке устойчивости к желчи в среде Бликфельдта интенсивное помутнение и рост отмечены у изолятов ТВ-11 и ТВ-12, слабое помутнение – у ТВ-5 и МК-6, тогда как ТВ-3, МК-17 и МК-18 видимых признаков роста не показали. Микроскопия после витального окрашивания метиленовым синим выявила универсальную

адаптационную реакцию клеток на стрессовое воздействие желчью: уменьшение размеров (наиболее выражено у ТВ-3 и МК-6), индукцию капсулообразования у МК-6 и МК-18, а также переход от одиночного расположения к скоплениям у ТВ-3 и МК-17. Количественный анализ жизнеспособности после двухчасовой инкубации позволил выделить изоляты в три группы: высокоустойчивые – ТВ-11, ТВ-12 и МК-6, сохранившие жизнеспособность на уровне 77-80% даже в разведениях 10^{-6} ; условно устойчивые – МК-17 и МК-18 с выживаемостью около 58–60%; неустойчивые – ТВ-3 и ТВ-5, жизнеспособность которых снижалась до 56,3% и 31,1% соответственно уже в разведении 10^{-4} КОЕ/мл.

Заключение. По результатам оценки некоторых свойств пробиотической активности семи исследуемых изолятов молочнокислых бактерий установлено, что наибольшей резистентностью к действию желчи обладают культуры ТВ-11, ТВ-12 и МК-6, уровень жизнеспособности которых превысил 77%, что позволяет рассматривать их в качестве кандидатов для дальнейшего изучения пробиотических свойств. Штаммы МК-17 и МК-18 отнесены к категории условно устойчивых с выживаемостью 58-60%, что соответствует минимальному допустимому уровню. Штаммы ТВ-3 и ТВ-5 продемонстрировали низкую устойчивость к желчи (жизнеспособность 56,3% и 31,1% соответственно), в связи с чем их дальнейшее исследование в рамках пробиотического скрининга нецелесообразно.

Библиографический список

1. Микробиологические и биохимические характеристики молочнокислых бактерий и области их применения / Н.Ф. Абдуллаева, З.А. Таги-заде, Р.С. Мустафаева. 2017. С. 5.
<https://cyberleninka.ru/article/n/mikrobiologicheskie-i-biohimicheskie-harakteristiki-molochnokislyh-bakteriy-i-oblasti-ih-primeneniya-obzor/viewer> (дата обращения: 15.10.2025).
2. Микробиология. Практикум: пособие / В.В. Лысак, Р.А. Желдакова, О.В. Фомина. Минск: БГУ, 2015. 115 с.
3. Патент RU2683225C2. Новые молочнокислые бактерии и содержащие их составы / Кристина Ланг, Андреас Рааб, Патрик Голлец. 2019.
4. Хиштова Н.С. Учебное пособие к практическим занятиям по медицинской микробиологии, вирусологии и иммунологии (общая часть). Майкоп: ОАО «Полиграф-издат Адыгея», 2008. 108 с.
5. Lactic acid bacteria: from starter cultures to producers of chemicals / R. Hatti-Kaul, L. Chen, T. Dishisha [et al.] // FEMS Microbiology Reviews. 2018. Vol. 42, No. 5. P. 614. DOI: 10.1093/femsre/fuy014.
6. Health benefits of fermented foods: microbiota and beyond / M.L. Marco, D. Heeney, S. Binda [et al.] // Current Opinion in Biotechnology. 2017. Vol. 44. P. 94-102. DOI: 10.1016/j.copbio.2016.11.010.

7. The Genus *Lactobacillus*: A Taxonomic Update / E. Salvetti, S. Torriani, G. E. Felis [et al.] // Probiotics and Antimicrobial Proteins. 2012. Vol. 4, № 4. P. 217-226. DOI: 10.1007/s12602-012-9117-8.

АНАЛИЗ РАСПРОСТРАНЕНИЯ И ФАКТОРОВ РИСКА АНТИБИОТИКОРЕЗИСТЕНТНОГО СТАФИЛОКОККА У СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ И ДОМАШНИХ ЖИВОТНЫХ

Войтюк Ю.В.

Грушко М.П., профессор, доктор биологических наук
Российский биотехнологический университет (РОСБИОТЕХ),
г. Москва, Россия

Введение. Стафилококкоз – группа инфекционных заболеваний животных, вызываемых бактериями рода *Staphylococcus*, которые широко распространены в окружающей среде и являются частью нормальной микрофлоры кожи и слизистых оболочек многих видов млекопитающих и птиц [6, 7]. При определённых условиях (снижение иммунитета, гормональные нарушения, нерациональное применение антибиотиков) эти условно-патогенные микроорганизмы способны вызывать воспалительные процессы различной степени тяжести – от локальных дерматитов и маститов до генерализованного сепсиса, особенно у молодняка [5].

Особую угрозу для ветеринарии и общественного здоровья представляет метициллин-резистентный золотистый стафилококк (MRSA), способный передаваться от животных к человеку и формировать множественную лекарственную устойчивость [6, 10]. В сельскохозяйственном секторе стафилококк является основным возбудителем мастита крупного рогатого скота [1, 2], нанося значительный экономический ущерб, а у домашних питомцев часто вызывает рецидивирующие кожные инфекции [5, 8].

Цель настоящей работы - проанализировать на основе данных открытых научных публикаций распространённость стафилококковой инфекции среди различных видов животных, оценить ключевые факторы риска и направления профилактики в контексте концепции «Единого здоровья» [6].

Материалы и методы. В работе проведён анализ ретроспективных и обзорных исследований, доступных в открытых научных базах данных (PubMed, Scopus, PMC, а также отраслевых ветеринарных журналах) за период 2020-2025 гг. [1, 2, 4]. Критерии включения: исследования, содержащие количественные данные о выделении *S. aureus* (включая MRSA) от животных разных видов, а также сведения о факторах риска колонизации и инфекции [3, 5, 6].

Анализировались работы, посвященные крупному рогатому скоту [1, 5, 6], свиньям [6], птице [6], козам [5], лошадям [10], собакам [8, 9], кошкам [9] и грызунам [7]. Для оценки распространённости MRSA в зависимости от вида животных и условий содержания применялся метод расчёта средневзвешенных

показателей и диапазонов значений, представленных в первичных источниках. Статистическая значимость различий оценивалась по данным оригинальных статей (с указанием *p*-значений) [6, 7].

Результаты и обсуждение. Анализ показал, что частота выделения *S. aureus* варьирует в широких пределах в зависимости от вида животных и условий их содержания. Согласно данным крупного международного исследования (*n*=3081), положительными на *S. aureus* оказались 24,9% свиней, 10,5% кошек, 7,1% грызунов, 6,3% собак и 4,7% кур [7]. При этом распространённость MRSA среди сельскохозяйственных животных достигает высоких значений: у свиней - от 0% до 53,9%, у птицы – 7,9-37,5%, у крупного рогатого скота – 3,21-29% [6].

В исследовании носового носительства MRSA у коз (*n*=153) *S. aureus* был выделен в 20,9% проб, а ген *mecA*, детерминирующий устойчивость к метициллину, обнаружен в 4,58% образцов [5]. Выявлена 100% резистентность выделенных штаммов MRSA к цефокситину и оксациллину, а также устойчивость 42,86% изолятов к ампициллину, эритромицину и окситетрациклину. Частота носительства MRSA была выше среди молодых коз (до 1 года – 7,14%) и самок (5,05% против 3,70% у самцов) [5].

У лошадей и персонала коневодческих ферм выявлен высокий уровень взаимного носительства MRSA. В ходе обследования ветеринарного госпиталя и 10 ферм в Онтарио MRSA был выделен у 79 лошадей и 27 человек [10]. Типирование штаммов подтвердило передачу возбудителя от человека к животному и обратно. 96% штаммов MRSA от лошадей и 93% от людей принадлежали к одному эпидемическому подтипу (SCC*mecIV*, *sra*-тип 7), что свидетельствует о клональной природе распространения [10].

У собак отмечен значительный рост доли стафилококков как возбудителей инфекций. Ретроспективное исследование (2019-2023 гг., *n*=896 проб) показало, что доля *Staphylococcus* spp. при наружном отите увеличилась с 53,4% в 2019 году до 84,5% в 2023 году (*p* < 0,0001) [8]. Множественная лекарственная устойчивость (MDR) выявлена у 38,7% всех бактериальных изолятов, причём более половины стафилококков, устойчивых к 7–9 группам антимикробных препаратов, были выделены из ран и абсцессов [8]. У кошек и собак с диареей в 67 случаях из 115 (58,3%) возбудителем оказался *S. intermedius* или *S. aureus* [3].

У крупного рогатого скота *S. aureus* остаётся ведущим возбудителем мастита. В исследовании, проведённом в Свердловской области (2022-2024 гг.), *S. aureus* выделен в 35,3% проб секрета молочной железы, причём изоляты проявляли резистентность к аминогликозидам, пенициллинам, тетрациклинам и фторхинолонам [1]. Был единично выявлен ген *mecA*, ответственный за устойчивость к метициллину [1].

Полученные результаты подтверждают, что стафилококковая инфекция у животных носит повсеместный характер, а её распространённость тесно связана с видом животного, условиями содержания и применением антибиотиков [6, 7]. Высокая частота носительства MRSA у свиней (до 53,9%) и птицы (до 37,5%)

указывает на то, что интенсивное животноводство является важным резервуаром резистентных штаммов [6]. Особую тревогу вызывает доминирование клональных комплексов CC9 и CC398, которые широко распространены среди сельскохозяйственных животных и способны передаваться человеку [6].

Обнаружение генов *mecA* у коз (4,58%) и коров (единичные случаи) свидетельствует о постепенном проникновении MRSA в популяции жвачных, что ранее считалось менее характерным для этих видов [1, 5]. Более высокая частота носительства MRSA среди молодых коз и самок может объясняться особенностями иммунного статуса и более тесным контактом с человеком при доении [5].

Данные по лошадям и персоналу коневодческих ферм наглядно демонстрируют двунаправленный зоонозный потенциал MRSA: человек может как инфицировать животных, так и сам заражаться от них [10]. Это подтверждает необходимость строгого соблюдения мер биобезопасности в ветеринарных клиниках и на фермах [10].

Наиболее тревожная тенденция выявлена у собак: за пятилетний период доля стафилококков при отите выросла более чем на 30 процентных пунктов, а уровень MDR среди стафилококков, выделенных из ран и абсцессов, превышает 50% [8]. Это прямо коррелирует с бесконтрольным применением антибиотиков в ветеринарной практике и требует пересмотра подходов к терапии [8, 9].

Заключение. Стафилококковая инфекция широко распространена среди сельскохозяйственных и домашних животных, причём наиболее высокие уровни носительства MRSA регистрируются у свиней (до 53,9%), птицы (до 37,5%) и крупного рогатого скота (до 29%) [6, 7].

Факторами риска являются: интенсивные методы содержания, бесконтрольное применение антибиотиков, молодой возраст животных и тесный контакт с человеком [5, 6, 8].

Установлена двунаправленная передача MRSA между животными и человеком (лошади/персонал, собаки/владельцы), что подтверждает зоонозный потенциал возбудителя [9, 10].

У собак зафиксирован статистически значимый рост доли стафилококков как этиологического агента инфекций ($p < 0,0001$) и высокий уровень множественной лекарственной устойчивости (более 50% изолятов из ран) [8].

Библиографический список

1. Безбородова Н.А., Шилова Е.Н., Смирнов П.Н. Антибиотикорезистентность бактериальных патогенов, циркулирующих на молочно-товарном предприятии Свердловской области // Ветеринария сегодня. 2025.
2. Макавчик С.А., Павлова В.С. Устойчивость к антимикробным препаратам стафилококков, выделенных из молока при инфекционных маститах коров // Международный вестник ветеринарии. 2024. № 1. С. 55-62.

3. Стафилококк у собак // Purina. 2025. <https://www.purina.ru/articles/dogs/health/stafilokokk-u-sobak> (дата обращения: 15.04.2026).
4. Стафилококковые диареи у собак и кошек // Veterinar.ru. 2005.
5. Barua B., Islam S., Hasan M.M. et al. Виявлення носового носійства метицилін-резистентного *Staphylococcus aureus* у кіз та профілю стійкості збудника до антимікробних препаратів // Український часопис ветеринарних наук. 2025. Т. 16, № 2.
6. Elbehiry A., Marzouk E. Staphylococci in Livestock: Molecular Epidemiology, Antimicrobial Resistance, and Translational Strategies for One Health Protection // Veterinary Sciences. 2025. Vol. 12, № 8. P. 757.
7. Folorunso A. et al. Prevalence of Methicillin-resistant *Staphylococcus aureus* in Livestock Production System of Nigeria: A Systematic Review // Acta Veterinaria Eurasia. 2025. Vol. 51, № 1. P. 1-11.
8. Horiuk Y. Determination of the drug Fagomast effectiveness with different titers of Phage SA ν B14 // Науковий вісник ветеринарної медицини. 2021. № 2 (168). С. 57-64.
9. Krastev K., Dimova T., Ivanova D. et al. A Retrospective Study (2019–2023) on the Prevalence and Antimicrobial Resistance of Isolates from Canine Clinical Samples Submitted to the University Veterinary Hospital in Stara Zagora, Bulgaria // Microorganisms. 2024. Vol. 12, № 8. P. 1670.
10. Weese J.S., Archambault M., Willey B.M. et al. Methicillin-resistant *Staphylococcus aureus* in horses and horse personnel, 2000-2002 // Emerging Infectious Diseases. 2005. Vol. 11, № 9. P. 1396-1399.

РОЛЬ КИШЕЧНОЙ МИКРОБИОТЫ В ПАТОГЕНЕЗЕ СЕРДЕЧНО-СОСУДИСТЫХ ЗАБОЛЕВАНИЙ

Воробьева И.В., доцент, кандидат биологических наук

Котелевец Е.П., кандидат медицинских наук

Вергасова А.А.

ФГБОУ ВО «Рязанский государственный медицинский университет имени
академика И.П. Павлова» Министерства здравоохранения Российской
Федерации, г. Рязань, Россия

Введение. Сердечно-сосудистые заболевания (ССЗ) занимают первое место среди причин глобальной смертности, ежегодно приводя к гибели порядка 18 миллионов человек. Несмотря на меры, принимаемые на разных уровнях, по снижению распространённости вредных привычек (курения, злоупотребления алкоголем, нерационального питания) проблема сохраняет высокую актуальность. Это побуждает научное сообщество исследовать новые, нетрадиционные факторы риска, в том числе роль кишечного микробиома [2].

Материалы и методы. Нами был проведен обзор литературных источников, индексируемых в базах данных PubMed и eLibrary, опубликованных до 28.04.2026. Используя комбинацию медицинских тематических заголовков (Medical Subject Headings, MeSH) и не-MeSH фраз, наши поисковые запросы включали «кишечная микробиота», «патогенез сердечно-сосудистых заболеваний», «триметиламиноксид». Кроме того, мы проанализировали списки литературы релевантных статей, чтобы выявить дополнительные источники.

Результаты и обсуждение. Различные профили дисбиоза кишечника могут быть связаны с конкретными нозологиями ССЗ через метаболиты, вырабатываемые микробиотой кишечника. Наиболее изученным является триметиламиноксид (ТМАО). Когда мы употребляем продукты, богатые L-карнитином (продукты животного происхождения, красное мясо – говядина, телятина, рыба) и фосфатидилхолина (яичный желток), бактерии родов *Clostridium*, *Escherichia*, *Klebsiella*, *Enterococcus* в просвете толстой кишки образуют из них триметиламин (ТМА), который всасывается в кровь и транспортируется в печень, где превращается в ТМАО [3].

ТМАО может стать нетрадиционным маркером развития ССЗ. ТМАО положительно коррелирует с прогрессирующим атеросклерозом и образованием пенистых клеток макрофагов, нагруженных холестерином, гиперреактивностью тромбоцитов, признаками воспаления сосудов. Повышение концентрации ТМАО в плазме крови ассоциировано с увеличением вероятности развития инфаркта миокарда, ишемического инсульта и сердечно-сосудистой смертности более чем на 60%. Это не значит, что вышеупомянутые продукты нужно исключить из рациона, необходимо скорректировать нормы их употребления [5].

Однако в составе микрофлоры есть бактерии рода *Bilophila* (в частности, *Bilophila wadsworthia*), которые могут деметилировать ТМА ещё до того, как он попадёт в печень и превратится в ТМАО. Согласно данным статистики, у здоровых людей количество представителей рода *Bilophila* значительно выше, чем у пациентов с ССЗ. При частом употреблении мяса количество этих бактерий в здоровом организме так же увеличивается – это своеобразный механизм адаптации организма для нейтрализации токсичного ТМАО [4].

Некоторые экспериментальные проекты уже подтвердили связь между составом кишечной микробиоты и регуляцией артериального давления. В частности, показано, что у лиц с артериальной гипертензией снижение количества представителей родов *Faecalibacterium*, *Bacteroides* ведёт к падению концентрации короткоцепочечных жирных кислот (КЦЖК), в частности бутирата, в кишечнике и крови. Дефицит бутирата ослабляет кишечный барьер.

Ослабление кишечного барьера и рост численности бактерий родов *Klebsiella*, *Parabacteroides*, *Desulfovibrio* и *Prevotella* приводят к повышению содержания липополисахаридов (ЛПС). Это способствует проникновению ЛПС в кровоток, где они связываются с рецепторами эндотелиальных клеток и индуцируют вазоконстрикцию [4].

Избыточное потребление соли может снижать численность бактерий рода *Lactobacillus* в кишечнике, что способно провоцировать активацию иммунных клеток. Чрезмерная иммунная активность вызывает функциональные изменения в почках, микрососудах и нервной системе, приводя к повышению артериального давления [3].

Ряд исследований последних лет выявил связь между кишечным микробиомом и хронической сердечной недостаточностью. В частности, в 2026 году было показано: повышенное содержание патогенных бактерий родов *Campylobacter*, *Salmonella* и вида *Yersinia enterocolitica* приводит к повышению количества ЛПС, триптофана, ТМАО, увеличению проницаемости энтероцитов. ЛПС связываются с рецепторами на поверхности иммунных клеток, что также запускает каскад высвобождения противовоспалительных цитокинов, которые снижают силу сердечных сокращений. На фоне хронического воспаления усиливается апоптоз кардиомиоцитов, стимулируется разрастание соединительной ткани в сердце, делая его стенки более жесткими и нарушая диастолическую функцию. Также ЛПС способствуют вазодилатации и задержке жидкости, приводя к развитию отеочного синдрома [6].

Атеросклеротические бляшки характеризуются наличием собственного микробного окружения, представленного микроорганизмами родов *Streptococcus*, *Pseudomonas*, *Klebsiella*, *Veillonella*, а также *Chlamydia pneumoniae*. Важно подчеркнуть, что вышеназванные бактерии (в особенности *Streptococcus* и *Veillonella*) обитают в основном в ротовой полости (микробиом зубного налета, десен) и при хронических воспалительных заболеваниях пародонта или из кариозных полостей попадают либо напрямую в кровоток, либо со слюной попадают в кишечник, который выступает в роли центрального резервуара, поддерживающего пул этих микроорганизмов и их метаболитов, оказывающих дистанционное влияние на состояние сосудов. Именно этим объясняется предположение, что состав кишечной микробиоты может влиять на предрасположенность сосудистой стенки к формированию атеросклеротических поражений [1].

ТМАО нарушает метаболизм желчных кислот, ингибирует обратный транспорт холестерина, в результате чего избыточный холестерин не захватывается липопротеинами высокой плотности и не доставляется в печень, а задерживается в сосудистой стенке и ускоряет формирование атеросклеротических бляшек, усиливает активацию тромбоцитов (активированные тромбоциты участвуют в гемостазе и секретируют медиаторы воспаления, способствуя адгезии моноцитов к эндотелию, усиливая дестабилизацию атеросклеротической бляшки, что многократно ускоряет прогрессирование заболевания) и индуцирует сосудистое воспаление. ТМАО повышает экспрессию рецепторов-мусорщиков на макрофагах. Рецепторы-мусорщики в норме распознают и поглощают модифицированные липопротеины низкой плотности, их избыточная активация под влиянием бактериального метаболита ТМАО ведёт к неконтрольному захвату

холестерина и превращению макрофагов в пенистые клетки – основной клеточный субстрат атеросклеротической бляшки [2].

По результатам клинических исследований, уменьшение популяции бактерий – продуцентов КЦЖК (*Eubacterium*, *Roseburia*, *Ruminococcaceae*) провоцирует синтез ТМАО и ЛПС. В условиях повышенной проницаемости стенки толстого кишечника эти вещества, наряду с бактериальными токсинами, интенсивно проникают в системный кровоток [7].

Когда бактерии в толстом кишечнике перерабатывают пищевые волокна, они выделяют не только полезные жирные кислоты (SCFAs – короткоцепочечные жирные кислоты и *Vas* (желчные кислоты)), но и молекулярный водород (H_2), работающий как антиоксидант. В 2007 году Ота доказал, что вдыхание 2% водорода защищает мозг от повреждений после ишемии. Позже эксперименты показали, что водород помогает при атеросклерозе, болезнях сердца, стрессе и сердечной недостаточности. Такой эффект объясняется малой молекулярной массой H_2 (2 Да), благодаря чему он легко проникает внутрь клеток – в митохондрии и ядро. Главная его особенность – выборочно обезвреживать опасные окислители, не повреждая полезные для организма. Кроме того, водород запускает собственную антиоксидантную защиту организма (через белок Nrf2) и снижает воспаление, подавляя гены провоспалительных цитокинов. *In vivo* подтверждена водородобразующая способность у бактерий семейств *Lachnospiraceae*, *Ruminococcaceae*, *Eubacteriaceae*, *Bacteroidetes*, *Enterobacteriaceae* [7].

Заключение. Связь между состоянием кишечной микробиоты и сердечно-сосудистой патологией, ещё недавно воспринимавшаяся как гипотеза, сегодня обрела вполне конкретные биохимические и эпидемиологические очертания. Мы рассмотрели два ключевых направления: роль ТМАО в атерогенезе и сдвиг микробного профиля, в частности соотношения *Firmicutes* и *Bacteroidetes* при артериальной гипертензии. За каждым из этих наблюдений стоит общая схема – дисбаланс микробного сообщества запускает каскад метаболических и воспалительных изменений, бьющих по сосудистой стенке. Микробиом не принадлежит к числу жёстко детерминированных, статичных факторов. Его пластичность даёт основания рассматривать диетические и, возможно, пробиотические стратегии не просто как вспомогательные рекомендации, а как способ направленного воздействия на патогенетические звенья ССЗ, что определяет одно из наиболее перспективных направлений профилактической кардиологии ближайших лет.

Библиографический список

1. Jie Z., Xia X., Zhong S.K. et al. The gut microbiome in atherosclerotic cardiovascular disease. *Nature Communications*. 2021; 12 (1): 2190. DOI: 10.1038/s41467-017-00900-1

2. Koeth R.A., Wang Z., Levison B.S. et al. Intestinal microbiota metabolism of L-carnitine, a nutrient in red meat, promotes atherosclerosis via generation of

trimethylamine-N-oxide. *Nature Medicine*. 2021; 27 (8): 1407-1416. DOI: 10.1038/nm.3145

3. Li J., Zhao F., Wang X. et al. Salt-sensitive gut microbiome drives the development of hypertension. *Hypertension*. 2024; 81 (3): 482-493. DOI: 10.1038/s41440-024-01747-y

4. Pluznick J.L. Microbial short-chain fatty acids and blood pressure regulation. *Current Opinion in Nephrology and Hypertension*. 2023; 32 (2): 115-121. DOI: [10.1007/s11906-017-0722-5](https://doi.org/10.1007/s11906-017-0722-5)

5. Masenga S.K., Hamooya B., Hangoma J. et al. Recent advances in modulation of cardiovascular diseases by the gut microbiota. *Journal of Human Hypertension*. 2022; 36: 952-959. DOI: <https://doi.org/10.1038/s41371-022-00698-6>

6. Tang W. H., Wang T. Y., Leong B. S. et al. Gut Microbiota-Dependent Trimethylamine N-Oxide and Cardiovascular Outcomes in Patients With Heart Failure. *Circulation Research*. 2022; 130 (4): 545–557. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.redox.2021.102115>

7. Yang T., Santisteban M., Rodriguez V. et al. Gut microbiota and blood pressure: The role of hydrogen-producing bacteria. *Journal of Clinical Investigation*. 2025; 135(5): e145678. DOI: <https://doi.org/10.1097/MNH.0000000000000476>.

ПИВО И МИКРОБИОТА КИШЕЧНИКА

Галоян Р.К., Ваулина Т.А., Гаврилова К.А.

ФГБОУ ВО «Уральский государственный медицинский университет»

Министерства здравоохранения Российской Федерации,

г. Екатеринбург, Россия

Введение. Употребление алкоголя, которое является обычной привычкой для многих людей, является спорным с точки зрения его влияния на здоровье человека. Пиво, как алкогольный напиток, может вызывать повреждения тканей и органов, такие как повышенное воспаление кишечника, эндотоксемия и алкогольная болезнь печени, если употребляется ненадлежащим образом или в избытке. Оно также может усиливать ущерб, вызванный сердечной недостаточностью и депрессией у пациентов, особенно у подростков и беременных женщин.

Однако, когда потребление алкоголя контролируется в безопасных пределах, питательные вещества в пиве и совокупное воздействие на микробиом кишечника оказывают положительное влияние на регуляцию иммунной функции человека [1].

Материалы и методы. Обзор подготовлен на основе анализа научной литературы 2016-2026 гг. Рассмотрены статьи, где обозревается влияние пива на микробиоту кишечника. Поиск проводился в PubMed, EMBASE и Cochrane Library, eLibrary по ключевым словам: умеренное употребление алкоголя, алкогольное пиво, безалкогольное пиво, иммуносупрессия, микробиом кишечника, пиво, метаболизм, полифенолы.

Результаты и обсуждение. Пиво является одним из наиболее часто употребляемых ферментированных напитков во всем мире. Чрезмерное употребление алкоголя может подавлять иммунную функцию организма. Алкоголь может нарушать миграцию лимфоцитов в поврежденные области, что приводит к дисфункциям естественных клеток-киллеров, Т-клеток, В-клеток, моноцитов и макрофагов и влияет на секрецию воспалительных факторов.

Однако исследования на людях и подопытных животных показали, что употребление низких доз алкоголя усиливает иммунную систему. Умеренное употребление алкоголя - потребление алкогольных напитков, не создающее проблем для здоровья пьющего или общества в целом, согласно данным литературы, равнозначно не более чем одному напитку в день для женщин и двум в день для мужчин: 14 единиц в неделю для женщин и 21 единица алкоголя в неделю для мужчин, одна единица эквивалентна 10 граммам алкоголя. Кроме того, такие напитки могут оказывать положительное влияние на иммунную систему не только из-за низкого содержания алкоголя, но и из-за антиоксидантов и других компонентов.

Умеренное употребление алкоголя может снизить вероятность простудных заболеваний у людей с риновирусом, что свидетельствует о том, что умеренное употребление алкоголя может усилить иммунные реакции и обеспечить более эффективную защиту от патогенов. Кроме того, один из важных механизмов, с помощью которого умеренное употребление алкоголя уменьшает воспаление, включает ингибирование воспалительной реакции моноцитов и повышение регуляции противовоспалительного цитокина интерлейкина (ИЛ)-10 [2].

Пиво является источником биоактивных соединений, в основном полифенолов, которые могут достигать толстого кишечника и взаимодействовать с микробиотой толстой кишки, также пиво содержит категории антиоксидантов, фенольные продукты, следы витаминов группы В, минералы (селен, кремний, калий), растворимые волокна и микроорганизмы [3].

Мониторинг полифенолов пива на различных фазах пищеварения показал их обширный метаболизм, в основном на стадии толстой кишки. Кроме того, в присутствии пива было обнаружено большее количество *Bacteroides*, *Bifidobacterium*, *Mitsuokella* и *Succinilasticum* на уровне рода, а также семейств *Ruminococcaceae* и *Prevotellaceae*.

Что касается микробного метаболизма, кормление пивом значительно увеличило выработку микробных короткоцепочечных жирных кислот (в основном масляной кислоты) и снизило содержание аммония.

В целом, эти результаты свидетельствуют о положительном воздействии умеренного потребления пива на метаболическую активность микробиоты толстой кишки, что позволяет предположить, что используемые сырьевые материалы и методы пивоварения могут влиять на кишечные эффекты пива [4].

Также в одном из исследований крафтовое пшеничное пиво, сваренное с пробиотическими дрожжами *Saccharomyces cerevisiae* UFMG A-905 (далее – 905), оценивалось на мышинной модели инфекции *Salmonella Typhimurium*.

Нефильтрованное или фильтрованное пиво, сваренное с 905, коммерческое пшеничное пиво, используемое в качестве отрицательного контроля, или физиологический раствор вводились мышам перорально до и во время орального заражения *S. Typhimurium*.

Высокие уровни дрожжей в кале были подсчитаны только у мышей, получавших нефильтрованное пиво 905, у которых также наблюдалось снижение смертности и потери веса из-за заражения *S. Typhimurium*.

У животных, инфицированных *S. Typhimurium*, наблюдались повышенные уровни кишечного IgA, транслокация в печень и селезенку, поражения печени и кишечника, провоспалительные цитокины в печени и подвздошной кишке, а также активность миелопероксидазы и эозинофильной пероксидазы печени и кишечника.

При этом все вышеуказанные параметры были снижены при приеме нефильтрованного пива 905.

Таким образом, крафтовое пшеничное пиво, сваренное с использованием *S. cerevisiae* UFMG A-905, сохраняло пробиотические свойства этих дрожжей при пероральном введении мышам, зараженным *S. Typhimurium* [5, 6]

Пиво является основным источником полифенолов хмеля в рационе человека. Хмель используется в пивоваренной промышленности для придания пиву аромата и горечи, но он также содержит определенные количества пренилфлавоноидов, а именно ксантохумола. Несколько доклинических исследований показывают, что ксантохумол снижает риск развития и прогрессирования заболеваний, связанных с окислительным стрессом (хронические заболевания, включая ожирение и диабет).

Как другие классы фенольных соединений, полифенолы пива могут достигать кишечника, где они способны модулировать рост бактерий. Кроме того, некоторые сорта пива могут содержать живые микроорганизмы брожения. Фламандский проект кишечной флоры, одно из крупнейших популяционных исследований по оценке вариации кишечной микробиоты у здоровых людей, показал, что потребление пива оказывает ключевое влияние на общий состав микробиоты.

Согласно данным исследования употребление безалкогольного или алкогольного пива ежедневно в течение 4 недель не увеличило массу тела и массу жира в организме. Оно также не изменило кардиометаболические биомаркеры: глюкоза, Hb A1C, инсулин, HOMA-IR, холестерин (ЛПНП и ЛПВП), триглицериды сыворотки, С-реактивный белок и гомоцистеин.

Пиво включает в себя ряд полифенолов, таких как флавоноиды и фенольные кислоты, и является самым богатым диетическим источником изоксантогумола. Эти фенольные соединения могут способствовать увеличению бактериального разнообразия, наблюдаемого в микробиоте кишечника участников, которые потребляют как алкогольное, так и безалкогольное пиво [6].

Продукты распада пива обладают противовоспалительным, антикоагулянтным, антиоксидантным и модулирующим метаболизм

глюколипидов потенциалом. Положительное влияние биоактивных веществ в пиве на профилактику рака, снижение сердечно-сосудистых событий и модуляцию метаболического синдрома делает его одним из кандидатов на роль микрoэкологических модуляторов.

Исследование *in vitro* показало, что умеренное употребление алкоголя может оказывать определенную пользу для здоровья за счет модуляции уровней клеточных гормонов и снижения воспалительных маркеров в иммунной системе. Умеренное употребление пива помогает улучшить работу иммунной системы и кровообращение за счет антиоксидантных и антивозрастных эффектов, которые могут помочь предотвратить возникновение сердечно-сосудистых заболеваний [2, 7]. Пиво снижает молекулы адгезии лейкоцитов и биологические маркеры риска воспаления и увеличивает антиоксидантную способность плазмы, тогда как этанол сам по себе этого не делает [1].

При умеренном потреблении пива фенолы и другие содержащиеся в нем питательные вещества ферментируются и расщепляются микроорганизмами, находящимся во внешнем слое слизистой оболочки кишечника. За счет этого образуется большое количество метаболитов, которые посредством взаимодействия микроорганизмов во внутренней слизистой оболочке, способствуют изменениям в обилии симбионтной флоры, оказывая ряд противовоспалительных, антиоксидантных и иммуномодулирующих эффектов.

Продукты ферментации способствуют росту симбионтной флоры, а микробно-ассоциированные молекулярные паттерны, продуцируемые этими микробами, стимулируют рецепторы распознавания паттернов в эпителиальных клетках и вызывают выработку антимикробных пептидов. Некоторые из них эндцитируются в пейеровы бляшки клетками М и дендритными клетками, которые продуцируют провоспалительные цитокины или хемокины (тимический стромальный лимфопоэтин, трансформирующий фактор роста и интерлейкин-10), действующие на эффекторные клетки и вызывают созревание лимфоидных фолликулов и высвобождение IgA. Антигенные компоненты, приобретенные дендритными клетками, могут попадать через лимфатические сосуды в брыжеечные лимфатические узлы, вызывать экспансию Т-клеток, регулировать количество клеток Th-1, Th-2 и Th-3 и инициировать иммунный барьер слизистой оболочки.

Иммуномодулирующее действие пива обусловлено тремя содержащимися в нем компонентами: полифенолами, клетчаткой и этанолом. Из-за преобразования субстратов пива, образования биоактивных конечных продуктов и присутствия микроорганизмов некоторые из его компонентов оказывают похожие или даже более сильные эффекты, чем пробиотики.

Полифенолы и клетчатка демонстрируют потенциал для улучшения развития здорового микробиома кишечника через пробиотические механизмы, в которых доминируют бактерии, катаболизирующие сахар, продуцирующие короткоцепочечные жирные кислоты (*Bifidobacterium* spp. и *Saccharomyces* spp.).

Полифенолы и пикриновая кислота являются антиоксидантами пива, оказывая противодействующее действие против дисбактериоза кишечной флоры и местные противовоспалительные эффекты.

Пиво также содержит пищевые волокна, такие как некрахмалистые, неперевариваемые углеводы (β -глюкан, арабиноксилан, манноза, полимеры фруктозы и т. д.), которые посредством ферментации устанавливают контакт с кишечной микробиотой и действуют как питательные субстраты для стимуляции развития кишечного микробиома [7].

Заключение. Умеренное или низкое употребление алкоголя может улучшить иммунитет и вернуть ослабленную иммунную систему в норму.

Пиво включает в себя ряд полифенолов, которые являются антиоксидантами пива, оказывая противодействующее действие против дисбактериоза кишечной флоры и местные противовоспалительные эффекты.

Пиво содержит пищевые волокна, которые посредством ферментации устанавливают контакт с кишечной микробиотой и действуют как питательные субстраты для стимуляции развития кишечного микробиома.

Библиографический список

1. Zhang S, Jin S, Zhang C, Hu S, Li H. Beer-gut microbiome alliance: a discussion of beer-mediated immunomodulation via the gut microbiome. *Front Nutr.* 2023;10:1186927. Published 2023 Jul 25. doi:10.3389/fnut.2023.1186927
2. Hu S, Yin H, Li X, Fan M, Li H. Effects of moderate beer consumption on immunity and the gut microbiome in immunosuppressed mice. *Biosci Microbiota Food Health.* 2025;44(1):32-42. doi:10.12938/bmfh.2024-045
3. Zugravu CA, Medar C, Manolescu LSC, Constantin C. Beer and Microbiota: Pathways for a Positive and Healthy Interaction. *Nutrients.* 2023;15(4):844. Published 2023 Feb 7. doi:10.3390/nu15040844
4. Rodriquez-Saavedra M, Tamargo A, Molinero N, et al. Simulated gastrointestinal digestion of beer using the simgi® model. Investigation of colonic phenolic metabolism and impact on human gut microbiota. *Food Res Int.* 2023;173(Pt 1):113228. doi:10.1016/j.foodres.2023.113228
5. Oliveira SRM, Campos LL, Amaral MNS, et al. Evaluation of a Functional Craft Wheat Beer Fermented with *Saccharomyces cerevisiae* UFMG A-905 to treat *Salmonella Typhimurium* infection in mice. *Probiotics Antimicrob Proteins.* 2023;15(5):1180-1192. doi:10.1007/s12602-022-09973-x
6. Marques C, Dinis L, Barreiros Mota I, et al. Impact of Beer and Nonalcoholic Beer Consumption on the Gut Microbiota: A Randomized, Double-Blind, Controlled Trial. *J Agric Food Chem.* 2022;70(41):13062-13070. doi:10.1021/acs.jafc.2c00587
7. Zhang S, Jin S, Zhang C, Hu S, Li H. Beer-gut microbiome alliance: a discussion of beer-mediated immunomodulation via the gut microbiome. *Front Nutr.* 2023;10:1186927. Published 2023 Jul 25. doi:10.3389/fnut.2023.1186927

АНТИМИКРОБНЫЕ СВОЙСТВА *TRAMETES VERSICOLOR* (L.) LLOYD В ОТНОШЕНИИ ГРАМПОЛОЖИТЕЛЬНЫХ МИКРООРГАНИЗМОВ

Дегтярёва Е.И., доцент, кандидат биологических наук¹

Коваленко С.А., доцент, кандидат сельскохозяйственных наук²

Петровская Т.А., доцент, кандидат медицинских наук¹

Зинкевич О.В.¹, Дегтярёва А.В.¹

¹Гомельский государственный медицинский университет,

²Институт леса национальной академии наук Беларуси,

г. Гомель, Беларусь

Введение. Трутовик разноцветный (*Trametes versicolor*), относящийся к порядку Polyporales и семейству Polyporaceae, представляет собой ценное сырье для производства лекарств, БАДов, профилактических средств и функциональных продуктов питания. Этот гриб легко узнать по его характерной яркой, зональной окраске, которая иногда может быть дополнена зеленоватыми пятнами от лишайников. Он широко распространен в природе, предпочитая лиственные и смешанные леса, а также городские зеленые зоны. Его можно встретить на пнях и упавших деревьях различных лиственных пород, таких как береза, осина, ольха, липа, черемуха, яблоня и рябина, а также изредка на хвойных деревьях (ель, сосна). Трутовик разноцветный содержит широкий спектр биологически активных веществ, включая фенольные соединения (прокатеховая, кумаровая кислоты, пурпурогаллин, пирокатехин). *Trametes versicolor* (Т. versicolor) является ценным источником биоактивных соединений с потенциалом для медицины. Этот гриб эффективно борется с условно-патогенными бактериями в кишечнике, что открывает возможности для создания новых антибиотиков, в частности, против стафилококковых инфекций. Его экстракты также показали способность нейтрализовать вирусы, включая ВИЧ-1 и различные типы гриппа (H5N1, H3N2). В фармацевтической промышленности активно используются иммуномодулирующие полисахариды Т. versicolor. Японская фирма "Sankyo Co Ltd." выпускает онкологический препарат Крестин (PSK), представляющий собой высокоочищенные протеинсодержащие полисахариды этого гриба, применяемый в комбинации с традиционными методами лечения и для поддерживающей терапии. Помимо этого, в Китае на основе штаммов Т. versicolor создан противоопухолевый препарат PSP (гликопептид), а в России – биологически активная добавка Трاملан. Экстракты плодовых тел *Trametes versicolor* показали умеренный уровень радикал-ингибирующей активности. При этом наибольшей радикал-ингибирующей активностью обладала этилацетатная фракция ($IC_{50}(DPPH) = 46,22 \pm 1,39$ мкг/мл, $IC_{50}(ABTS) = 6,06 \pm 0,18$ мкг/мл), что коррелирует с содержанием фенольных соединений ($146,25 \pm 4,39$ мг/г) [3].

Определенный научный и практический интерес представляет проведение скрининга наиболее продуктивных штаммов Т. versicolor из коллекционного фонда ГНУ «Институт леса НАН Беларуси», а также изучить антимикробные свойства спиртовых экстрактов, полученных из плодовых тел.

Материалы и методы. В работе изучены различные культуры гриба *Trametes versicolor* (далее *T. versicolor*), полученные из коллекции базидиальных грибов Института леса Национальной академии наук Беларуси (FIB). Два штамма, № 125 и № 126, были приобретены в 1993 году из коллекции шляпочных грибов Института ботаники имени Н. Г. Холодного Национальной академии наук Украины (IBK). Штамм № 249 был получен в 2006 году из Института микробиологии Национальной академии наук Беларуси (БИМ). Остальные штаммы (№ 256, 257, 270, 271, 272) были выделены в разные годы из образцов плодовых тел, собранных в естественных условиях на территории Беларуси. Идентификация видовой принадлежности всех штаммов была подтверждена с помощью молекулярно-генетических методов, в частности, секвенирования рибосомального оперона ядерной ДНК базидиальных грибов, проведенного в лаборатории геномных исследований и биоинформатики ГНУ «Институт леса НАН Беларуси».

Цель исследования: оценка особенностей роста и развития вегетативной стадии (мицелия) и стадии плодоношения штаммов *T. versicolor* на питательных средах, таких как солодовый агар и различные растительные субстраты; изучение антимикробной активности спиртовых экстрактов, полученных из плодовых тел этих грибов.

Для изучения характеристик роста и развития штаммов *T. versicolor* в чистой мицелиальной культуре использовался солодовый агар (САС) с концентрацией сахаров 6° по Баллингу и pH 5,6. Эксперименты проводились в трех повторностях согласно стандартным методикам, разработанным для исследования высших базидиальных грибов. Культуры инкубировались в термостате при температуре 25°C. В процессе роста оценивались такие параметры, как диаметр колонии, плотность мицелия, его высота и ростовой коэффициент (РК) [2]. Среднесуточная скорость радиального роста колонии (СР) определялась по методике Е.Ф. Соломко.

Скорость роста мицелия штаммов *T. versicolor* на зерновом субстрате (овес) исследовалась в стеклянных емкостях объемом 0,5 л, содержащих 0,25 кг субстрата, при температуре 25°C.

Для культивирования штаммов *T. versicolor* применялись два типа субстратов, приготовленных на основе опилок (березовых или осиновых) с добавлением пшеничных отрубей в соотношении 90%:10%, а также мела и гипса. Субстраты формировались в блоки весом 0,5 кг. Опыт проводился в пяти повторностях. Стерилизация субстратов осуществлялась в автоклаве при давлении 1,2 атмосферы и температуре 122°C в течение двух часов. После автоклавирования влажность субстрата на основе березовых опилок составила 70% при pH 5,8, а на основе осиновых опилок – 69% при pH 5,9. Инокуляция (засев) проводилась посевным мицелием *T. versicolor* в количестве 5% от массы субстрата.

Условия культивирования в специальном помещении включали: среднюю температуру воздуха 17-22°C, влажность 89-95%, освещенность 472±18,4 люкс и концентрацию CO₂ 601,4±9,6 ppm. В ходе эксперимента оценивались

показатели эффективности использования питательных веществ субстрата штаммами *T. versicolor*, такие как продуктивность, биологическая эффективность и коэффициент конверсии.

Для получения вторичных метаболитов использовались сухие плодовые тела *T. versicolor*. Экстракцию проводили этиловым спиртом 70%. Применяли метод мацерации с продолжительным периодом нагрева экстракционной смеси до температуры 35°C, предотвращающей разрушение энзимов. Спиртовые экстракты отделяли от плодовых тел грибов и фильтровали через бактериальные фильтры. С целью снижения физико-химического воздействия спирта на тестируемые микроорганизмы в дальнейшем, отфильтрованные экстракты вносили во взвешенные пробирки и помещали в термостат с температурой 35°C до полного выпаривания растворителя. Грибные экстракты растворяли в диметилсульфоксиде (ДМСО), доводя раствор до 20000 мкг/мл.

Для работы нами были использованы стерильные серологические 96-луночные планшеты с V-образным дном. На одном планшете в рядах А – Н определялась минимальная подавляющая концентрация одновременно для 8 штаммов микроорганизмов. Для тестирования были использованы суточные культуры 6 клинических изолятов *S. aureus*: БС-1, БС-9, БС-12, БС-19; *E. faecalis* 35758, *E. faecium* 33 VAN-R. В панель микроорганизмов для тестирования включены эталонные штаммы из Американской коллекции типовых культур (ATCC) *S. aureus* ATCC 29213, *E. faecalis* ATCC 51299. Заполненные планшеты закрывали крышкой, и поместив в герметичные пакеты из полиэтилена, с целью предупреждения высыхания, помещали в термостат при температуре 35 °C на 24 и 48 часов. По истечении времени инкубации нами были изучены антибактериальные свойства спиртовых экстрактов из плодовых тел *T. versicolor*, используя турбидиметрический метод, учитывая задержку (угнетение) роста популяции тест-культур (по величине мутности среды) с помощью камеры визуального считывания (зеркало + увеличитель) Thermo V4007. Учет проводили только при наличии роста исследуемых микроорганизмов в 12 ряду лунок (при отсутствии в лунках спиртовых экстрактов из плодовых тел *T. versicolor*).

Результаты и обсуждение. В результате проведенных экспериментов из восьми штаммов были отобраны два (FIB-271, FIB-272), которые обладали наибольшей скоростью роста на растительных субстратах и накоплением биомассы плодовых тел. Культуры *T. versicolor* образуют на солодовом агаре плотные войлочные колонии белого цвета, высотой 1–2 мм, зона роста однородная, край колонии прижат, внешняя линия колонии гладкая. С возрастом некоторые колонии приобретают светло-кремовый оттенок. Наиболее высокая скорость роста мицелия на агаризованном солоде отмечена у штаммов FIB-125, FIB-249 и FIB-272 (6 мм/сут.). У остальных штаммов полное заращение чашки Петри при 25 С наблюдалось на 7-10 сутки, скорость роста составила 4,2-7 мм/сут., ростовой коэффициент – 33,5-90 (рис. 1).

Штаммы траметеса разноцветного колонизировали зерно овса при температуре 25 °С в емкостях по 0,5 л на 12-14 сутки; за исключением штаммов 256, 257 и 270 (27-38 сутки).



Рис. 1. Колония FIB-272 на САС:
а – 7 сутки; б – 70 сутки.

Все штаммы быстрее осваивали субстрат на основе березовых опилок. На опилочных субстратах высокую скорость роста показали штаммы FIB-271 и FIB-272, блоки массой 500 г с березовыми опилками осваивали на 13-17 сутки, с осиновыми – на две недели позже (26–28 сутки), несмотря на то, что эти изоляты выделены из плодовых тел, собранных на *Populus tremula*.

Первые примордии FIB-271 и FIB-272 появились через 13–17 суток после полного обрастания субстратных блоков. Плодовые тела штамма FIB-271 формировались 56-58 суток; у FIB-272 – на две недели позже (70-72 сут.) при температуре $20,2 \pm 0,3$ °С в культивационном помещении (рис. 2).



Рис. 2. Образование примордий FIB-271 на опилках:
а – березовых (31 сутки); б – осиновых (42 сутки).

Период плодоношения у FIB-271 с одной волной на субстрате с березовыми опилками составил в среднем 87 сут, с осиновыми – 100 сут; у FIB-272 – 99 и 115 сут соответственно (рис. 3).

У штаммов 256, 257 и 270 плодовые тела не сформировались. У выращенных на осине FIB-257 и FIB-270 отмечалось появление примордиев, однако развитие до стадии плодовых тел не произошло.

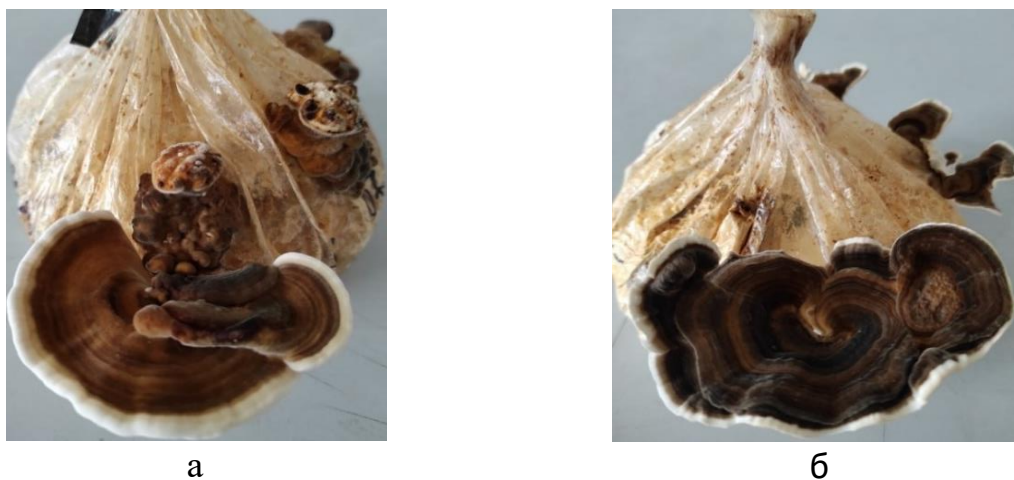


Рис. 3. Плодоношение *T. versicolor* на березовых опилках:
а – FIB-271 (87сут.); б – FIB-272 (99 сут.)

Более высокая продуктивность была получена на субстрате, составленном из березовых опилок. Для штаммов 271 и 272 средний показатель доходил до 11 12,5% от массы субстрата. Когда в качестве основы использовали осиновые опилки, значение уменьшалось до 6,4 6,7%.

При выращивании плодовых тел на блоках с березовыми опилками и добавлением пшеничных отрубей биологическая эффективность у FIB-271 и FIB-272 составила 41,5% и 37,1% соответственно. В этом случае коэффициент конверсии достигал 13,5% и 12,9%.

Кроме того, в ходе работы изучены антимикробные свойства спиртовых экстрактов, полученных из плодовых тел базидиальных грибов *T. versicolor*, выращенных на субстратных блоках. Минимальные концентрации грибных спиртовых экстрактов, при которых рост тест микроорганизмов подавлялся, представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Минимальные концентрации спиртовых экстрактов грибов, подавляющие рост тест-микроорганизмов (мкг/мл)

Тест-микроорганизмы	<i>T. versicolor</i> штамм 271	<i>T. versicolor</i> штамм 272
<i>S. aureus</i> ATCC 29213	155	155
<i>E. faecalis</i> ATCC 51299	78	155*
<i>E. faecium</i> 33 VAN-R	78	155*
<i>E. faecalis</i> 35758	155*	155*
<i>S. aureus</i> БС-1	155*	155
<i>S. aureus</i> БС-9	10000	2500
<i>S. aureus</i> БС-12	310	310
<i>S. aureus</i> БС-19	2500	155*

Примечание:* – концентрация грибного экстракта оказывает на тест-микроорганизмы бактериостатическое действие.

Согласно данным таблицы 1, спиртовые вытяжки из базидиом *T. versicolor* у штамма 271 демонстрируют более сильную антимикробную активность в отношении энтерококков. Одновременно важно отметить, что грибные экстракты, полученные от обоих штаммов, действуют на *E. faecalis* VAN-R. В то же время спиртовые экстракты грибов штамма 271 не оказывают ингибирующего влияния на *S. aureus* БС-9 (рис. 4).



Рис. 4. МПК спиртовых экстрактов *T. versicolor* штаммов 271, 272.

Наиболее достоверно судить об антимикробной активности грибных экстрактов можно через двое суток после помещения планшетов в термостат. Для определения МПК экстракта необходимо исследовать содержимое каждой лунки планшета, используя модифицированный метод оценки бактерицидности экстрактов.

Заключение. Отмечены штаммовые различия вегетативного роста и плодоношения *T. versicolor* на субстратах с использованием березовых и осиновых опилок. Все штаммы быстрее осваивали субстрат на основе березовых опилок. Штаммы FIB-271 и FIB-272, представлявшие интерес для культивирования, осваивали субстратные блоки массой 0,5 кг, где основу составляли березовые опилки в объеме 90% и пшеничные отруби в объеме 10%, уже на 13-17 сутки. Когда же в качестве основы брали осину, на этот этап уходило на две недели больше, и он приходился на 26-28 сутки. Примечательно, что эти изоляты были выделены из плодовых тел, собранных на осине обыкновенной *Populus tremula*. На субстрате с березовыми опилками плодоношение у FIB-271 и FIB-272 в среднем длилось 87-99 суток, а на осиновых блоках его продолжительность достигала 100-115 суток. Максимальная продуктивность была получена именно на березовом субстрате: у обоих штаммов средние значения составили 11-12,5% от массы субстрата, а биологическая эффективность достигала 37-41,5%.

Кроме того, было установлено, что спиртовые экстракты из плодовых тел *T. versicolor*, выращенных на березовых субстратных блоках, обладают антимикробным действием в отношении 5 клинических изолятов *S. aureus*: БС-1, БС-12, БС-19; *E. faecalis* 35758, *E. faecium* 33 VAN-R, *S. aureus* ATCC 29213, *E. faecalis* ATCC 51299.

Библиографический список

1. Антимикробные и фунгицидные свойства ксилотрофных базидиомицетов, культивированных на растительных субстратах с добавлением микроудобрений / Е.И. Дегтярёва, С.А. Коваленко // Экологический Вестник Северного Кавказа. 2021. Т. 17. № 2. С. 28-37.
2. Бухало А.С. Высшие съедобные базидиомицеты в чистой культуре / отв. ред. И.А. Дудка; Ин-т ботаники им. Н.Г. Холодного. Киев: Наукова думка, 1988. 144 с.
3. Комлач И.А. Исследование антиоксидантной активности экстрактов трутовика разноцветного // Смоленский медицинский альманах. 2023. № 4. С. 72-74.
4. Антимикробная активность грибов рода *Trichoderma* и *Trametes* в отношении условно-патогенных микроорганизмов рода *Staphylococcus* / В.С. Садыкова, К.Г. Ковалева, Н. Чижмотря [и др.] // Сибирский медицинский журнал. 2006. № 8. С. 18-20.
5. Противовирусная активность базидиальных грибов. Обзор литературы / Т.В. Теплякова, Т.А. Косогорова, Г.Г. Ананько [и др.] // Проблемы медицинской микологии. 2014. Т. 16, № 2. С. 15-25.
6. Polysaccharopeptides of *Coriolus versicolor*: physiological activity, uses, and production / J. Cui, Y. Chisti // Biotechnol Adv. 2003. Vol. 21, № 2. P. 109-122.

ИМУНОМОДУЛИРУЮЩИЙ ПОТЕНЦИАЛ ГРИБОВ РОДА CANDIDA: АМБИВАЛЕНТНОСТЬ СИМБИОНТА И ВОЗБУДИТЕЛЯ

Евдокимова О.В., доцент, кандидат медицинских наук

Новак А.И., доцент, доктор биологических наук

Захарова О.А., доцент, доктор сельскохозяйственных наук

ФГБОУ ВО «Рязанский государственный медицинский университет
имени академика И.П. Павлова» Министерства здравоохранения
Российской Федерации, г. Рязань, Россия

Грибы *Candida* spp. являются условно-патогенными микроорганизмами, составляющими часть нормальной микробиоты кожи и слизистых оболочек [1]. Их уникальная способность существовать как в комменсальном, так и в патогенном состоянии делает их важным объектом изучения в медицинской микологии. В последние десятилетия накоплены данные, свидетельствующие не только о патогенном потенциале этих грибов, но и об их сложных иммунопротекторных свойствах [2]. Ежегодно в мире регистрируется более 150 тысяч случаев инвазивных кандидозов, а летальность при диссеминированных формах микотической инфекции достигает 63,6% [3], что подчеркивает важность понимания механизмов взаимодействия *Candida* spp. с иммунной системой макроорганизма.

В составе нормального микробиома защитные механизмы иммунной системы позволяют *Candida* spp. колонизировать организм, но препятствуют распространению и проникновению грибов в клетки макроорганизма, при условии целостности эпителиального барьера или отсутствия иммунодефицита. Патогенный потенциал грибов рода *Candida* реализуется через различные факторы вирулентности, важными из которых являются структуры и секретируемые продукты метаболизма грибов, составляющие группу иммунопротекторов. Защита от иммунного ответа достигается различными стратегиями, включая наличие в клеточной стенке мукоромицетов постоянно присутствующими специфическими молекулами внутреннего слоя, состоящего из хитина и β -глюкана и внешнего слоя маннана на поверхности клетки [4]. Основные полисахариды клеточной стенки являются лигандами для рецептора дектин-1, экспрессируемого на макрофагах, дендритных клетках, нейтрофилах и индуцируют продукцию цитокинов IL-6, IL-10, TNF- α , активных форм кислорода, формируя иммунный ответ [5]. Однако эта форма иммунного ответа может смещаться в сторону регуляторного профиля, способствующего поддержанию гомеостаза.

Другими компонентами клеточных мембран грибов, активно моделирующими иммунный ответ являются маннан и маннопротеиновые комплексы. Через взаимодействие с маннозосвязывающим лектином системы комплемента, запускается каскад реакций, заканчивающийся формированием мембраноатакующего комплекса на поверхности клеточной мембраны и лизисом клетки-мишени. Кроме того, активация комплемента сопровождается высвобождением провоспалительных фрагментов C3a, C5a системы комплемента, которые привлекают фагоциты и усиливают воспалительный ответ. Вместе с этим маннопротеиновые комплексы могут участвовать в механизмах уклонения от иммунного ответа, подавляя синтез провоспалительных цитокинов или препятствовать опсонизации, что снижает эффективность поглощения гриба макрофагами и нейтрофилами [6].

Активное взаимодействие компонентов клеточной стенки *Candida* spp. с рецепторами врожденного иммунитета не всегда ведет к элиминации гриба, но часто заканчивается формированием иммунотолерантности или активацией регуляторных механизмов, которые поддерживают комменсальный статус мукоромицетов и формируют защиту против других патогенных видов грибов [7]. Переход от комменсализма к патогенности происходит из-за сочетания двух факторов: ослабления защитных сил организма хозяина и повышенной экспрессии специфических признаков вирулентности, которые способствуют закреплению и прогрессированию инфекции. Основным фактор, определяющий различную патогенность разных штаммов грибов *Candida* spp. и как следствие развитие различных форм иммунного ответа связан с быстротой морфологического перехода и, как следствие, способностью обходить иммунную защиту хозяина. В частности, иммунная система по-разному распознает дрожжевые клетки и клетки гиф, что не позволяет создать макроорганизму единую модель распознавания мукоромицетов [8]. Гифальные

формы грибов *Candida* spp. в меньшей степени, чем дрожжевые стимулируют выработку хемокинов, IL-12 моноцитами, что существенно снижает эффективность защиты воспалительного и фагоцитарного ответа [9].

Таким образом, грибы *Candida* spp. представляют уникальную модель микроорганизма с двойственной природой. С одной стороны, основные компоненты клеточной стенки – маннаны, маннанопротеины, бета-глюканы в условиях иммунного гомеостаза поддерживают баланс микробиоты, функциональную активность механизмов врожденного иммунитета и модулируют воспалительные реакции. С другой стороны, при нарушении защитных механизмов макроорганизма те же молекулярные механизмы способствуют уклонению грибов от иммунного ответа, развитию микотической инфекции и персистенции патогена. Понимание механизмов переключения между комменсальным и патогенным состоянием *Candida* spp. открывает новые возможности для терапевтических стратегий. Перспективными подходами могут стать технологии с использованием лекарственных препаратов, направленных на регуляцию данного баланса, а именно укрепление иммунного контроля и селективное воздействие на иммуномодулирующие свойства мукоромицетов для терапевтических целей.

Библиографический список

1. Реброва Р.Н. Роль грибов *Candida* при заболеваниях негрибковой этиологии. М.: Медицина, 1989, 128 с.
2. Tajané SB, Pawar S, Patil S. Revisiting the History of Candidiasis. *Cureus*. 2025 Feb 11. 17(2): e78878. DOI: 10.7759/cureus.78878.
3. Анализ результатов микробиологической идентификации грибов рода *Candida* в многопрофильном стационаре / В.А. Сидоренко, А.В. Мартынова, М.Л. Сидоренко // Международный научно-исследовательский журнал. 2026. №1 (163). URL: <https://research-journal.org/archive/1-163-2026-january/10.60797/IRJ.2026.163.65> (дата обращения: 25.05.2026). DOI: 10.60797/IRJ.2026.163.65.
4. Elie Ali Komi D, Sharma L, Dela Cruz SS. Chitin and its effects on inflammatory and immune responses. *Clin Rev Allergy Immunol*. 2018 Apr;54(2):213-223. DOI: 10.1007/s12016-017-8600-0.
5. Ariizumi K., Shen G.L., Shikano S., Xu S., Ritter R., Kumamoto T., Edelbaum D., Morita A., Bergstresser P.R., Takashima A. Identification of a novel, dendritic cell-associated molecule, Dectin-1, by subtractive cDNA cloning. *J. Biol. Chem*. 2000;275:20157–20167. DOI: 10.1074/jbc.M909512199.
6. Yeman G.R, Kerr M.A. Opsonization of yeast by human serum IgA anti-mannan antibodies and phagocytosis by human polymorphonuclear leucocytes. *Clin. exp. Immunol*. (1987) 68, 200-208
7. Ibrahim A.S., Felts K. Interaction of mucormycetes with the host organism. *Curr Opin Microbiol*. 2017 Dec;40:40-45. DOI: 10.1016/j.mib.2017.10.010. Published Nov 4, 2017.

8. Rizzetto L., Weil T., Cavalieri D. Systems Level Dissection of Candida Recognition by Dectins: A Matter of Fungal Morphology and Site of Infection. Pathogens. 2015 Aug 21;4(3):639-61. DOI: 10.3390/pathogens4030639.

9. Torosantucci A., Chiani P., Cassone A. Differential chemokine response of human monocytes to yeast and hyphal forms of Candida albicans and its relation to the β -1,6 glucan of the fungal cell wall. J. Leukoc. Biol. 68: 923-932; 2000.

АНТОНИ ВАН ЛЕВЕНГУК: «Я ПРОСТОЙ ЧЕЛОВЕК...»

Захарова О.А., доцент, доктор сельскохозяйственных наук
ФГБОУ ВО «Рязанский государственный медицинский университет
имени академика И.П. Павлова» Министерства здравоохранения
Российской Федерации, г. Рязань, Россия

Введение. Многочисленными биографами Левенгука собрано и опубликовано массы сведений о его жизни, в которой достаточно времени было уделено невидимому невооруженным глазом микромиру. Именно желание увидеть невидимое было удовлетворено созданием двояковыпуклой линзы размером с булавочную головку с коротким фокусом. Через нее он смотрел на исследуемый объект, нанизанный на иглу, удивлялся и описывал увиденное. Началось исследование со «зверушек», а точнее «анимакулей», в капле воды, а закончилось открытием целого мира мельчайших организмов [1]. Более 300 писем на голландском языке в Лондонское Королевское общество и непрофессиональный перевод их на латынь Г. Ольденбургом повлияли на решение послать из общества комиссию для проверки описанных сведений. Лондонское Королевское общество было прообразом академии наук в те времена и на его заседаниях ученые доказывали экспериментами свои открытия. Общество было создано в 1662 г., а местом его проведения служил дом графа Коркского – известного химика Роберта Бойля. На фронтоне этого дома висела надпись «Nullius in verba» – «Только не словами», что подразумевало роль эксперимента. В этом же году стали выходить Протоколы Общества, и стало легче следить за его историей и развитием идей. Открытия Левенгука через несколько десятков лет наконец-то были поняты и ввели его в мир ученых. В 1680 году при участии короля Англии Карла II Стюарта, секретаря общества Роберта Гука, нидерландского ученого Р. Граафа он был избран членом Лондонского Королевского общества.

Кстати, псевдоним он выбрал себе сам, наверняка, по созвучию с Гуком. В переводе он означает «Львиный уголок» в родном городе Делфте. А фамилия по отцу у него была Тониззон.

Итак, цель теоретического обзора показать трудный путь «простого» человека без образования к вершинам славы как всемирно известного ученого.

Материалы и методы. С помощью научных методов анализа, логики, сравнения и заключения на основе обзора научной литературы раскрыт показан исторический путь и современный взгляд на роль Левенгука в микробиологии.

Результаты и обсуждение. В 1936 году, через 300 лет после рождения Левенгука, физик, основатель и первый директор Государственного оптического института, академик АН СССР Д. Рождественский писал: «Вы можете себе представить ужасное неудобство этих мельчайших линзочек. Объект вплотную к линзе, линза вплотную к глазу, носа девать некуда!» (рис. 1).



Рис. 1. С микроскопом в руках Левенгук (1670)
и профессор Л.И. Дворецкий (2018)

В тоже время советский ученый отмечал, что линзы Левенгука позволили ему видеть почти то же, что позволяют современные стандартные фабричные микроскопы, но у этих приборов другая оптика – плод высокой физической теории и новейшей физико-химии стекла [2].

В начале 1673 г. врач Р. Грааф направил на имя секретаря Лондонского Королевского общества письмо с сообщением об экспериментах изобретателя по имени Антони ван Левенгук, изготавливающим «микроскопы, далеко превосходящие известные до сих пор микроскопы Евстафия Дивини». После письма Р. Граафа Королевское общество полвека переписывалось с А. Левенгуком.

Так, первая комиссия от Лондонского королевского общества, прибывшая в 1676 году в Делфт, во главе с Н. Грю не воспроизвела наблюдения Левенгука по разным причинам: отсутствию высококачественных линз, молчанием Левенгука о методах своих наблюдений, неудобства конструкции микроскопа, единичным характером наблюдений и др. Позже, вторая комиссия, посланная Р. Гуком в Делфт в 1677 году, во главе с Нэгели смогла рассмотреть мельчайшие живые объекты, что, наконец, подтвердило описанное Левенгуком, и что было зафиксировано нотариусами.

С осуждением отзывался о Левенгуке и сатирик Д. Свифт, сочинивший пародию на Левенгука по поводу обнаружения блох. Многие современники естествоиспытателя осуждали его за отсутствие должного образования и незнания языков, хотя отмечали его усердие и любознательность. Да он и сам в каждом письме Лондонскому Королевскому обществу акцентировал внимание: «я неуч, ... я простой человек, но вот что я увидел своими глазами...». Несмотря на критику и смешки за спиной, Левенгук признан «отцом» микробиологии [3].

К.Добелл, который грамотно перевел письма Левенгука, что позволило конкретно представить объем выполненной им работы, в 1960 году опубликовал биографию «Антони ван Левенгук и его мелкие животные».

Всех заинтересованных людей волновал вопрос, каким образом линзы Левенгука имеют такие высокие увеличительные свойства. По этому поводу немецкий философ Г. Лейбниц написал: «Но искусство шлифования линз и наблюдения над открытыми вами маленькими созданиями исчезнут с лица земли, если вы не будете обучать ему молодых людей».

Действительно, Левенгук не открывал секрета работы с линзами [1]. И после смерти естествоиспытателя вопрос остался открытым. А в Интернет-ресурсах можно найти статью о завуалировании правды создания линз самим Левенгуком, так как он рассказывал, что многие годы разрабатывал способ отлива и шлифовки особых несферических линз. В 2021 году голландские учёные с помощью нейтронной томографии получили трёхмерные модели микроскопов XVII века. Они доказали как раз обратное, о чем написали в статье «Neutron tomography of так как Van Leeuwenhoek's microscopes» в журнале Science Advances, что линзы у соотечественника были сферические, производимые по технологии Роберта Гука. Надо было расплавить кусочек стеклянного стержня до образования капли. Левенгук развил и усовершенствовал эту методику, научившись использовать её для изготовления крайне миниатюрных сферических линз диаметром в 1,3 мм. И вообще, чем меньше линза, тем больше увеличение, но это имеет и свой лимит – совсем микроскопическую линзу невозможно просто-напросто использовать для наблюдения объектов. Используя свои линзы, Левенгук наблюдал мир «маленьких животных»: инфузорий, движение крови в капиллярах, описал эритроциты, строение мышц, кости, дентина зубов, клеточное строение различных органов растений. Изучал тонкое анатомическое строение мельчайших насекомых, партеногенетическое размножение тли; в 1677 г. совместно с Л. Гамом открыл сперматозоиды. Он был сторонником преформизма, считая, что организм преобразован в сперматозоиде и что яйцо и половые органы самки служат лишь для питания растущего зародыша и т.д.

Левенгук открыл «невидимую вселенную, которая была под самым носом у человечества. Это перевернуло всё. Внезапно стало понятно, что природа не заканчивается на том, что видит глаз» [2]. «Тайны природы, открытые Антонием Левенгуком при помощи микроскопов» (Делфт, 1695). В этой книге были опубликованы более 170 писем голландца, переведенные на латынь. Сейчас книга выставлена на аукционе за 2,5 тыс. долларов. Книгу прочитал Д.Свифт и сочинил уже не пародию, а историю о приключениях Гулливера.

Конечно, вклад Левенгука в микробиологию неоценим. Увиденные им структуры 300 лет назад стали объектами исследований Пастера, Коха, Флемминга и др. Микромир вошел в жизнь Левенгука и исследователь обнаруживал все новые и новые существа в воде, на зубах и т.п. [3]. «...Я всегда с большим удивлением наблюдал большое количество двигающихся мелких живых существ... Их было так много, что вся жидкость казалась живой», -

писал Левенгук в одном из писем Лондонскому Королевскому обществу. Данное наблюдение можно назвать первой попыткой научного исследования сравнительного состава микробной флоры ротовой полости.

Сейчас трудно достоверно интерпретировать визуальные образы мельчайших живых существ, увиденных А. Левенгуком, но можно смело утверждать, что он был первым, кому выпала великая честь и счастливая удача приоткрыть завесу в неведомый дотоле мир микроорганизмов, играющих важную роль в природе и жизни человека.

Ко всеобщему удивлению современников, автором описанных уникальных наблюдений оказался не известный учёный, а человек, всю жизнь занимавший муниципальные должности, обученный лишь бухгалтерскому и торговому делу и изготовлявший микроскопы ради собственного удовольствия. «Я не обучен никакому мастерству, – писал он в своих письмах – моя работа на протяжении длительного времени проводилась не для получения признания, а главным образом, для удовлетворения жажды знаний, которая у меня была сильнее, чем у любого другого. Я считал своим долгом записывать все мои открытия на бумаге, чтобы склонные к изобретательству люди могли использовать эту информацию».

Имя Левенгука заняло достойное место в современной истории науки. Левенгук прожил долгую жизнь и умер в возрасте 90 лет. До конца жизни он оставался пытливым неутомимым исследователем, стал одним из первых, кто начал проводить опыты на себе. Даже умирая, он оставался верен себе, детально описывая процесс угасания жизнедеятельности организма.

Похоронен А. Левенгук в Старой Церкви г. Дельфта. На его плите надпись: «Здесь покоится Антони Левенгук, достигший возраста 90 лет, десяти месяцев и двух дней. Всякий мимо проходящий должен испытать благоговение, ибо глубокая старость – это великий дар».

Заключение. Открытия Левенгука заложили основу для современных научных достижений в микробиологии и других биологических дисциплин. Исследования Левенгука положили начало бактериологии и вирусологии. Левенгук оставил после себя богатое научное наследие – подробные записи своих наблюдений и рисунки микроскопического мира, которые до сих пор считаются актуальными.

Библиографический список

1. Виноградова Г.Н., Захаров В.В. Основы микроскопии. СПб.: Университет ИТМО, 2018. 133 с.
2. Дворецкий Л.И. Исторические «видения» Антони ван Левенгука // Антибиотики и химиотерапия, 2018. № 63. С. 55-63.
3. Захарова О.А. История микроскопа: вчера, сегодня, завтра // Материалы III международной научно-практической конференции «Фундаментальные и прикладные аспекты микробиологии в науке и образовании», ФГБОУ ВО РязГМУ Минздрава России. Рязань, 2024. С.138-142.

ИЗМЕНЕНИЕ ФОРМЫ БАКТЕРИАЛЬНЫХ КЛЕТОК ПОД ВЛИЯНИЕМ ФАКТОРОВ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ

Захарова О.А., доцент, доктор сельскохозяйственных наук
ФГБОУ ВО «Рязанский государственный медицинский университет
имени академика И.П. Павлова» Министерства здравоохранения
Российской Федерации, г. Рязань, Россия

Введение. Морфология бактериальной клетки разнообразна. Она формировалась в процессе эволюции в условиях приспособления к окружающей среде [3]. Форма бактерий остается неизменной у последующих поколений и оказывает важное влияние на транспорт низкомолекулярных веществ, усвоение питательных веществ, распространение в конкретной среде, взаимодействие с другими объектами и др. Зарубежные исследователи ван Тиселинг, Кава и де Педро [2] поясняют, что морфология бактерий в конечном счете определяется сетчатым пептидогликановым мешочком, изменение которого влечет различные модификации. Павлова, Асатунова и Козицын (2021) пишут, что среди известных нам культивируемых видов преобладают именно палочки, кокки, спиральные и нитчатые формы, что объясняется действием факторов окружающей среды в процессе эволюции. Большинство исследователей считают предковой формой для всех остальных форм бактериальных клеток палочковидную [4]. Под влиянием внешних условий структура бактериальной клетки может меняться [1].

Цель – проанализировать возможные изменения формы бактериальных клеток под влиянием факторов окружающей среды.

Материалы и методы. С помощью научных методов анализа, логики, сравнения и заключения на основе обзора научной литературы показаны изменения ультраструктуры микроорганизмов в результате воздействия различных групп антибиотиков

Результаты и обсуждение. Наиболее известны формы бактериальной клетки палочки, кокки и извитые, но, как отмечают Янг (2006) и Кисела (2016), существует большое их разнообразие, представленное в виде звезд, усов, ветвящихся и змеевидных форм. Известно [1, 4], что форма бактерий определяется генетически и поддерживается регуляторными механизмами. По мнению Янг (2006), морфогенез есть эволюционный и адаптивный процесс, способствующий распространению и универсальности прокариот.

Ван Тиселинг, Кава и де Педро (2010) приводят схему изменения форм бактериальной клетки (рис. 1). Показаны непрерывные изменения, влияющие на форму бактерий на протяжении всего жизненного цикла. Эти изменения могут быть как циклическими (циклы деления), так и спорадическими и происходить в ответ на изменение условий, присутствие химических веществ, колонизацию другими организмами или средой, истощение или избыток питательных веществ и т. д. Причем, отмечают исследователи, большинство изменений формы обратимы (двусторонние стрелки) и могут рассматриваться как адаптивные явления, в то время как другие изменения необратимы

(односторонние пурпурные стрелки) и представляют собой полноценные процессы морфологической дифференциации (спорообразование и пр.).

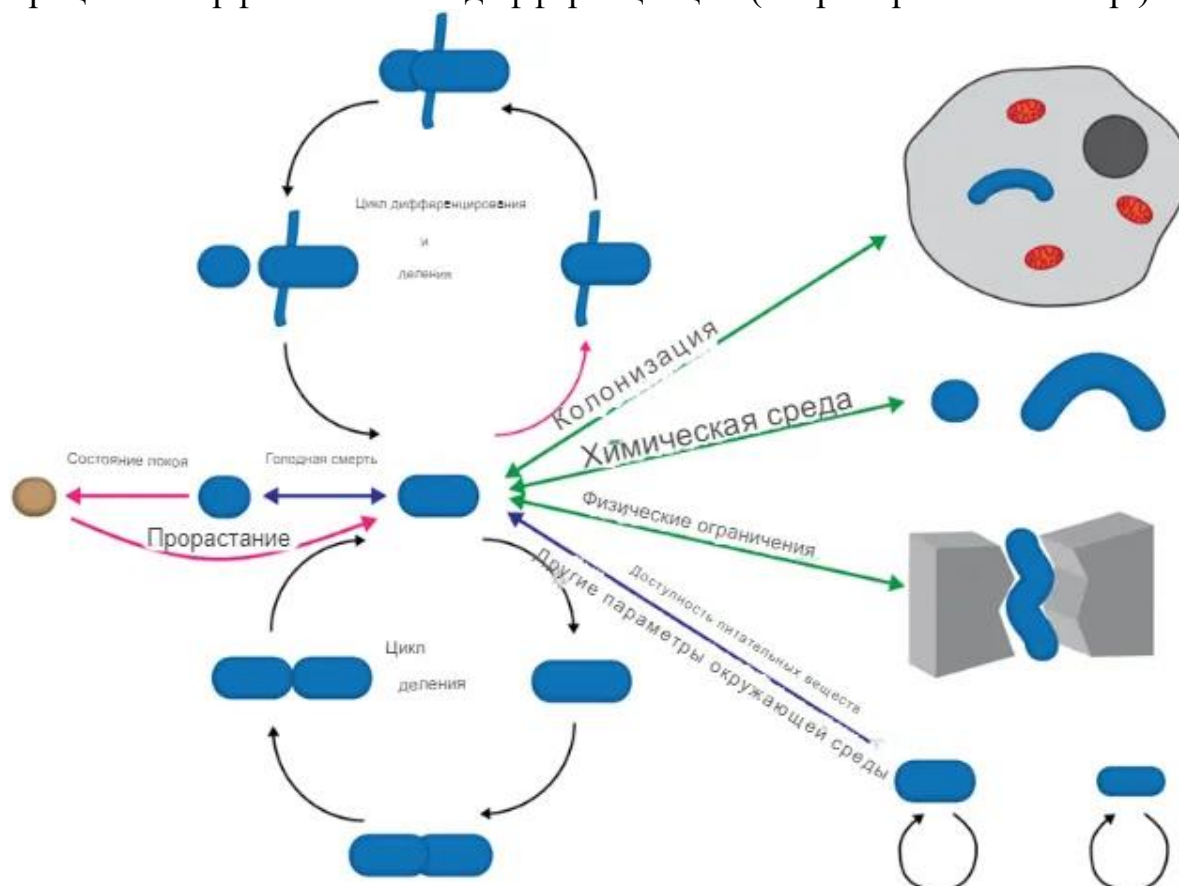


Рис. 1. Морфологическая пластичность и жизненный цикл бактерий [1]

Не останавливаясь на природе клетки и ее структурных единицах, в процессе жизнедеятельности изменение формы возможно, по мнению ряда исследователей, за счет изменения условий окружающей среды (низкие температуры, недостаток питательных веществ и др.). Многие грамотрицательные бактерии меняют форму с палочковидной на кокковидную (Барер и др., 1993) при экспрессии генов клеточной оболочки/стенки (Менгет с соавт., 2015), действием ферментов (Хунг и соавт., 2013), гликопротеинов (Чапут и др., 2016), антибактериальных препаратов (Андриевская с соавт., 2020) и т.п.

Прямые доказательства того, что морфология играет роль во многих процессах, были получены только для некоторых видов. Кертис и Брун (2010), Персат и др. (2014) сообщается об облегчении колонизации поверхностей за счет формы клеток на примере изогнутого модельного организма *Caulobacter crescentus*, обитающего в пресных водах, у которого материнские клетки прикрепляются к поверхности с помощью «стебелька», а дочерние – на противоположном полюсе имеют пили и жгутик. Так, при умеренном потоке изогнутые клетки образовывали более крупные и высокие микроколони. У клеток дочерний полюс с пилеусом расположен ближе к поверхности микрофлюидного устройства из-за изогнутой формы клетки, что облегчает

прикрепление к той же поверхности за счет втягивания пилуса и, таким образом, способствует колонизации изогнутыми клетками в условиях умеренного течения. Форма клеток, как пишет Лин с соавт. (2015), влияет на образование биопленок, например, в лабораторных условиях представитель почвы и водоемов *Rhodobacter sphaeroides* палочковидной формы, а эллипсоидные (укороченные палочки) и кокковидные клетки – не обладали такой способностью. Аналогичные изменения наблюдали с другими бактериями Хубер с соавт. (2002) и Янг (2006).

Форма клеток, как оказалось, может способствовать снижению активности иммунной системы обнаруживать бактерии. Вейриер с соавт (2015) пишет о предках *Neisseria meningitidis* и *Moraxella catarrhalis* с палочковидными и овококковыми формами, но из-за утраты гена *uasF*, кодирующего белок, участвующего в переходе от роста к делению и увеличении количества пентапептидов, клетки изменили форму. Вся поверхность кокковидных клеток покрыта пиллями, в то время как у палочковидных клеток пилей больше только на полюсах. Таким образом, кокковидные клетки могут эффективнее прикрепляться к слизистой оболочке носоглотки.

Сам процесс заражения тоже находится во взаимосвязи с формой клеток. На это указывают Шредер и Хилби (2008), исследовавшие *Shigella flexneri* – палочковидный патоген, поражающий эпителиальные клетки толстого кишечника. Измененные клетки имеют кокковидную форму, что способствует к инвазии снижает. Данные Шредера и Хилби подтверждает Ногути и др. (2008), указывающий на необходимость дальнейших исследований для выявления связей патогенности с изменением морфологии.

Хорват и др. (2011) доказали изменение формы бактерий в неблагоприятных условиях окружающей среды. Нитевидная форма защищает клетки уропатогенных кишечных палочек от фагоцитоза нейтрофилами при инфекции мочевого пузыря. *Legionella pneumophila* в нитевидной форме легче поглощается фагоцитами, что подтверждается опытами Прашар и др. (2013).

Сейчас уже известным фактом является рост устойчивости патогенных бактерий к антибиотикам, пишут Буше и др. (2013). К примеру, Андриевская, Шевлягина и Псеунова [1] показывают изменения морфологии *Staphylococcus aureus* в условиях их культивирования в присутствии антибактериальных препаратов, что установлено с помощью сканирующей электронной микроскопии при использовании техники отпечатка бактерий с агаризованной питательной среды. Исследователи установили формирование большого количества бактериальных клеток специфической дисковидной формы в зонах воздействия антибиотиков бактериостатического механизма действия при сохранении части популяции сферической формы, а часть популяции имела неправильные очертания. Помимо этого, установлены изменения размеров бактериальных клеток в зонах подавления роста разнонаправленного характера. Обнаружены не только внешние, но и внутренние преобразования в виде выработки экзоточного матрикса. Исследователи поясняют, что характер изменений ультраструктуры *Staphylococcus aureus* обосновывается

проявлением фенотипической изменчивости микроорганизмов в ответ на присутствие различных по механизму действия антибактериальных препаратов.

Хёрли и др. (2016) поясняют влияние большинства антибиотиков на стабильность мембран, биосинтез простагландинов, биосинтез фолиевой кислоты, репликацию, транскрипцию и трансляцию ДНК и разрабатываются новые стратегии такие, как система «токсин-антитоксин» (Чан и др., 2015), подавление деления бактериальных клеток (Лок и Гарри, 2008; Хёрли и др., 2016) и блокирование T3SS для снижения патогенности бактерий (Макшан и Де Гусман, 2015) и пр. Учитывая, влияние формы бактериальной клетки на способность бактерий выживать в своей экологической нише, колонизировать организм хозяина, ускользать от иммунной системы и вызывать заболевания, форма может стать мишенью для противомикробных препаратов.

Ван Тиселинг, Кава и де Педро [2] заключают, что дальнейшие исследования, проводимые научным сообществом, могут способствовать изучению лекарственного потенциала ингибиторов, воздействующих на морфологические детерминанты.

Морфологическая идентификация по-прежнему является важной областью фундаментальных исследований, в которой остается много открытых вопросов. Разработка нескольких ингибиторов свидетельствует о необходимости дальнейших исследований и может привести к созданию препаратов, воздействующих на морфологию бактерий и контролирующих их выживаемость и вирулентность.

Заключение. Обобщая вышеизложенное и опираясь на многочисленные результаты исследований как отечественных, так и зарубежных авторов, можно заключить об изменении формы бактериальной клетки в зависимости от внешних условий с целью адаптироваться к ним. Подобные исследования позволят в будущем понять взаимосвязь, разработать оптимальные стратегии и создать препараты, воздействующих на форму клетки и контролирующих их патогенность и вирулентность.

Библиографический список

1. Изменения морфологии *S. aureus* в условиях их культивирования в присутствии антибактериальных препаратов / С. Г. Андреевская, Н. В. Шевлягина, Д. Р. Псеунова // Медицина, 2020. №2. С. 31-49.
2. Ван Тиселинг де Педро Кава. Факторы, определяющие морфологию бактерий: от фундаментальных основ до возможностей применения противомикробных препаратов // *Frontiers in Microbiology*, 2010. №10. С. 1-18.
3. Захарова О.А. Современный взгляд на эволюцию бактерий // Современные проблемы биологии и экологии: материалы докладов IV Международной научно-практической конференции, 4-5 марта 2026 г. Махачкала: Издательство АЛЕФ, 2026. С. 31-34
4. Форма клеток бактерий. Некоторые особенности ультраструктуры, эволюции и экологии / М. Д. Павлова, А. М. Асатунова, А. Е. Козицын // Журнал общей биологии, 2021. Т. 82. № 4. С. 270-282.

МОЛЕКУЛЯРНЫЕ МЕХАНИЗМЫ АДГЕЗИИ *HELICOBACTER PYLORI*

Захарова О.А., доцент, доктор сельскохозяйственных наук

Смазнова Т.С.

ФГБОУ ВО «Рязанский государственный медицинский университет имени академика И.П. Павлова» Министерства здравоохранения Российской Федерации, г. Рязань, Россия

Введение. Инфекция *Helicobacter pylori* остаётся одной из наиболее распространённых хронических бактериальных инфекций человека и играет значимую роль в развитии гастрита, язвенной болезни и рака желудка. Всемирная организация здравоохранения относит данный микроорганизм к канцерогенам I класса [1]. Ключевым этапом патогенеза инфекции является адгезия – процесс прикрепления бактерии к клеткам слизистой оболочки желудка, обеспечивающий её колонизацию и длительную персистенцию. Существенный вклад в изучение роли *H. pylori* внесли Барри Маршалл и Робин Уоррен, что обусловило рост интереса к молекулярным механизмам взаимодействия бактерии с организмом человека.

Цель исследования – проведение анализа современных представлений о молекулярных механизмах адгезии *H. pylori* и их значении в развитии инфекции.

Материалы и методы. Работа основана на анализе научных публикаций, представленных в международных базах данных PubMed, Scopus и Web of Science, а также в специализированных медицинских журналах. Использованы методы сравнительного анализа и обобщения научной информации.

Результаты и обсуждение. *Helicobacter pylori* представляет собой высокоадаптированный микроорганизм, обладающий рядом структурных и функциональных особенностей, позволяющих ему существовать в агрессивной кислой среде желудка [2]. Спиралевидная форма клетки и наличие жгутиков обеспечивают активное движение бактерии в вязком слое слизи, что облегчает её проникновение к поверхности эпителия (рис. 1).



Рис. 1. Морфология *Helicobacter pylori*
<https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC1728516/>

Важнейшим фактором выживания является фермент уреазы, который катализирует расщепление мочевины с образованием аммиака. За счёт этого вокруг бактериальной клетки формируется локальная зона с более нейтральным pH, что позволяет микроорганизму сохранять жизнеспособность даже при высокой кислотности желудочного сока.

Дополнительную роль в адаптации играет белковый канал UreI, встроенный в мембрану бактерии. Он функционирует как чувствительный к кислотности «регулятор», контролирующий поступление мочевины внутрь клетки [3]. При снижении pH канал открывается, обеспечивая доступ субстрата к уреазе. Такой механизм позволяет бактерии быстро реагировать на изменения внешней среды и поддерживать стабильные условия для метаболизма. Работы Мартина Блейзера и Тимоти Ковера показали, что нарушение функционирования этих систем существенно снижает способность бактерии к колонизации.

Ключевым этапом закрепления *H. pylori* в организме является адгезия к клеткам слизистой оболочки желудка. Этот процесс реализуется за счёт белков наружной мембраны – адгезинов, которые обеспечивают специфическое взаимодействие бактерии с рецепторами эпителиальных клеток [2]. Такое взаимодействие носит высокоселективный характер и напоминает принцип «ключ–замок», что обеспечивает надёжное прикрепление микроорганизма и защищает его от механического удаления слизи.

На ранних этапах инфекции ведущую роль играет адгезин BabA, способный связываться с антигенами Lewis b на поверхности эпителия [4]. Это взаимодействие формирует первичный контакт бактерии с тканями желудка. По мере развития воспалительного процесса возрастает значение другого адгезина – SabA, который распознаёт сialiрированные рецепторы, количество которых увеличивается при повреждении слизистой оболочки. Таким образом, бактерия способна «переключаться» между различными механизмами прикрепления в зависимости от состояния окружающей среды.

Особое место занимает белок HopQ, взаимодействующий с рецепторами семейства CEACAM [5]. Это взаимодействие не только усиливает адгезию, но и обеспечивает более тесный контакт бактерии с клеткой хозяина, необходимый для передачи внутрь клетки вирулентного белка CagA. Попадание CagA в клетку приводит к нарушению внутриклеточных сигнальных путей, изменению структуры цитоскелета и усилению воспалительной реакции. В этом контексте адгезия выступает не просто как механическое прикрепление, а как важный этап запуска патогенных процессов.

Дополнительный вклад в развитие инфекции вносит белок OipA, который, помимо участия в адгезии, способен усиливать продукцию провоспалительных цитокинов. Это приводит к поддержанию хронического воспаления и повреждению слизистой оболочки желудка. Исследования Нины Салама и Ричарда Пика [3] показывают, что совокупное действие адгезинов определяет устойчивость колонизации и выраженность патологического процесса.

Таким образом, адгезия *H. pylori* представляет собой сложный и динамичный процесс, включающий последовательные этапы приближения к эпителию, распознавания рецепторов и стабилизации контакта. Этот процесс тесно связан с другими факторами вирулентности бактерии и определяет её способность вызывать длительную инфекцию.

Клиническое значение адгезии заключается в том, что прочное прикрепление бактерии способствует её длительной персистенции в организме, поддерживает хроническое воспаление и повышает риск развития язвенной болезни и злокачественных новообразований желудка [1]. Особенно неблагоприятное течение наблюдается при наличии генов вирулентности *cagA* и *vacA*, которые усиливают повреждающее действие инфекции.

В последние годы всё больше внимания уделяется разработке новых подходов к лечению *H. pylori*, направленных не только на уничтожение бактерии, но и на нарушение её способности к прикреплению. Традиционная эрадикационная терапия, включающая антибиотики и ингибиторы протонной помпы, постепенно теряет эффективность из-за роста устойчивости микроорганизма [1]. В связи с этим активно изучаются антиадгезивные препараты, которые способны блокировать взаимодействие бактериальных адгезинов с рецепторами эпителия. Такой подход позволяет предотвратить колонизацию слизистой оболочки ещё на ранних этапах инфекции.

Перспективным направлением является также создание молекул, ингибирующих работу уреазы или блокирующих канал *UreI*, что лишает бактерию способности адаптироваться к кислой среде. Кроме того, ведутся разработки вакцин, направленных против ключевых белков *H. pylori*, включая адгезины и факторы вирулентности. Важным направлением считается и таргетная терапия, ориентированная на конкретные молекулярные механизмы патогенности бактерии. Всё это свидетельствует о том, что изучение адгезии имеет не только теоретическое, но и большое практическое значение.

Заключение. *H. pylori* обладает комплексом адаптационных механизмов, обеспечивающих её выживание в кислой среде желудка. Адгезия является ключевым этапом колонизации слизистой оболочки. Важнейшую роль играют белки наружной мембраны (*BabA*, *SabA*, *HopQ*, *OipA*). Процессы адгезии тесно связаны с развитием воспаления и повреждением тканей. Изучение механизмов прикрепления открывает перспективы для разработки новых методов терапии.

Библиографический список

1. Баранская Е. К., Лазебник Л. Б. Резистентность *Helicobacter pylori* к антибиотикам и возможности оптимизации эрадикационной терапии // Эффективная фармакотерапия. 2020. № 16. С. 34-41.
2. Ansari S., Yamaoka Y. Role of *BabA* and *SabA* adhesins in *Helicobacter pylori* pathogenesis // Toxins, 2021. Vol. 13, № 7. P. 485.
3. Salama N. R., Hartung M. L., Müller A. Life in the human stomach: persistence strategies of the bacterial pathogen *Helicobacter pylori* // Nature Reviews Microbiology. 2013. Vol. 11, № 6. P. 385-399.

4. Javaheri A., Kruse T., Moonens K. et al. Helicobacter pylori HopQ engages CEACAMs and facilitates CagA delivery // Scientific Reports, 2016. Vol. 6. P. 1-10.

5. Weeks D. L., Eskandari S., Scott D. R., Sachs G. The UreI proton-gated urea channel of Helicobacter pylori // Proceedings of the National Academy of, 2000. Vol. 97, № 10. P. 5335-5340.

STREPTOCOCCUS MUTANS КАК КЛЮЧЕВОЙ ЭТИОЛОГИЧЕСКИЙ АГЕНТ КАРИЕСА: МЕХАНИЗМЫ ВИРУЛЕНТНОСТИ И ПЕРСИСТЕНЦИИ

Кестелева Д.А.

Резванова Н.Р.

Соболева О.М., кандидат биологических наук

ФГБОУ ВО «Кемеровский государственный медицинский университет»
Министерства здравоохранения Российской Федерации, г. Кемерово, Россия

Введение. *Streptococcus mutans* является факультативной анаэробной, грамположительной кокковой бактерией, которая часто встречается в ротовой полости. В связи с необходимостью перехода от тотальной борьбы с микроорганизмом к сохранению здорового баланса микробиома полости рта, особую актуальность приобретает глубокое понимание молекулярно-генетических механизмов патогенности *S. mutans*. В научном мире кариес, считается как результат нарушения баланса (дисбиоза) в сложном микробном сообществе зубной биопленки (налета) [1]. *S. mutans* обладает уникальным набором факторов вирулентности, которые позволяют ему доминировать в этом сообществе, эффективно прикрепляться к поверхности зуба, выживать в агрессивной кислой среде и вызывать деминерализацию твердых тканей зуба [2, 9]. Современные исследования направлены на поиск новых подходов к контролю кариеса. Вместо тотального уничтожения бактерий, что нарушает защитные функции нормальной микрофлоры, предлагаются стратегии, направленные на подавление специфических факторов вирулентности *S. mutans*, а также использование пробиотиков для восстановления здорового баланса микробиоты рта [3, 4]. Механизмы патогенных свойств *S. mutans*, является основой для выявления новых методов профилактики и лечения кариеса.

В связи с вышесказанным целью исследования стал анализ механизмов вирулентности и персистенции бактерии *Streptococcus mutans* как этиологического агента кариеса.

Материалы и методы. Проведен систематический обзор литературы с использованием баз данных PubMed, Google Академии. Источники за последние 10 лет. Отбирались оригинальные исследования, изучающие механизмы вирулентности и персистенции *Streptococcus mutans*.

Результаты и обсуждение. Анализ литературы показывает, что патогенность *Streptococcus mutans* и его способность к длительной персистенции в полости рта обеспечиваются тремя ключевыми группами факторов: адгезией и формированием биопленки, продукцией кислот (ацидогенностью) и устойчивостью к кислой среде (ацидуричностью) [2, 9].

Адгезия и формирование биопленки. Критическим этапом колонизации является прикрепление бактерии к поверхности зуба. *S. mutans* синтезирует ферменты глюкозилтрансферазы (GtfB, GtfC, GtfD), которые расщепляют пищевой сахар (сахарозу) и производят внеклеточные полисахариды (глюканы) [5]. Эти липкие полисахариды формируют структуру биопленки, обеспечивая необратимое прикрепление бактерий к эмали и их накопление [5, 7]. Исследования подчеркивают ключевую роль генов *gtfB*, *gtfC*, *gtfD*, а также генов глюкан – связывающих белков (*gbpB*, *gbpC*) в этом процессе [7, 9]. Штаммы *S. mutans* могут вырабатывать молекулы, которые действуют как «клей», помогая бактериальным клеткам соединяться в цепочки и крупные скопления, что усиливает прочность биопленки [10]. Наличие углеводов в рационе напрямую влияет на процесс формирование биопленки [8].

Ацидогенность и ацидуричность. Главное повреждающее действие на зуб оказывают кислоты. *S. mutans* ферментирует различные углеводы, превращая их в органические кислоты (в основном молочную кислоту), которые снижают pH на поверхности зуба [6, 9]. Этот процесс называется ацидогенностью. Однако ключевым эволюционным преимуществом *S. mutans* является его ацидуричность – способность не только выживать, но и размножаться в кислой среде, которая губительна для большинства других оральных бактерий [5].

Устойчивость к низкому pH. Возникает за счет работы протонной помпы – мембранной АТФ-азы, которая выкачивает ионы водорода (протоны) из клетки, поддерживая необходим целый ряд генов, включая те, которые кодируют мембранные пермеазные комплексы [6]. Двухкомпонентные системы регуляции, такие как *vicRK* и *liaSR*, имеют значение в адаптации бактерии к изменяющимся условиям среды, включая кислотный стресс [7, 9]. Эта способность создавать и выдерживать экстремальные условия позволяет *S. mutans* доминировать в кариозной полости и запускать процесс деминерализации эмали [2].

Взаимодействие с другими микроорганизмами и новые стратегии контроля. Современные исследования расширяют понимание кариеса как полимикробного заболевания. Показано, что *S. mutans* может вступать в синергетические отношения с грибом *Candida albicans*, что значительно усиливает кариесогенный потенциал биопленки и затрудняет лечение [5]. В связи с этим активно разрабатываются новые подходы к профилактике кариеса. Одним из перспективных направлений является использование пробиотиков. Исследования демонстрируют, что пробиотические лактобациллы (*Lactobacillus* sp.) способны подавлять рост, формирование биопленки и экспрессию генов вирулентности *S. mutans* [3, 9]. Другая стратегия заключается в поиске веществ, которые не убивают бактерию, а блокируют ее факторы патогенности –

например, ингибируют систему quorum sensing (чувства кворума), с помощью которой бактерии общаются и координируют свои действия [7].

Заключение. *Streptococcus mutans* является ключевым этиологическим агентом кариеса зубов. Патогенность связана с набором факторов вирулентности, включая способность к синтезу внеклеточных полисахаридов для формирования биопленки, высокую кислотопродуцирующую активность и исключительную устойчивость к кислой среде [6, 9]. Персистенция *S. mutans* в полости рта обеспечивается за счет работы генов, отвечающих за адгезию (*gtfB*, *gtfC*, *gtfD*), синтез биопленки (*gbpB*, *gbpC*) и стресс-ответ (*vicRK*, *liaSR*). Регуляция этих генов позволяет бактерии быстро адаптироваться к изменениям среды, в частности, к колебаниям pH и доступности углеводов [7, 9]. Современное понимание кариеса смещается от мономикробной модели к полимикробной, где ключевую роль играют взаимодействия *S. mutans* с другими представителями микробиоты, такими как *Candida albicans*, что может усиливать его патогенный потенциал [5]. Перспективные стратегии профилактики и лечения кариеса направлены не на эрадикацию *S. mutans*, а на модуляцию его вирулентности. Применение пробиотиков (например, *Lactobacillus*), ингибиторов биопленки и ген-специфичных соединений является многообещающей альтернативой традиционным методам, позволяя контролировать заболевание без нарушения гомеостаза всей оральной микробиоты [3, 7].

Библиографический список

1. Хавкин А.И., Ипполитов Ю.А., Алешина Е.О., Комарова О.Н. Микробиота полости рта: фактор защиты или патогенности? // Вопросы практической педиатрии. 2015. С. 49-54.
2. Bojanich M.A., Orlietti M.D. Virulence Factors of *Streptococcus mutans* Related to Dental Caries. Universidad Nacional de Córdoba, 2019.
3. Fitri D.K., Tuygunov N., Harun W.H.A.M. et al. Key virulence genes associated with *Streptococcus mutans* biofilm formation: a systematic review [Электронный ресурс] // Frontiers in Oral Health. 2025. Vol. 6. Режим доступа: <https://www.frontiersin.org/journals/oral-health/articles/10.3389/froh.2025.1654428>
4. Haider A., Ahmad S., Sattar S. et al. Demystifying dental caries – A comprehensive review of causes, mechanism and treatment strategies [Электронный ресурс] // NUST Journal of Natural Sciences. 2025. Vol. 10, № 4. Режим доступа: <https://njns.nust.edu.pk/index.php/njns/issue/view/32>
5. Insights Into the Role of *Streptococcus mutans* and *Candida albicans* in Dental Biofilm Formation and Cariogenicity: A Literature Review [Электронный ресурс] // Cureus. 2025. Vol. 17, № 6, e86159. Режим доступа: <https://www.cureus.com/articles/372831>
6. Król J.E., Biswas S., King C., Biswas I. SMU.746-SMU.747, a Putative Membrane Permease Complex, Is Involved in Aciduricity, Acidogenesis, and Biofilm Formation in *Streptococcus mutans* // Journal of Bacteriology. 2013. Vol. 196. P. 129-139.

7. Krzyściak W., Jurczak A., Kościelniak D., Bystrowska B., Skalniak A. The virulence of *Streptococcus mutans* and the ability to form biofilms // *European Journal of Clinical Microbiology & Infectious Diseases*. 2014. Vol. 33, № 4. P. 499-515.

8. Marin L.M., Xiao Y., Seo J., Queiroz D., Siqueira W.L. Dietary Carbohydrates Modulate *Streptococcus mutans* Adherence and Bacterial Proteome [Электронный ресурс] // *Caries Research*. 2024. Режим доступа: <https://doi.org/10.1159/000541821>

9. Ma N., Yang W., Chen B. et al. Exploration of the primary antibiofilm substance and mechanism employed by *Lactobacillus salivarius* ATCC 11741 to inhibit biofilm of *Streptococcus mutans* [Электронный ресурс] // *Frontiers in Cellular and Infection Microbiology*. 2025. Vol. 15, art. 1535539. Режим доступа: <https://www.frontiersin.org/journals/cellular-and-infection-microbiology/articles/10.3389/fcimb.2025.1535539>

10. Yao M., Zill N., Barber C.C. et al. Can the ‘good’ bacteria in your mouth act as probiotic cavity fighters? [Электронный ресурс] // *UC Berkeley News*. September 5, 2025. Режим доступа: <https://medicalxpress.com/news/2025-09-good-bacteria-mouth-probiotic-cavity.html>

ПОИСК БАКТЕРИАЛЬНЫХ МАРКЕРОВ РИСКА БОЛЕЗНИ АЛЬЦГЕЙМЕРА

Рахимова А.В.

Киселева К.А.

Соболева О.М., кандидат биологических наук

ФГБОУ ВО «Кемеровский государственный медицинский университет»
Министерства здравоохранения Российской Федерации, г. Кемерово, Россия

Введение. Болезнь Альцгеймера (БА) является прогрессирующим нейродегенеративным заболеванием, которое на данный момент не имеет эффективных методов лечения. Традиционные методы диагностики БА опираются на поиск биомаркёров в спинномозговой жидкости, однако это инвазивный и дорогостоящий метод. В этих условиях наблюдается значительный рост базы данных о взаимосвязи заболеваний полости рта и рисков развития БА, что обуславливает перспективность исследования микробиома полости рта как потенциального маркера.

Материалы и методы. Проведён систематический обзор литературы с использованием баз данных PubMed, Google Академии. Источники отбирались за последние 5 лет. Отбирались оригинальные исследования, мета-анализы и рецензируемые обзоры, изучающие взаимосвязь между бактериальным составом ротовой полости и развитием болезни Альцгеймера.

Результаты и обсуждение. Особенности орального микробиома при болезни Альцгеймера. В ходе ряда клинических исследований установлено, что микробиота полости рта у пациентов с болезнью Альцгеймера (БА) существенно отличается от такового у лиц с нормальными когнитивными

способностями. При анализе микробиоты пожилых пациентов с БА и умеренными когнитивными нарушениями [6] выявлено снижение альфа-разнообразия, увеличение доли бактерий типа *Fusobacteriota*, уменьшение содержания *Veillonella* spp. Мы наблюдаем аналогичные результаты в эксперименте другого автора [9]: в слюне пациентов фиксируется повышение концентрации *Fusobacterium* и *Prevotella* на фоне снижения *Streptococcus* и *Actinomyces*. Следующее контролируемое поперечное исследование [5], демонстрирующее значительные сдвиги в β -разнообразии, подтверждает эти данные. Воспроизводимость описанных изменений в различных экспериментах подтверждает гипотезу о сопряжённости орального дисбиоза с болезнью Альцгеймера. Расхождения в выявляемых таксонах мы можем объяснить географическими особенностями обследуемых, разным уровнем гигиены, различиями в стадии нейродегенеративного процесса или методах секвенирования. Наиболее показательными маркёрами являются представители пародонтопатогенной флоры: *Fusobacterium* и *Prevotella*.

Роль пародонтальных патогенов в патогенезе. Мета-анализ [7] подтверждает связь между наличием ключевых пародонтальных патогенов (*Porphyromonas gingivalis*, *Treponema denticola*, *Fusobacterium nucleatum*) и развитием БА. Систематический обзор [4] констатирует более высокую частоту встречаемости этих бактерий у пациентов и рассматривает возможные механизмы их влияния на нейродегенерацию. Пародонтальные патогены обладают мощным провоспалительным потенциалом (продукция липополисахаридов, индукция системного воспаления), что может приводить к активации микроглии и усилению нейровоспаления – одному из ключевых звеньев патогенеза БА. Следовательно, мы можем рассматривать их как потенциальных участников патогенетического каскада.

Корреляция микробиоты с амилоидной нагрузкой. Следующая группа учёных [3] обнаружила взаимосвязь между составом оральной микробиоты и уровнем β -амилоида при ПЭТ-визуализации у когнитивно здоровых лиц. Эти данные согласуются с результатами другого исследования [2], показавшего связь отдельных таксонов с амилоидной нагрузкой на ткань мозга. Эти результаты особенно значимы, ведь изменения микробиоты фиксируются на доклинической стадии, что указывает на их потенциальную связь с ранними этапами амилоидогенеза и усиливает доказательства в пользу существования оси «рот-мозг» (рис. 1). Однако корреляционный характер данных не позволяет делать однозначные выводы о причинно-следственных связях.

Прогностическая ценность микробиома. В результате лонгитюдного исследования выявили [8], что исходные профили слюнного микробиома (в частности, повышенное содержание *Fusobacterium*, *Prevotella*, *Porphyromonas* и снижение *Streptococcus*) ассоциированы с более быстрыми темпами когнитивного снижения в динамике. Лонгитюдность позволяет говорить о потенциальной прогностической роли микробиоты. Однако ограниченная длительность наблюдения и невозможность полностью элиминировать влияние конфаундинг-факторов требуют осторожной интерпретации результатов.

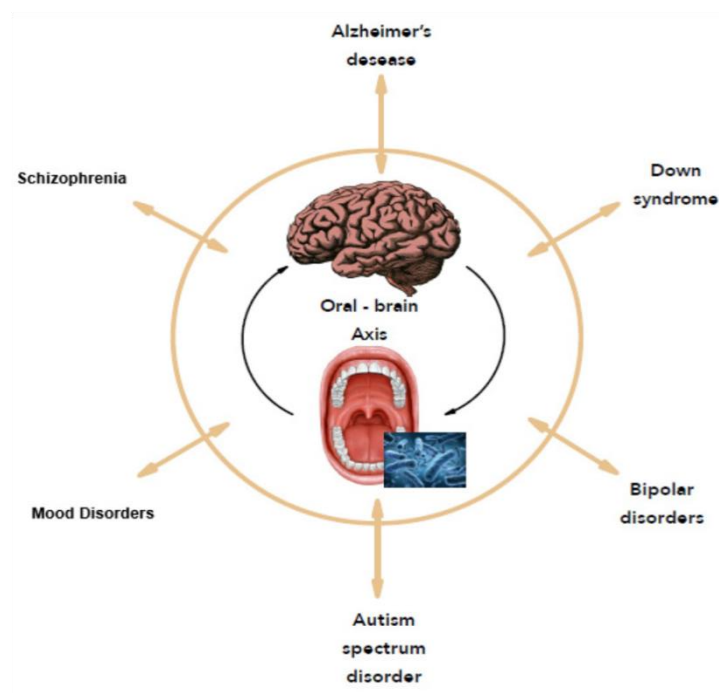


Рис.1. Ось «рот – мозг» (Комлев Ю.К.)

Слюна как источник диагностических маркёров. Согласно обзору [1], слюна содержит широкий спектр биомолекул (β -амилоид, тау-белок, провоспалительные цитокины) и микробных компонентов, что делает её перспективной средой для неинвазивной диагностики. Интеграция данных о микробиомном профиле с анализом белковых биомаркёров слюны может стать основой для создания высокоточных диагностических панелей, пригодных для раннего скрининга БА.

Заключение. Изучив имеющиеся исследования, можем сделать вывод, что здоровье полости рта тесно связано с риском развития болезни Альцгеймера. Нарушение состава бактерий во рту (дисбиоз) часто сопровождается отложением амилоидных бляшек в мозге и ускоряет угасание когнитивных функций. Особое внимание нужно уделять бактериям, вызывающим пародонтит – они могут проникать в мозг и способствовать воспалению. Эти открытия подтверждают теорию о том, что сигналы по оси «рот-мозг» влияют на развитие болезни, и открывают перспективы для создания простых тестов на основе слюны. Однако пока учёные в основном установили лишь взаимосвязь, а не прямую причину. Чтобы понять точные механизмы, нужны более глубокие и длительные эксперименты.

Библиографический список

1. Guo H., Yang R., Cheng W., Li Q., Du M. // An Update of Salivary Biomarkers for the Diagnosis of Alzheimer's Disease // Int. J. Mol. Sci. 2025. URL: <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC11900270> (дата обращения: 01.03.2026).
2. Li Z., Kang Y., Li S., Guo S., Zheng H. // Unveiling the Relationship Between Oral Microbiota and Alzheimer's Disease: A Genetic Instrumental Variable

Analysis via Mendelian Randomization // Brain Behav. 2025. URL: <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC12321961> (дата обращения: 24.02.2026).

3. Maitre Y., Mahalli R., Micheneau P., Delpierre A., Amador G., Denis F. // Evidence and Therapeutic Perspectives in the Relationship between the Oral Microbiome and Alzheimer's Disease: A Systematic Review // Int. J. Environ. Res. Public Health. 2021. URL: <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC8583399> (дата обращения: 26.02.2026).

4. Martínez-Martínez V., Rodríguez-Lozano F.J., Pecci-Lloret M.P., Pérez-Guzmán N. // Association Between Oral Dysbiosis and Alzheimer's Disease: A Systematic Review // J. Clin. Med. 2025. URL: <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC12111987> (дата обращения: 01.03.2026).

5. Mulet M., Sánchez Milán J.A., Lorca C., Fernández-Rhodes M., Adrados-Planell A., Bejarano Castillo M.C., Saiz L., Mateos-Moreno M.V., Hase Y., Mira A., Rábano A., Del Ser T., Kalaria R.N., Lagunas A., Mir M., Crespo A., Samitier J., Gallart-Palau X., Serra A. // Oral Microbiome-Derived Proteins in Brain Extracellular Vesicles Circulate and Tie to Specific Dysbiotic and Neuropathological Profiles in Age-Related Dementias // Mol. Cell Proteomics. 2025. URL: <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC12757489> (дата обращения: 27.02.2026).

6. Sritana N., Phungpinij A. // Analysis of Oral Microbiota in Elderly Thai Patients with Alzheimer's Disease and Mild Cognitive Impairment // Int. J. Environ. Res. Public Health. 2024. URL: <https://www.mdpi.com/1660-4601/21/9/1242> (дата обращения: 27.02.2026).

7. Taati Moghadam M., Amirmozafari N., Mojtahedi A., Bakhshayesh B., Shariati A., Masjedian Jazi F. // Association of perturbation of oral bacterial with incident of Alzheimer's disease: A pilot study // J. Clin. Lab. Anal. 2022. URL: <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC9279996> (дата обращения: 01.03.2026).

8. Weber C., Wind D., Petzsch P., Supprian T., Diltthey A., Christl J., Finzer P. // Dysbiotic shift in the oral microbiota of patients with Alzheimer's disease compared to their healthy life partners – a combinatorial approach and a paired study design // Alzheimers Res. Ther. 2026. URL: <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC12865950> (дата обращения: 24.02.2026).

9. Wu Y.-F., Lee W.-F., Salamanca E., Yao W.-L., Su J.-N., Wang S.-Y., Hu C.-J., Chang W.-J. // Oral Microbiota Changes in Elderly Patients, an Indicator of Alzheimer's Disease // Int. J. Environ. Res. Public Health. 2021. URL: <https://www.mdpi.com/1660-4601/18/8/4211> (дата обращения: 28.02.2026).

ФИЗИОЛОГО-БИОХИМИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА МОЛОЧНОКИСЛЫХ МИКРООРГАНИЗМОВ, ВЫДЕЛЕННЫХ ИЗ *SALICORNIA EUROPAEA*

Рсмуханова В.У.

Научный руководитель:

Еремеева С.В., доцент, кандидат биологических наук,
ФГБОУ ВО «Астраханский государственный технический университет»,
г. Астрахань, Россия

Введение. Молочнокислые бактерии (МКБ) – это грамположительные, неспорообразующие, факультативно-анаэробные микроорганизмы, которые обладают высокой ферментативной активностью и способностью продуцировать молочную кислоту при сбраживании углеводов. Они широко распространены на поверхностях растений, корневых выделениях, а также в ризосфере, и играют важную роль биотехнологии, пищевой промышленности и пробиотикотерапии [1, 2].

Известные молочнокислые бактерии, выделенные из растений, обеспечивают процессы естественной ферментации растительного сырья, проявляют антагонизм по отношению к бактериальным и грибным болезням сельскохозяйственных культур [3,4]. Выделение новых изолятов таких бактерий, особенно из галофитных растений, представляет особый интерес, так как эти растения накапливают соли в тканях и обитают в экстремальных условиях засоленных почв. Микробиом таких растений – источник потенциально устойчивых к осмотическому стрессу штаммов МКБ, перспективных для создания функциональных продуктов, пробиотиков и биоконсервантов [5].

Материалы и методы. В АГТУ на кафедре «Прикладная биология и микробиология» в рамках научно-исследовательской работы выделяются микроорганизмы различных экологических групп из ризосферы и ризопланы различных растений, в том числе галофитных, например, *Salicornia europaea*. В связи с этим, целью работы было изучение культурально-морфологических, тинкториальных и физиолого-биохимических свойств молочнокислых микроорганизмов, выделенных из этого растения, и их предварительная идентификация по фенотипическим признакам.

Результаты и обсуждение. Объектами исследования служили 8 штаммов (ИБ-1 – ИБ-8), выделенных с поверхности растения *Salicornia europaea*. Все изоляты – грамположительные кокки размером $1,4 \times 1,4$ мкм, располагающиеся в парах, гроздях или коротких цепочках. На капустном агаре (КА) формируют круглые, гладкие, молочно-бежевые колонии сметанообразной консистенции.

Признаки роста на обезжиренном молоке (ОМ) и ПБ с глюкозой (ПБ сГ) (37 °С, 48 ч) показали активное молочнокислое брожение у большинства культур. На 2-е сутки pH снижался до 4,40-4,59, титруемая кислотность достигала 53-94 °Т. Наиболее активными кислотообразователями были ИБ-2, ИБ-4, ИБ-5, ИБ-7 и ИБ-8. Штаммы ИБ-4, ИБ-6 и ИБ-7 вызывали пептонизацию молока, указывая на протеолитическую активность (табл. 1).

**Таблица 1 – Предполагаемая родовая принадлежность
коллекционных бактерий**

№	Морфологические признаки	Кислотообразующая способность				Ферментация углеводов (Ф/М/Л/Г)	Идентификация
		ОМ	ПБ с Г (рН/ °Т)	КА	Ли (баллы)		
ИБ-1	Грам+ кокки в виде виноградной грозди, встречаются моно- и диплококки 1,4х1,4 мкм	Сгусток + сыворотка	3,98 / 76	-	8/10	+/+/+/+	Lactococcus
ИБ-2	Грам+ кокки в виде виноградной грозди, встречаются моно- и диплококки 1,4х1,4 мкм	Сгусток + сыворотка	3,71 / 88	+	10/10	+/+/+/+	Lactococcus lactis
ИБ-3	Грам+ кокки в виде виноградной грозди, встречаются моно- и диплококки 1,4х1,4 мкм	Сгусток	4,03 / 68	-	6/10	-/ +/- /-/-	Lactococcus или Streptococcus
ИБ-4	Грам+ кокки в виде виноградной грозди, встречаются моно- и диплококки 1,4х1,4 мкм	Пептонизация	3,79 / 85	+	10/10	+/- / +/- /- /+	Lactococcus или Enterococcus
ИБ-5	Грам+ кокки в виде виноградной грозди, встречаются моно- и диплококки 1,4х1,4 мкм	Сгусток + сыворотка	3,9 / 84	-	0/10	+/- /-/+/-	Lactococcus или Streptococcus
ИБ-6	Грам+ кокки в цепочках, встречаются моно- и диплококки 1,4х1,4 мкм	Пептонизация	4,08 / 86	-	0/10	+/-/-/-	Leuconostoc или Streptococcus
ИБ-7	Грам+ кокки в виде виноградной грозди, а также в цепочках, встречаются моно- и диплококки 1,4х1,4 мкм	Сгусток	3,79 / 94	+	7/10	+/+/+/+	Lactococcus
ИБ-8	Грам+ кокки в виде виноградной грозди, встречаются моно- и диплококки 1,4х1,4 мкм	Сгусток + сыворотка	4,19 / 87	-	0/10	+/- / +/- /- /+	Lactococcus или Enterococcus

Кислотообразующую активность на капустном агаре (зоны просветления) и среде Ли (по 10-балльной шкале, изменение цвета индикатора) проявили ИБ-1, ИБ-2 и ИБ-4 (8-10 баллов из 10 максимальных).

Наиболее широкий спектр ферментации углеводов на средах Гисса (фруктоза, мальтоза, лактоза, глюкоза) показали ИБ-1, ИБ-2 и ИБ-7 (ферментация всех четырёх субстратов).

На основе комплекса фенотипических признаков (морфология, рост на средах, кислотообразование, ферментация углеводов, протеолиз) проведена предварительная идентификация штаммов по определителю Берджи [6] в группе молочнокислых кокков порядка Lactobacillales.

Большинство штаммов (ИБ-1, ИБ-2, ИБ-7) с высокой вероятностью относятся к роду Lactococcus – типичным молочнокислым коккам

растительного происхождения. Штаммы с пептонизацией молока могут обладать признаками *Enterococcus* или протеолитических вариантов *Lactococcus*.

Заключение. Таким образом, выделенные из *Salicornia europaea* штаммы молочнокислых бактерий проявляют высокую кислотообразующую и сахаролитическую активность, характерную для заквасочных и пробиотических культур. Все изоляты – грамположительные кокки, которые активно образуют молочную кислоту (до 94 °Т). Наиболее перспективными по кислотообразующей активности и широкому спектру ферментации углеводов являются штаммы ИВ-2 и ИВ-7. Полученные изоляты могут представлять интерес для биотехнологии функциональных продуктов и биоконсервации в условиях повышенной солёности.

Работа выполнена в рамках государственного задания ФГБОУ ВО «Астраханский государственный технический университет» на тему: «Разработка новых экобиотехнологий – основы оздоровления и устойчивого развития экосистем Прикаспийского региона», № 126022618061-1.

Библиографический список

1. Губанов И.А. Иллюстрированный определитель растений Средней России. М.: Т-во науч. изд. КМК, 2003. Т. 2. 665 с.
2. Дзержинская И.С. Методы постановки накопительных культур... Астрахань: АГТУ, 2018. 72 с.
3. Захарчук Л.М. Молочнокислые бактерии // Большая Российская Энциклопедия. 2022. Т. 21. С. 225-226.
4. Нетрусов А.И. Микробиология: учебник. М.: Академия, 2005. 384 с.
5. Alesson L. Lactic Acid Bacteria: Classification and Physiology // Lactic Acid Bacteria. Microbiological and Functional Aspects. New York: Marcel Dekker, 2004. P. 1-66.
6. Bergey's Manual of Determinative Bacteriology / Ed. by J. G. Holt et al. Baltimore: Williams & Wilkins, 1994. 787 p.

СПЕКТР ПРЕДСТАВИТЕЛЕЙ СЕМЕЙСТВА LACTOBACILLACEAE, ВЫДЕЛЕННЫХ У МЛАДЕНЦЕВ И МОЛОДЫХ ЖИТЕЛЕЙ Г. АРХАНГЕЛЬСКА

Сабанаев М.А.

Кукалевская Н.Н.

Бекарова М.М.

ФГБОУ ВО «Северный государственный медицинский университет»
Министерства здравоохранения Российской Федерации, г. Архангельск, Россия

Введение. Кишечная микробиота человека играет важную роль в поддержании здоровья организма, участвуя в процессах пищеварения, формировании иммунного ответа и защите от патогенных микроорганизмов.

Особый интерес представляют лактобактерии (*Lactobacillus* spp.), играющие роль в формировании колонизационной резистентности, иммуномодулирующими и метаболическими свойствами, поэтому широко рассматриваются как перспективные пробиотические микроорганизмы и активно изучаются в связи с их влиянием на состояние желудочно-кишечного тракта и общее здоровье человека [4]. В результате пересмотра таксономии в 2020 году ранее объединённый род *Lactobacillus* был разделён на несколько самостоятельных родов, включая *Lacticaseibacillus*, *Limosilactobacillus*, *Ligilactobacillus*, *Latilactobacillus* и другие. Использование обновлённой номенклатуры позволяет более точно отражать филогенетические и функциональные особенности представителей данной группы микроорганизмов.

В северных регионах, характеризующихся специфическими климатическими условиями и особенностями образа жизни населения качественный и количественный состав микробиоты, в том числе лактобактерий, может иметь определённые отличия. В связи с этим исследование лактобактерий, выделенных у различных возрастных групп жителей города Архангельска, который входит в перечень приравненных к районам Крайнего Севера территорий, представляет научный и практический интерес.

Материалы и методы. В исследование были включены 40 жителей города Архангельск, разделённых на две группы: 20 младенцев в возрасте от 0 до 3 месяцев и 20 молодых взрослых (18-44 года). Материал для исследования – образцы мекония и кала. Выделение бактерий семейства *Lactobacillaceae* проводили культуральным методом в соответствии ОСТ 91500.11.0004-2003 «Протокол ведения больных. Дисбактериоз кишечника» путем посева на селективную питательную среду MRS (Conda «Pronadisa», Испания). Посевы инкубировали в течение 48–72 ч при атмосфере 5% CO₂. Идентификацию выделенных изолятов проводили с помощью метода MALDI-TOF MS (масс-спектрометрический анализ) на микробиологическом анализаторе VactoSCREEN (ООО «Литех», Россия). Номенклатуру выделенных представителей семейства *Lactobacillaceae* приводили в соответствии с современной таксономической классификацией NCBI.

Результаты и обсуждение. В результате проведённого исследования среди младенцев частота обнаружения лактобактерий составила 45% (n=9), в молодой когорте – 60% (n=12). У в обоих когортах было выделено 4 недублирующих друг друга штамма семейства *Lactobacillaceae*, встречающиеся с разной частотой. Полученные изоляты различались по таксономической принадлежности и были отнесены к представителям нескольких родов семейства.

Обращает на себя внимание различие спектров выделенных микроорганизмов в зависимости от возраста (рис. 1). В младенческой когорте доминирующим видом оказался *Lacticaseibacillus rhamnosus*, выявленный у 44,4% обследованных, тогда как у молодых взрослых он встречался реже — в

25% случаев. Вторым по частоте обнаружения у младенцев стал *Lacticaseibacillus paracasei* (22,2%) и *Limosilactobacillus fermentum* (22,2%), причём последний в группе молодых жителей не был выделен. *Lacticaseibacillus zaea* встречался в обеих группах с минимальной частотой – 11,1% и 8,3% соответственно.

Наиболее выраженные различия зафиксированы в отношении *Lactiplantibacillus plantarum*, который полностью отсутствовал у младенцев, но стал абсолютным доминантом в микробиоте молодых взрослых, будучи обнаруженным у 41,6% обследованных этой группы.

Полученные данные свидетельствуют о выраженной возраст-зависимой динамике представительства лактобацилл семейства *Lactobacillaceae* в микробиоте обследованных лиц. В младенческой когорте частота выявления лактобактерий составила 45% ($n = 9$), тогда как у молодых взрослых этот показатель достиг 60% ($n = 12$), что согласуется с литературными данными о постепенном нарастании доли лактобацилл в раннем постнатальном периоде и их более стабильной колонизации в зрелом возрасте. В обеих группах было выделено 4 неперекрывающихся штамма этого семейства, что указывает на ограниченное, но достаточно разнообразное представительство лактобацилл на уровне штаммов и подчёркивает специфичность их колонизации в зависимости от возраста хозяина [2].

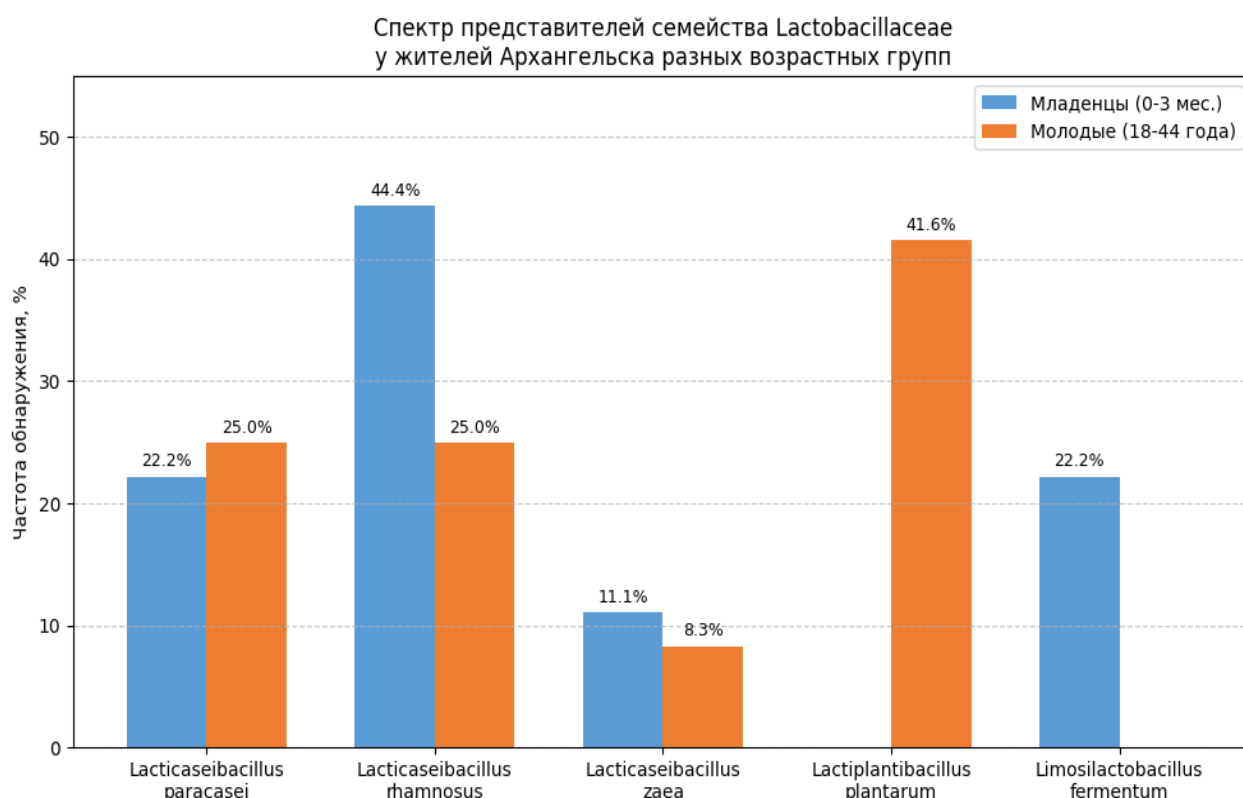


Рис. 1. Спектр представителей семейства *Lactobacillaceae* у жителей г. Архангельска разных возрастных групп

В младенческой когорте доминирующим видом оказался *Lacticaseibacillus rhamnosus*, при этом в группе молодых взрослых частота *L. rhamnosus*

снизилась до 25%, что отражает описанные в литературе сдвиги в видовом составе лактобацилл в процессе возрастной селекции микробиоты, когда определённые виды, характерные для раннего онтогенеза, уступают место другим, более «взрослым» таксонам. Отсутствие *Limosilactobacillus fermentum* в молодой взрослой когорте подтверждает ассоциацию *L. fermentum* с преимущественно детским или «дието-зависимым» профилем микробиоты [5].

Полное отсутствие *Lactiplantibacillus plantarum* в младенческой когорте и его статус доминирующего вида у молодых взрослых (выявлен у 41,6% обследованных) согласуется с данными о том, что *L. plantarum* ассоциируется с более зрелой, стабильной микробиотой, адаптированной к разнообразному рациону и более выраженному влиянию экзогенных факторов. Активность *L. plantarum* в кишечнике взрослых, включая его способность модулировать микробиоту и продукцию короткоцепочечных жирных кислот, делает его ключевым представителем противовоспалительного и защитного микробиотического профиля, который в раннем детстве либо отсутствует, либо представлен в низких концентрациях [3].

Обнаружение в обеих группах по одному виду *Lacticaseibacillus zaia* с минимальной частотой (11,1 и 8,3% соответственно) указывает на возможную роль данного таксона как эпизодического колонизатора, не формирующего стойкой возраст-специфической доминации. Вместе с тем различия в спектрах изолятов между младенческой и молодой когортами подчёркивают, что селекция лактобацилл во многом определяется возраст-зависимыми факторами, такими как тип вскармливания, состав питания, иммунный статус и режим экспозиции к пробиотическим и продуктам, содержащим живые культуры. В совокупности эти данные позволяют рассматривать младенческую микробиоту как более «динамичную» и лабильную по структуре представительства лактобацилл, тогда как у молодых взрослых формируется более стабильный и специфичный паттерн, характеризующийся доминированием *L. plantarum* и снижением доли типично «детских» видов, таких как *L. fermentum* [1].

Заключение. Результаты демонстрируют, что структура лактобациллярного компонента микробиоты существенно меняется в процессе онтогенетического развития, отражая влияние возраст-зависимых факторов питания, иммунного созревания и экзогенной экспозиции. Это формирует основу для дальнейшего изучения функциональной значимости этих видов в различном возрасте.

Библиографический список

1. Qula derived *Limosilactobacillus fermentum* TD 3 and *Lactococcus lactis* MQ1 1 alleviate aging related intestinal barrier dysfunction via microbiota–short chain fatty acid–AMPK/MLCK–tight junction axis / X. Liu, K. Guan, C. Liu [et al.] // *Journal of Dairy Science*. 2025. Vol. 108, № 12. P. 12949–12969. DOI: 10.3168/jds.2025-26740.
2. New *Lactiplantibacillus plantarum* and *Lacticaseibacillus rhamnosus* strains: well tolerated and improve infant microbiota / G. Önnings, R. Palm, C. Linnings, N.

Larsson // *Pediatric Research*. 2022. Vol. 91, № 7. P. 1849-1857. DOI: 10.1038/s41390-021-01678-1.

3. *Lactobacillus plantarum* alters gut microbiota and metabolites composition to improve high starch metabolism in *Megalobrama amblycephala* / L. Qian, S. Lu, W. Jiang [et al.] // *Animals*. 2025. Vol. 15, № 4. Art. 583. Published 2025 Feb 18. DOI: 10.3390/ani15040583.

4. Gut microbiome and human health: Exploring how the probiotic genus *Lactobacillus* modulate immune responses / S. Rastogi, A. Singh // *Frontiers in Pharmacology*. 2022. Vol. 13. Art. 1042189. DOI: 10.3389/fphar.2022.1042189.

5. Culture based studies of intestinal lactobacilli in young people and centenarians / I. Smidt, T. Roop, R. Mandar [et al.] // *Frontiers in Microbiology*. 2026. Vol. 17. Art. 1746411. DOI: 10.3389/fmicb.2026.1746411.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ СПОСОБНОСТИ КОЛЛЕКЦИОННЫХ МОЛОЧНОКИСЛЫХ ИЗОЛЯТОВ К ПРОДУКЦИИ МОЛОЧНОЙ КИСЛОТЫ

Федотова А.Е.

Еремеева С.В., доцент, кандидат биологических наук
ФГБОУ ВО «Астраханский государственный технический университет»,
г. Астрахань, Россия

Введение. Молочная кислота широко применяется в пищевой промышленности, фармацевтике, косметической индустрии и агротехнике. Традиционно ее получение осуществляется посредством бактериальной ферментации сахаров, однако растущие потребности рынка требуют расширения сырьевых ресурсов [3]. В условиях санкционных ограничений перспективным является использование вторичных продуктов сельскохозяйственного производства. Например, тыква, свекла, морковь, капуста богаты сахарами (глюкоза, фруктоза, сахароза) и обладают хорошей буферной способностью благодаря минералам и пектину, что стабилизирует pH в процессе брожения и предотвращает преждевременное снижение активности бактерий [4].

В связи с вышесказанным исследована способность коллекционных изолятов молочнокислых бактерий (МКБ) продуцировать молочную кислоту на тыквенной среде. Проведен подбор ферментной обработки питательной среды, для выделения органических кислот.

Материалы и методы. Для повышения доступности субстрата тыквенную среду обрабатывали ферментными комплексами, которые выбирали основываясь на состав среды [3]. Инокулят бактерий вносили в колбы с тыквенной средой и культивировали на качалке при 37-40 °C в течение 4 суток. Измеряли pH потенциометрическим методом перед культивированием, на 1, 2, 3 и 4 сутки. Концентрацию молочной кислоты определили спектрофотометрическим методом на 4-е сутки культивирования [1, 5].

Результаты и обсуждение. Наиболее выраженное закисление тыквенной среды наблюдали с добавлением изолятов КК1, МК 8Б, 2368Б, ИВ2, 5726 и С3. Контроль без инокулята сохранял pH 6,0 в течение всех 4-х суток. Обработка ферментами П+Ц дала снижение pH до 3,76 под действием изолята КК1. В присутствии изолятов С3 и КК1 и ферментной обработки А+Г кислотообразование прошло до pH 3,66 и 3,8 соответственно. Обработка ферментами А+Г+П дала снижение pH с изолятами 2368Б – 3,7, ИВ2 – 3,98 и 5726 – 3,95. Максимальное закисление достигнуто при обработке А+Г+Ц: 2368Б – pH 3,59, ИВ2 – 3,63, КК1 – 3,66 (рис. 1).

На 4-е сутки определили концентрацию молочной кислоты (рис. 2). Наибольший выход молочной кислоты получен для изолятов С3 (обработка А+Г) – 8,75 г/л (pH 3,66); 2368Б (А+Г+Ц) – 8,03 г/л (pH 3,59); ИВ2 (А+Г+Ц) – 8,01 г/л (pH 3,63); КК1 (А+Г) – 7,68 г/л (pH 3,8). Минимальные показатели у МК 8Д (3,33–4,44 г/л). Обработка А+Г и А+Г+Ц оказалась наиболее эффективной, поскольку расщепляет крахмал, клетчатку и пектин, содержащийся в тыкве до легкоусвояемых сахаров, стимулируя гомоферментативное брожение.

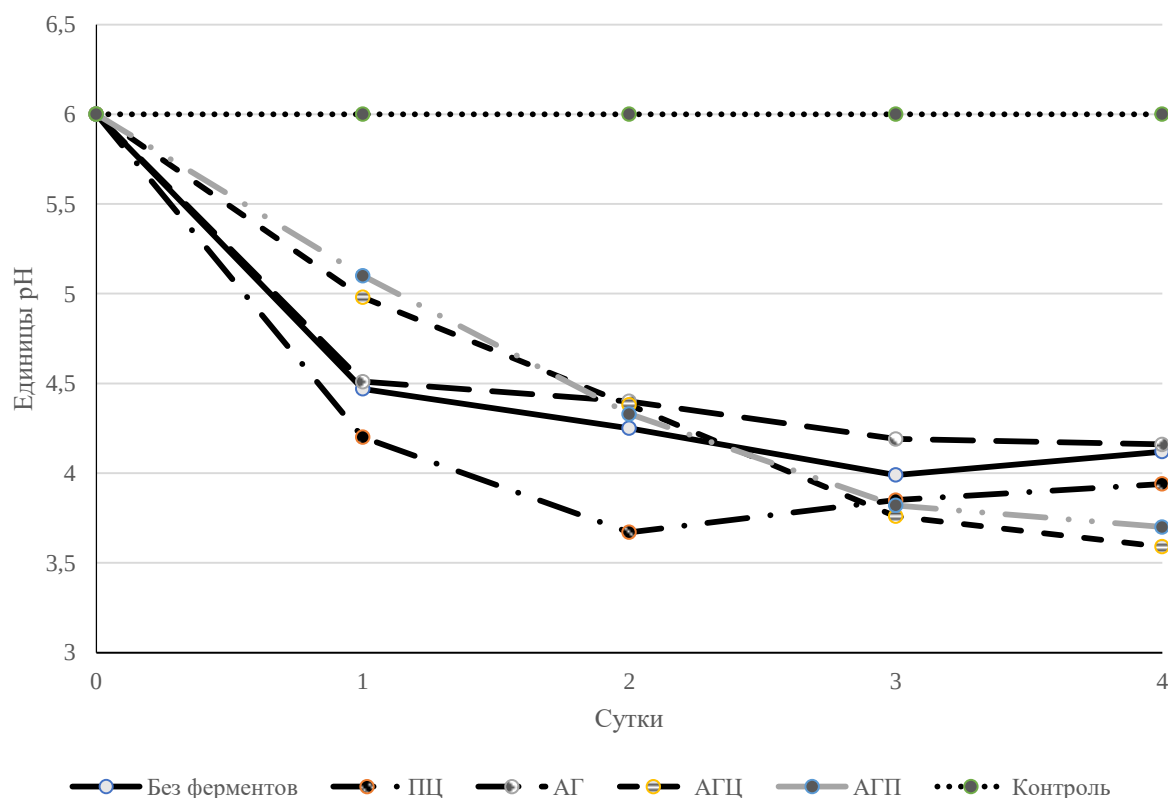


Рис. 1. Динамика изменения pH среды в присутствии изолята 2368Б

Изоляты КК1, 2368Б, ИВ2 и С3 демонстрируют как наиболее активное снижение pH за 4 суток культивирования (3,66 – 3,98), так и самое большое содержание молочной кислоты в культуральной жидкости (7,47 – 8,75 г/л).

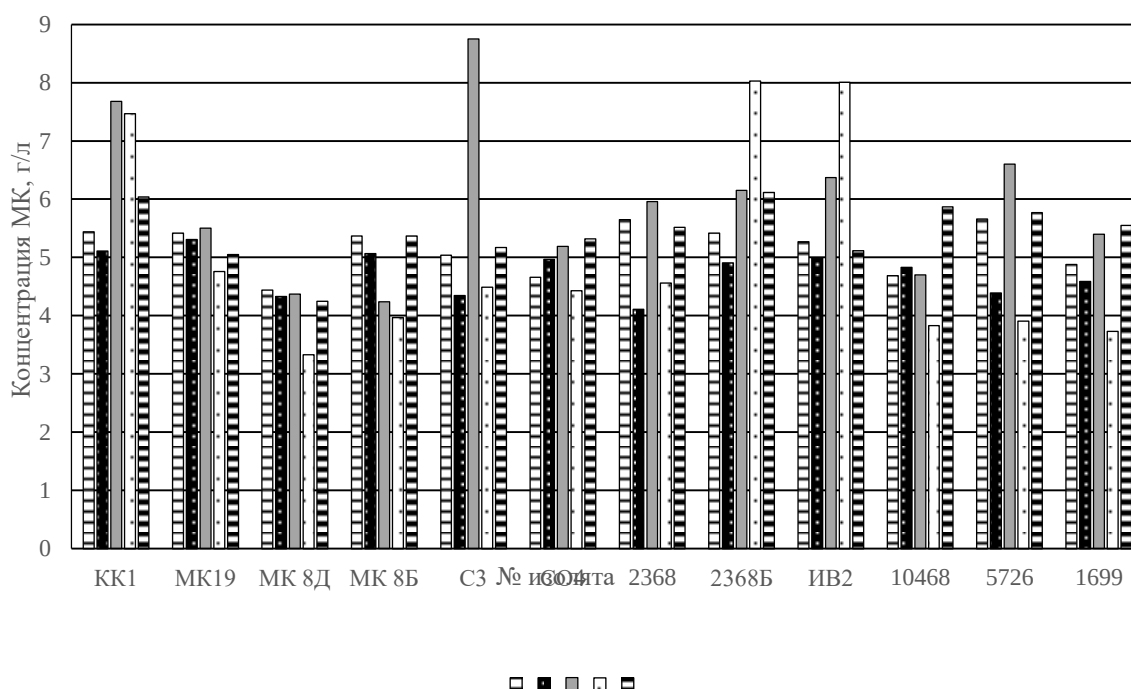


Рис. 2. Концентрация молочной кислоты в культуральной жидкости на 4 сутки (г/л)

Заключение. По результатам исследований все изоляты проявили способность к активному молочнокислому брожению на тыквенной среде. Наиболее перспективными штаммами являются С3, 2368Б, ИВ2 и КК1, обеспечивающие высокий выход целевого продукта (7,47-8,75 г/л) при значительном снижении рН. Это дает возможность использования тыквенного сырья как альтернативного субстрата. Полученные данные позволяют рекомендовать данные изоляты и ферментные обработки А+Г, А+Г+Ц и А+Г+П для дальнейшей оптимизации технологии получения молочной кислоты.

Таким образом, коллекционные молочнокислые изоляты способны эффективно продуцировать молочную кислоту на тыквенной среде. Обработка ферментами повышает доступность субстрата и выход продукта до 8,75 г/л, что делает тыкву перспективным вторичным сырьем в условиях импортозамещения.

Работа выполнена в рамках государственного задания ФГБОУ ВО «Астраханский государственный технический университет» на тему: «Разработка новых экобиотехнологий - основы оздоровления и устойчивого развития экосистем Прикаспийского региона» № 126022618061-1

Библиографический список

1. Абдулаева Н.Ф., Тагизаде З.А., Мустафаева Р.С. Микробиологические и биохимические характеристики молочнокислых бактерий и области их применения // Актуальные проблемы гуманитарных и естественных наук. 2017. № 3-3.

2. Борщевская Л.Н., Гордеева Т.Л., Калинина А.Н., Синеокий С.П. Спектрофотометрическое определение молочной кислоты // Журнал аналитической химии. 2016. Т. 71, № 8. С. 787-790.
3. Волкова Г.А. Исследование процессов ферментации отходов переработки сельскохозяйственного сырья с помощью кислотообразующих бактерий: дис. ... канд. техн. наук: 05.18.01. М., 2002. 145 с.
4. Петрухин А.И., Алексеенко С.М. Применение молочнокислых бактерий в пищевой промышленности: учеб. пособие. М.: Московский технологический институт пищевых производств, 2023. 150 с.
5. Трофимова Г.В., Куликов Р.Г. Основы биотехнологии: учебник. М.: Академия, 2019. 304 с.

ВЛИЯНИЕ ДОБАВОК *CHLORELLA PYRENOIDOSA* H. CHICK НА РАЗВИТИЕ МИКРОФЛОРЫ ЙОГУРТНОЙ ЗАКВАСКИ

Черкай Е.П.

Цыганкова В.В.

Кузнецова Т.А., кандидат биологических наук
ФГАОУ ВО «Санкт-Петербургский политехнический университет
Петра Великого», г. Санкт-Петербург, Россия

Введение. Одной из актуальных задач современной биотехнологии является поиск растительных нутрицевтиков, способных не только обогащать продукт ценными компонентами, но и положительно влиять на технологический процесс. В данном контексте интерес представляет микроводоросль *Chlorella pyrenoidosa* H. Chick, обладающая высокой биологической ценностью, содержащая факторы роста микроорганизмов. Биомасса микроводоросли содержит 60% белка (20 аминокислот), углеводы, липиды (полиненасыщенные жирные кислоты), витамины (тиамин, рибофлавин, ниацин, пиридоксин, биотин, фолевая кислота, кобаламин, аскарбиновая кислота, витамины А, D), антиоксиданты (пигментный комплекс). Благотворное влияние биомассы микроводорослей на живые организмы может быть связано с синергизмом между питательными веществами и антиоксидантными соединениями [1]. В литературе описана пребиотическая роль олиго- и полисахаридных компонентов и других составляющих фрагментов клеток микроводорослей, их капсульных структур и межклеточных материалов [2].

Целью настоящего исследования является описание влияния добавок биомассы *Chlorella pyrenoidosa* H. Chick на развитие микрофлоры йогуртной закваски при ферментации.

Материалы и методы. Объект исследования – микроорганизмы йогуртной закваски (ТМ «Полезная партия», РФ): *Streptococcus thermophilus* и *Lactobacillus delbrueckii* subsp. *bulgaricus*. Закваску активировали в пастеризованном молоке (2,5% жирности) при 40°C в течение 7 часов.

Лиофилизированную биомассу *Chlorella pyrenoidosa* (ООО «ВинЛаб Нутришин», РФ) вносили в пастеризованное молоко, варианты концентраций: 3,0; 5,0; 10,0 г/л. Активированную закваску вносили в концентрации 5,0%. Сбраживание осуществляли при температуре 40°C до достижения общей кислотности, нормируемой ГОСТ31981-2013. Определение кислотности проводили после 5 часов ферментации каждый час, согласно ГОСТ Р 54669-2011. Для микроскопического исследования использовали фиксированные, окрашенные метиленовым синим препараты, которые исследовали при увеличении в 1600 раз с помощью программ MC-foto (АО «ЛОМО») и TourView (Levenhuk). Исследовали не менее 10 полей зрения.

Результаты и обсуждение. Установлено, что внесение необработанной биомассы *Chlorella pyrenoidosa* на начальном этапе ферментации способствует кислотонакоплению, существенно ускоряет процесс ферментации (табл. 1), что совпадает с данными по использованию для обогащения йогурта *Chlorella vulgaris* [3]. Кислотность образцов увеличивалась пропорционально дозировке добавки. Требуемое значение титруемой кислотности (75 °Т) в образцах с долей добавки 5,0 и 10,0 г/л было достигнуто к 6-му часу ферментации, в варианте с 3,0 г/л – к 7-му часу ферментации, в то время как в контрольном образце – только к 9-му часу. Сокращение времени ферментации свидетельствует о наличии ростовых факторов, пребиотиков в составе микроводорослей, стимулирующих развитие симбиотической микрофлоры йогурта.

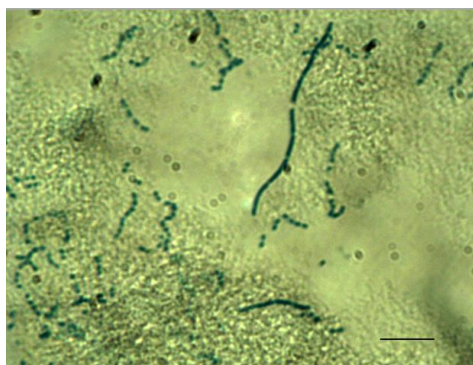
Таблица 1 – Исследование влияния добавки *Chlorella pyrenoidosa* на кислотонакопление в процессе ферментации молока йогуртной закваской

Время ферментации, ч	Контроль	Доля вносимой добавки, г/л		
		3,0	5,0	10,0
5	32,0±1,15	50,0±2,0	69,5±0,87	68,17±1,20
6	35,33±0,33	72,67±1,76	88,0±7,81	113,67±1,20
7	55,0±1,53	98,67±2,33	120,50±2,47	-
8	66,33±0,67	-	-	-
9	79,67±4,06	-	-	-

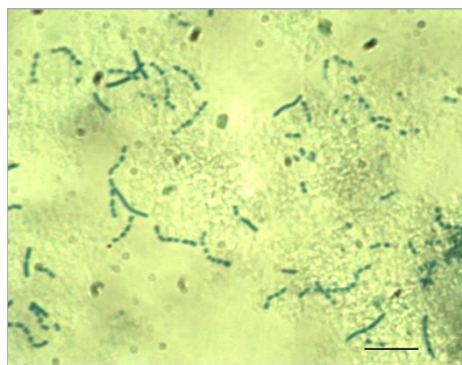
Термическая обработка биомассы (пастеризация при 90 °С) несколько снижает стимулирующий эффект по сравнению с необработанной формой, что может быть связано с частичным разрушением термолабильных соединений.

При анализе микроскопической картины (рис. 1) отмечено отсутствие дрожжей, мицелия грибов, спор бактерий (посторонней микрофлоры).

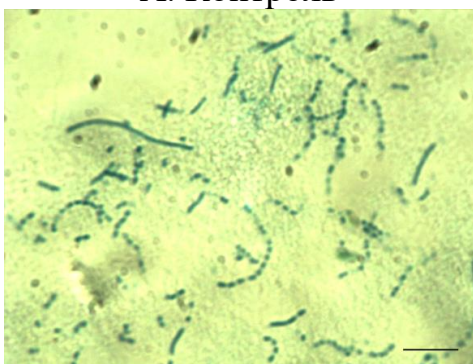
В поле зрения присутствуют дипло- и стрептобактерии, стрептококки до 10 кокков в цепочке, что характерно для микроскопической картины йогуртной закваски. В контроле наблюдалось преобладание коротких цепочек стрептококков. В вариантах с добавками микроводорослей отмечены длинные стрептококки (свыше 10-15 кокков). Палочковидные бактерии присутствуют во всех вариантах.



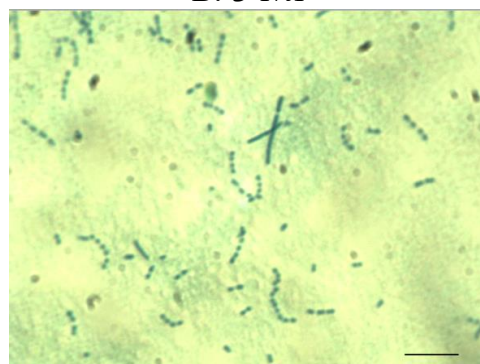
А. Контроль



Б. 3 г/л



В. 5 г/л



Г. 10 г/л

Рис. 1. Микроскопическая картина образцов йогурта с добавками *Chlorella pyrenoidosa*: отрезок соответствует 10 мкм

Закключение. Введение *Chlorella pyrenoidosa* оказывает пребиотическое влияние на заквасочную микрофлору йогурта, что отражено в интенсификации кислотонакопления в технологии производства йогурта. Исследование подтверждают литературные данные, в которых описано также повышение жизнеспособности пробиотиков, что улучшит функциональные характеристики продукта брожения [4].

Время ферментации сокращается до 6-7 часов. Оптимальной концентрацией для интенсификации процесса является 5,0 – 10,0 г/л. Использование добавки позволяет не только сократить время производства, но и получить продукт с развитой микрофлорой.

Однако внесение биомассы микроводорослей вносит существенные изменения в органолептические характеристики образцов йогурта, что влияет на их потребительские характеристики.

Библиографический список

1. Potential of *Chlorella* as a dietary supplement to promote human health / Т. Bito, Е. Okumura, М. Fujishima, F. Watanabe // *Nutrients*. 2020. №12(9). 2524; <https://doi.org/10.3390/nu12092524>
2. Микроводоросли как объекты биомедицинских технологий: пробиотики, пребиотики, метабиотики / А. В. Олескин, Цао Боян // *Прикладная биохимия и микробиология*. 2022. Т. 58, № 6. С. 635–648.

3. Production and Evaluation of Set-Type Yoghurt Fortified with *Chlorella vulgaris* and *Moringa oleifera* Powder / M.A. Hassan, A.M. Sharoba, S.A. El-Mansy [et al.] // *Plant Foods for Human Nutrition*. 2024. V. 79. P. 531-538.

4. Supplementation of *Spirulina platensis* and *Chlorella vulgaris* Algae into Probiotic Fermented Milks / H. Beheshtipour, A.M. Mortazavian, R. Mohammadi [et al.] // *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*. 2013. V. 12, №. 2. P. 144-154.

СЕКЦИЯ 2. ИННОВАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ, СРЕДСТВА ПРОФИЛАКТИКИ, ДИАГНОСТИКИ, ЛЕЧЕНИЯ ИНФЕКЦИОННЫХ И ПАЗИТАРНЫХ БОЛЕЗНЕЙ ЧЕЛОВЕКА И ЖИВОТНЫХ

ОЦЕНКА ЧУВСТВИТЕЛЬНОСТИ ACINETOBACTER BAUMANNII К АНТИБАКТЕРИАЛЬНЫМ ПРЕПАРАТАМ РАЗЛИЧНЫХ ГРУПП

Апанасенко Е.А.

Веремеенко С.Ю. (научный руководитель)

ФГБОУ ВО «Рязанский государственный медицинский университет имени академика И.П. Павлова» Министерства здравоохранения Российской Федерации, г. Рязань, Россия

Введение. Проблема распространения госпитальных инфекций, вызванных грамотрицательными неферментирующими бактериями, за последние десятилетия приобрела характер глобальной угрозы для системы детского здравоохранения. *Acinetobacter baumannii* – один из наиболее проблемных грамотрицательных неферментирующих патогенов. В условиях современного здравоохранения этот микроорганизм трансформировался из малозначимого оппортуниста в критическую угрозу, обладающую уникальной способностью к выживанию в агрессивной больничной среде и формированию устойчивости к большинству известных антимикробных препаратов [1, 2, 4, 11].

Патогенность *A. baumannii* определяется скоординированной работой множества факторов, обеспечивающих выживание микроорганизма в организме хозяина и уклонение от факторов иммунитета. В отличие от многих классических патогенов, ацинетобактер полагается не на мощные токсины, а на стратегию «персистенции и сопротивления» [13].

Первичная колонизация обеспечивается пилиями и белками наружной мембраны. Пили играют ключевую роль в адгезии к абиотическим поверхностям (медицинскому оборудованию) и формировании биопленок. Белок наружной мембраны А выступает в качестве основного адгезина при взаимодействии с эпителиоцитами человека, а также способен индуцировать апоптоз клеток хозяина, проникая в митохондрии [13-15].

Наличие полисахаридной капсулы является критическим фактором защиты от фагоцитоза и действия системы комплемента. Генетическая детерминация капсулы (K-локус) характеризуется высокой гетерогенностью; установлено, что акапсулярные штаммы практически лишены патогенности *in vivo* [13].

Бактерия продуцирует широкий спектр экзоферментов:

- липазы и фосфолипазы (С и D): разрушают липиды мембран клеток хозяина, способствуя инвазии в ткани и сохранению бактерии в сыворотке крови;
- металлоэндопептидаза СраА: уникальный фактор вирулентности, который инактивирует фактор свертывания крови XII, препятствуя

образованию тромбов и облегчая системное распространение патогена по кровотоку [13, 16].

Высокая адаптивность патогена обусловлена пластичностью его генетического аппарата. Основными механизмами устойчивости являются продукция приобретенных карбапенемаз, модификация пориновых белков клеточной стенки и активация систем эффлюкса [4, 7]. Ключевую роль в усилении этих механизмов играет мобильный генетический элемент **ISAbal**, который выступает в роли мощного промотора для генов резистентности. Располагаясь перед генами оксациллиназ, **ISAbal** резко усиливает их экспрессию, что ведет к полной инактивации карбапенемов даже при использовании их в высоких дозах [1, 7].

Способность к формированию биопленок позволяет *A. baumannii* колонизировать медицинское оборудование и ткани пациента. Внутри биопленки микроорганизмы защищены от действия дезинфектантов и иммунной системы, а минимальные подавляющие концентрации антибиотиков возрастают до критических значений (128-512 мг/л), делая стандартную терапию заведомо неэффективной [1, 8].

A. baumannii проявляет исключительную устойчивость во внешней среде, сохраняя жизнеспособность на поверхностях мебели, дверных ручках и медицинских приборах в течение многих недель [1]. Установлено, что бактерия способна контаминировать растворы некоторых антисептиков, таких как фурацилин и риванол, а также распространяться через больничные раковины. За последние 15 лет в российских ОРИТ доля *A. baumannii* в этиологической структуре достигла 16,3%, становясь ведущей причиной вентилятор-ассоциированных пневмоний и сепсиса [1, 9].

Инфекции, вызванные *A. Baumannii*, характеризуются высокой степенью тяжести и неблагоприятными исходами. Наиболее уязвимы дети с хирургическими патологиями (абдоминальные патологии – 29%, пороки сердца – 24%) и тяжелыми травмами (29%). Основными формами заболевания являются бактериемия (82% случаев выделения патогена) и инфекции центральной нервной системы (18%), такие как менингиты и энцефалиты. Около четверти случаев (25%) инфекций ЦНС и бактериемии у детей имеют неблагоприятный исход [11].

Терапевтические опции при этом крайне ограничены: к аминогликозидам устойчивы до 88% штаммов, к фторхинолонам – 88%. Единственным препаратом, сохраняющим активность в отношении 76% изолятов, остается колистин, однако его применение в неонатологии требует крайней осторожности из-за нефротоксичности [11].

Материалы и методы. Анализ русскоязычной научной литературы последних лет, посвященный антибиотикорезистентности *A. baumannii*.

Результаты и обсуждение. В ходе анализа антибиотикорезистентности исследуемого микроба были получены следующие результаты, показывающие, что современный профиль резистентности штаммов в РФ характеризуется потерей эффективности почти всех традиционных классов препаратов. Данные

мониторинга (табл. 1) показывают экспоненциальный рост устойчивости, особенно к карбапенемам [1, 2, 9].

Таблица 1 – Устойчивость *A. baumannii* к антибиотикам

Группа антибиотиков	Препарат	Уровень резистентности (%)
Карбапенемы	Имипенем	89,5- 91,3
	Меропенем	89,9-97,4
Фторхинолоны	Ципрофлоксацин	85,8-99,0
	Левифлоксацин	53,4-88,0
Аминогликозиды	Амикацин	81,9-89,2
	Гентамицин	77,4-88,0
Цефалоспорины	Цефепим (IV пок.)	95,0
	Цефтазидим (III пок.)	77,1-94,6
Фолаты	Ко-тримоксазол	41,2-100,0
Полимиксины	Колистин	0,9-1,0
	Полимиксин В	1,4

Единственной группой препаратов, сохраняющей активность в отношении более 98,5% изолятов, остаются полимиксины (2). Все остальные классы препаратов демонстрируют уровни резистентности, делающие их применение в монотерапии необоснованным [1, 2].

Также в ходе анализа литературы было выявлено, что в условиях тотальной резистентности к антибиотикам бактериофаги рассматриваются как наиболее перспективное направление альтернативного лечения [1, 6].

В рамках проекта АВРНAGE изучено более 3100 клинических изолятов из 71 стационара России. Установлено, что взаимодействие фага с бактерией определяется структурой капсульных полисахаридов (КПС). Успех фаготерапии напрямую зависит от точного соответствия фага капсульному типу (KL-типу) конкретного штамма [3, 6].

Заключение. В ходе работы было выяснено, что полимиксины являются единственной группой антибиотиков, к которой чувствителен *A. baumannii*. Анализ литературы по применению бактериофагов в лечении инфекций, вызванных данным возбудителем позволяет предположить, что фаготерапия может быть возможной альтернативой лечения локальных инфекций, вызванных *A. baumannii*.

Библиографический список

1. Анализ структуры бактериемий и чувствительности к антибиотикам микроорганизмов, выделенных в отделениях реанимации и интенсивной терапии в скорпомощном стационаре в период с 2003 по 2021 г.: ретроспективное наблюдательное исследование // Интенсивная терапия: Динамика резистентности в ОРИТ РФ (2008-2021).

2. Антимикробная резистентность в России 2025: основные результаты аналитического отчёта Методического верификационного центра по вопросам антимикробной резистентности (МВЦ) – референс-центра по клинической фармакологии Минздрава России/ Abiogram / МВЦ: Аналитический отчет по резистентности в РФ, 2025.

3. Структурно-генетическое исследование капсульных полисахаридов бактерий *Acinetobacter baumannii*, вызывающих опасные внутрибольничные инфекции, и синтез иммуноактивных гликонъюгатов на их основе. <https://rscf.ru/project/24-14-00236/>.

4. Антибиотикорезистентность, продукция карбапенемаз и генотипы нозокомиальных штаммов *Acinetobacter* spp. в стационарах России: результаты многоцентрового эпидемиологического исследования «МАРАФОН 2015–2016». <https://cmac-journal.ru/publication/2019/2/cmac-2019-t21-n2-p171/>.

5. *Acinetobacter baumannii* генетическое разнообразие, чувствительность к антибиотикам и литическим бактериофагам. <https://amrcloud.net/ru/project/abphage/>.

6. Молекулярно-эпидемиологический анализ штаммов *Acinetobacter baumannii*, выделенных у пациентов с ожоговой травмой. <https://www.stm-journal.ru/ru/numbers/2016/1/1231/html>.

7. *Acinetobacter baumannii* при инфекциях кровотока и центральной нервной системы у детей в отделениях реанимации и интенсивной терапии: молекулярно-генетическая характеристика и клиническая значимость. <https://iimmun.ru/iimm/article/view/2091>.

8. Эпидемиологическое межрегиональное многоцентровое исследование инфекций, связанных с оказанием медицинской помощи, в отделениях реанимации и интенсивной терапии (ЭММИ). Первые результаты. <https://cyberleninka.ru/article/n/epidemiologicheskoe-mezhregionalnoe-mnogotsentrovoye-issledovanie-infektsiy-svyazannyh-s-okazaniem-meditsinskoy-pomoschi-v>.

9. Антибиотикорезистентность – новый вызов современной урологии. <https://ecuro.ru/article/antibiotikorezistentnost-novy-i-vyzov-sovremennoi-urologii>

10. Нозокомиальные возбудители у пациентов ОРИТ в многопрофильном стационаре: профиль и резистентность патогенов. <https://clinpharm-journal.ru/articles/2025-1/nozokomialnye-vozbuditeli-u-patsientov-orit-v-mnogoprofilnom-statsionare-profil-i-rezistentnost-patogenov/>.

11. Исследование ФГАУ «НМИЦ здоровья детей» и НИИ неотложной детской хирургии и травматологии // Инфекция и иммунитет, 2021. <https://iimmun.ru/iimm/article/download/2091/1722>.

12. Факторы патогенности *Acinetobacter baumannii*. <https://cyberleninka.ru/article/n/factory-patogennosti-acinetobacter-baumannii?hl=ru-RU>.

13. Вирулентный *Acinetobacter baumannii* - <https://cyberleninka.ru/article/n/virulentnyy-acinetobacter-baumannii?hl=ru-RU>.

14. Ацинетобактерная инфекция - <https://www.krasotaimedicina.ru/diseases/infectious/acinetobacter>.

15. Факторы патогенности *Acinetobacter baumannii* - <https://vk.com/away.php?to=https%3A%2F%2Fwww.medicalherald.ru%2Fjour%2Farticle%2Fdownload%2F1632%2F947%3Fhl%3Dru-RU&utf=1>.

ЭПИДЕМИОЛОГИЧЕСКАЯ ЗНАЧИМОСТЬ И ОСОБЕННОСТИ ДИАГНОСТИКИ КАНДИДОЗА ЖЕЛУДОЧНО-КИШЕЧНОГО ТРАКТА В СОВРЕМЕННЫХ УСЛОВИЯХ

Головина Н.А., кандидат биологических наук

Канина И.В.

Воробьева И.В., доцент, кандидат биологических наук

ФГБОУ ВО «Рязанский государственный медицинский университет
имени академика И.П. Павлова» Министерства здравоохранения
Российской Федерации, г. Рязань, Россия

Введение. Кандидоз желудочно-кишечного тракта (КЖКТ) представляет собой актуальную междисциплинарную проблему, находящуюся на стыке гастроэнтерологии, микологии и клинической микробиологии. Это оппортунистическая инфекция, вызываемая условно-патогенными грибами рода *Candida*, манифестирующая при нарушении баланса в системе «макроорганизм – микробиота». Эпидемиологическая значимость КЖКТ обусловлена широкой распространённостью, трудностями дифференциальной диагностики, способностью маскироваться под другие заболевания ЖКТ, а также ролью маркера тяжёлых системных нарушений (ВИЧ-инфекция, иммунодефициты, онкопатология). Особую опасность представляет инвазивный кандидоз с транслокацией патогена через кишечную стенку, ведущей к фунгемии и сепсису (летальность 30-50%).

Таким образом, проблема КЖКТ требует пристального внимания со стороны клиницистов, микробиологов и эпидемиологов, а разработка эффективных алгоритмов диагностики, лечения и профилактики является насущной задачей современной медицины.

Цель исследования: на основе анализа современных российских и международных данных систематизировать сведения об эпидемиологии, классификации, диагностике и принципах терапии КЖКТ с акцентом на региональные особенности Российской Федерации.

Материалы и методы. Проведён анализ российских эпидемиологических исследований последних пяти лет (программа «СКАТ», данные 2020–2023 гг.), международных клинических рекомендаций (IDSA 2016, ESCMID/ECMM 2012), а также материалов по видовому составу и антибиотикорезистентности грибов рода *Candida*, выделенных у пациентов с патологией ЖКТ в различных регионах РФ. Используются данные микробиологического мониторинга, эндоскопических и гистологических методов исследования. Рассмотрены критерии диагностики инвазивных и неинвазивных форм КЖКТ, включая количественный посев кала

(диагностический уровень $\geq 10^4$ КОЕ/г), микроскопию с выявлением псевдомицелия и гистологическое исследование биоптатов слизистой оболочки (PAS-реакция, окрашивание серебром по Гомори-Грокотту).

Результаты и обсуждение. Частота колонизации ЖКТ грибами *Candida* у здорового населения РФ колеблется от 25% до 65%. В структуре выделенных у пациентов с КЖКТ штаммов *C. albicans* составляет 50-70%, *C. glabrata* – 15-25%, *C. krusei* и *C. tropicalis* – по 5–10%. Отмечается рост доли non-*albicans* *Candida* (NAC), обладающих меньшей чувствительностью к стандартным антимикотикам.

Выделяют локализованные формы (орофарингеальный кандидоз, эзофагит – В37.81, гастрит, инвазивный и неинвазивный кандидоз кишечника, аноректальный кандидоз – В37.82). Неинвазивная форма («кандидоз-ассоциированная диарея») встречается чаще и связана с избыточным ростом патогена в просвете кишки на фоне дисбиоза; инвазивная – характеризуется проникновением псевдогифов в стенку кишки с риском фунгемии.

«Золотой стандарт» инвазивного кандидоза – гистологическое исследование биоптата слизистой (обнаружение псевдогифов). При неинвазивной форме диагностически значим посев кала с ростом $\geq 10^4$ КОЕ/г. Микроскопия выявления псевдомицелия – маркер инвазивного роста, в отличие от дрожжевых клеток (носительство). Обязательны видовая идентификация и определение чувствительности к антимикотикам.

При кандидозном эзофагите препараты выбора – флуконазол или эхинокандины (каспофунгин, микафунгин). При тяжёлом инвазивном кандидозе кишечника – эхинокандины или липосомальный амфотерицин В. При неинвазивной форме – коррекция дисбиоза, отмена антибиотиков, пробиотики, возможно применение нерезорбтивных полиенов (нистатин, натамицин). Лечение бессимптомного носительства не проводится.

Заключение. Кандидоз желудочно-кишечного тракта остаётся значимой проблемой практического здравоохранения в связи с ростом числа иммунокомпрометированных пациентов, широким использованием антибиотиков и появлением резистентных штаммов non-*albicans* *Candida*. В Российской Федерации наблюдается эпидемиологическая картина, сходная с мировыми тенденциями: доминирование *C. albicans* при постепенном увеличении доли *C. glabrata* и *C. krusei*, что требует обязательного микробиологического мониторинга. Ключевым условием успешного ведения пациентов является точная верификация диагноза с дифференциацией инвазивных и неинвазивных форм, определением видового состава и чувствительности возбудителя. Рациональная антимикотическая терапия должна назначаться только при доказанной инфекции, с учётом формы поражения и статуса пациента, тогда как лечение бессимптомного носительства не проводится. Дальнейшие эпидемиологические исследования, направленные на мониторинг резистентности и видовой структуры *Candida* в различных регионах РФ, необходимы для оптимизации алгоритмов диагностики, лечения и профилактики КЖКТ.

Библиографический список

1. Pappas P.G., et al. Clinical Practice Guideline for the Management of Candidiasis: 2016 Update by the Infectious Diseases Society of America. Clin Infect Dis. 2016;62(4):e1-e50.
2. Климко Н.Н. и др. Эпидемиология инвазивного кандидоза в многопрофильных стационарах России (результаты программы «СКАТ»). Клиническая микробиология и антимикробная химиотерапия. 2021;23(2):134-145.
3. Ивашкин А.С. и др. Видовой состав и чувствительность к антимикотикам грибов рода *Candida*, выделенных у пациентов с патологией ЖКТ в Центральном регионе России. Антибиотики и химиотерапия. 2022;67(3-4):45-52.
4. Успенский Ю.П., Барышникова Н.В. Неинвазивный кандидоз кишечника: мифы и реальность. Российский журнал гастроэнтерологии, гепатологии, колопроктологии. 2019;29(4):86-94.
5. ESCMID/ECMM guideline for the diagnosis and management of *Candida* diseases 2012: diagnostic procedures. Clin Microbiol Infect. 2012;18 Suppl 7:9-18.

КЛИНИКО-ЛАБОРАТОРНЫЕ АСПЕКТЫ КАНДИДЕМИИ

Гусева Т.М., доцент, кандидат сельскохозяйственных наук
ФГБОУ ВО «Рязанский государственный медицинский университет имени академика И.П. Павлова» Министерства здравоохранения Российской Федерации, г. Рязань, Россия

Среди всех случаев фунгемии, или грибковой инфекции крови, в условиях стационарного лечения, кандидемия занимает лидирующие позиции, составляя около 80% всех диагностированных эпизодов. Это состояние характеризуется проникновением грибов рода *Candida* в системный кровоток. Спектр возбудителей кандидозного сепсиса достаточно широк (табл. 1).

Таблица 1 – Представители рода *Candida* – возбудители кандидемии

Вид	Доля в структуре кандидемии, %	Особенности распространения/патогена
<i>C. albicans</i>	42-48	Чаще встречается у детей
<i>C. glabrata</i>	14-24	Преобладает у пожилых пациентов
<i>C. parapsilosis</i>	2-17	Ассоциирован с катетер-ассоциированными инфекциями
<i>C. tropicalis</i>	5-15	Отличается высокой вирулентностью
<i>C. krusei</i>	5-16	Обладает природной резистентностью к флуконазолу

В последние годы в стационарах РФ отмечены вспышки внутрибольничного кандидоза, обусловленного полирезистентным *Candida auris*.

Наиболее уязвимыми к развитию инвазивного кандидоза являются пациенты, находящиеся в специализированных отделениях:

- отделение реанимации и интенсивной терапии (ОРИТ): особенно те, кто длительно подключен к аппарату искусственной вентиляции легких (ИВЛ);
- неонатология: недоношенные младенцы с экстремально низкой массой тела;
- онкогематология: пациенты, проходящие лечение, вызывающее миелосупрессию (снижение активности костного мозга);
- ожоговые центры: пациенты с обширными поражениями кожных покровов.

Ключевыми предрасполагающими факторами к развитию кандидозного сепсиса являются следующие:

1. Иммуносупрессия, приводящая к ослаблению защитных сил организма. Онкологические заболевания, ВИЧ-инфекция, сахарный диабет, химиотерапия, иммунодепрессанты, глюкокортикостероиды, а также печеночная или почечная недостаточность, значительно снижают способность организма сдерживать рост грибов.

2. Нарушение барьерных функций. Повреждение слизистых оболочек желудочно-кишечного тракта (при язвенной болезни, синдроме повышенной кишечной проницаемости), кожи или других тканей создают благоприятные условия для проникновения грибов в кровоток.

3. Дисбактериоз. Сокращение популяции полезных бактерий, часто вследствие длительного применения антибиотиков или общего дисбаланса микрофлоры кишечника, способствует активному размножению грибов рода *Candida*.

В системный кровоток грибы рода *Candida* проникают как экзогенным, так и эндогенным путем. Экзогенный путь поступления патогена: через внутрисосудистые устройства за счет колонизации грибами катетеров с последующим поступлением кандид в кровоток, а также при контакте с инфицированным медицинским оборудованием, инфузионными растворами или через персонал, не соблюдающим правила гигиены. Эндогенный путь – это транслокация патогенов через слизистую оболочку желудочно-кишечного тракта: грибы из кишечника, при нарушении целостности его слизистой оболочки (при синдроме повышенной кишечной проницаемости или мукозите) могут мигрировать в лимфатические сосуды и далее в кровь.

Инвазии *Candida spp.* способствуют факторы вирулентности (табл. 2).

С током крови грибы распространяются по всему организму, колонизируя различные внутренние органы, включая печень, почки, селезенку, сердце, легкие, головной мозг и глаза. Диссеминация приводит к формированию множественных очагов поражения, таких как кандидозный эндокардит, менингит, пневмония, остеомиелит и другие.

Таблица 2 – Факторы вирулентности грибов рода *Candida*, способствующие инвазии

Факторы вирулентности	Адаптация
Адгезины и инвазины	Обеспечение прикрепления грибов к клеткам организма-хозяина. Проникновение в ткани
Образование биоплёнок	Иммунопротекция. Повышение устойчивости к антимикотикам
Гидролитические ферменты	Разрушение ткани. Распространение инфекции
Устойчивость к колебаниям pH среды	Повышение жизнеспособности грибов

При попадании *Candida* в кровоток активируются иммунные механизмы, в частности, толл-подобные рецепторы. Вырабатываются провоспалительные цитокины (TNF- α , IL-1), запускающие системную воспалительную реакцию. Однако при ослабленном иммунитете или массивной инвазии этот ответ может быть недостаточным, что способствует прогрессированию сепсиса. Развивается полиорганная недостаточность: повреждение эндотелия сосудов, нарушение микроциркуляции, коагулопатия и прямое воздействие грибов на органы приводят к дисфункции нескольких систем организма. Это может проявляться в виде дыхательной недостаточности, почечной дисфункции, сердечно-сосудистых нарушений и других жизнеугрожающих состояний. При прогрессировании кандидемии развивается септический шок — состояние, характеризующееся резким снижением артериального давления, нарушением перфузии тканей и развитием тяжелой системной воспалительной реакции. Септический шок при кандидемии сопровождается высокой смертностью, достигающей 30-60%, особенно у пациентов с сопутствующими тяжелыми заболеваниями и иммунодефицитами.

Ранняя диагностика кандидозного сепсиса является ключевым фактором успешного лечения. Основным методом выявления кандидемии остается посев крови на грибковую флору, однако чувствительность этого метода ограничена и может составлять 50-70%. Для повышения диагностической эффективности применяются дополнительные методы (табл. 3).

Таблица 3 – Дополнительные методы в диагностике кандидемии

Метод диагностики	Определяемый показатель
Серологический	Бета-D-глюкан – компонент клеточной стенки грибов, маркер инвазивного кандидоза
ПЦР-диагностика	ДНК <i>Candida</i> spp. в крови. Метод с высокой чувствительностью и специфичностью
Иммунологические тесты	Антигены <i>Candida</i> и антитела

Но, несмотря на наличие современных методов, диагностика кандидемии остается сложной из-за неспецифичности клинических проявлений и необходимости комплексного подхода [1, 2].

Терапия кандидемии должна быть начата как можно раньше, учитывая высокий риск осложнений и летальности. Лечение включает основные принципы:

1. Эрадикация источника инфекции: удаление или замена инфицированных внутрисосудистых катетеров и других медицинских устройств.

2. Противогрибковая терапия: выбор препарата зависит от вида *Candida* и его чувствительности. Применяют следующие антимикотики:

- Флуконазол часто используется при чувствительных штаммах, но *C. krusei* и некоторые штаммы *C. glabrata* обладают устойчивостью к нему. *C. auris* устойчив к флуконазолу.

- Эхинокандины (каспофунгин, микафунгин, анидулафунгин) считаются препаратами выбора при тяжелых формах кандидемии и при резистентных видах.

- Амфотерицин В применяется при тяжелых случаях или при неэффективности других препаратов, но ограничен токсичностью.

3. Коррекция факторов риска: снижение иммуносупрессии, восстановление барьерных функций, оптимизация антибиотикотерапии для восстановления микрофлоры.

Профилактические меры направлены на снижение риска развития кандидемии у групп высокого риска: строгий контроль за асептикой при установке и эксплуатации внутрисосудистых катетеров; рациональное использование антибиотиков для предотвращения дисбактериоза; мониторинг и своевременное лечение повреждений слизистых оболочек; применение противогрибковой профилактики у пациентов с высоким риском (в отделениях интенсивной терапии и онкогематологии) [1, 3].

Рост резистентности *Candida spp.* к противогрибковым препаратам, особенно к азолам и эхинокандинам, требует разработки новых лекарственных средств и стратегий терапии. Важным направлением является улучшение методов ранней диагностики и мониторинга эффективности лечения. Также значимы исследования механизмов вирулентности и взаимодействия грибов с иммунной системой для создания инновационных подходов к профилактике и терапии. Таким образом, кандидемия остается серьезной проблемой в клинической практике, требующей комплексного подхода к диагностике, лечению и профилактике для снижения заболеваемости и смертности среди госпитализированных пациентов.

Библиографический список

1. Клинические рекомендации – Сепсис (у взрослых). 2024-2025-2026 (21.05.2025). Утверждены Минздравом РФ. М., 113 с.

2. Острейков И.Ф., Мельникова Н.И., Бабаев Б.Д., Штатнов М.К. Грибковая инфекция у детей с хирургическими заболеваниями в ОИТ // Анестезиология и реаниматология, 2017. 62(4), с. 310-315. DOI: <http://dx.doi.org/10.18821/0201-7563-2017-62-4-310-315>

3. Yang B., Wei Z., Wu M., Lai Y. and Zhao W. A clinical analysis of *Candida tropicalis* bloodstream infections associated with hematological diseases, and antifungal susceptibility: a retrospective survey // Front. Microbiol. 14:1092175. 2023. doi: 10.3389/fmicb.2023.1092175.

ОБЗОР ЭПИЗООТИЧЕСКОЙ СИТУАЦИИ ПО БАКТЕРИАЛЬНЫМ БОЛЕЗНЯМ ПИЩЕВАРИТЕЛЬНОЙ СИСТЕМЫ ТЕЛЯТ В РЯЗАНСКОЙ ОБЛАСТИ

Ершова В.А.

Глотова Г.Н., доцент, кандидат сельскохозяйственных наук
Позолотина В.А., доцент, кандидат сельскохозяйственных наук
ФГБОУ ВО «Рязанский государственный агротехнологический университет имени П.А. Костычева», г. Рязань, Россия

Введение. Заболевания желудочно-кишечного тракта бактериального происхождения у новорожденных телят продолжают оставаться острой проблемой современной ветеринарии и причиняют существенные экономические потери животноводческим предприятиям. В общей доле болезней молодняка крупного рогатого скота на их долю приходится 60-70%. Это требует систематического отслеживания эпизоотической обстановки, совершенствования диагностических методов и разработки обоснованных мер профилактики. Клинически такие заболевания чаще проявляются в виде гастроэнтеритов и гастроэнтероколитов, для которых характерны сильная диарея, угнетенное состояние и быстрое обезвоживание. Лечение осложняется тем, что бактериальные инфекции нередко сочетаются с вирусными (рота- и коронавирусы), что диктует необходимость применения комплексных схем терапии [1, 2]. Анализ имеющихся данных показывает: надежная защита телят достижима лишь при условии своевременного получения качественного молозива и строгого соблюдения микроклиматических норм в телятниках.

Цель настоящей работы – проанализировать ситуацию с бактериальными болезнями пищеварительного тракта телят на территории Рязанской области.

Материалы и методы. Исследование выполнено на кафедре эпизоотологии, микробиологии и паразитологии РГАТУ; часть анализов проведена в Рязанской областной ветеринарной лаборатории, а также в хозяйстве ООО «Родина» Кораблинского района. Основой послужили отчеты облветлаборатории за 2021-2025 гг. и результаты бактериологического анализа 15 проб кала, взятых у телят 1-60 дней жизни с признаками диареи, не получавших антибиотики. Забор материала (2-3 г) проводился стерильно из

прямой кишки с последующей транспортировкой в лабораторию. Бактериологические исследования выполнялись согласно действующим методическим указаниям по диагностике смешанных кишечных инфекций молодняка. Посев осуществляли на питательные среды (МПБ, МПА, Эндо, висмут-сульфит агар, Клигlera, Симонса, Блек Кристенсена, углеводные среды). Видовая идентификация выделенных микроорганизмов проводилась на основании морфологических, тинкториальных, культуральных и биохимических признаков с использованием определителя бактерий Берджи.

Результаты и обсуждение. Оценка многолетних данных показала, что перечень бактериальных заболеваний ЖКТ телят в Рязанской области почти полностью представлен эшерихиозом.

Таблица 1 – Изменение структуры выявляемых бактериальных болезней ЖКТ телят, вызванных патогенными энтеробактериями

Нозологическая единица	Количество положительных проб					Всего	% к общему
	2021	2022	2023	2024	2025		
Эшерихиоз	54	15	1	1	2	73	98,65
Сальмонеллез	0	0	0	0	0	0	0,00
Клебсиеллез	0	0	0	0	1	1	1,35
Протейная инфекция	0	0	0	0	0	0	0,00

Всего за 2021-2025 гг. было получено 74 положительных пробы, из которых 73 (98,65%) пришлось на эшерихиоз и только одна (1,35%) – на клебсиеллез. Сальмонеллез и протейная инфекция за эти пять лет не регистрировались. При анализе динамики эшерихиоза заметно выраженное снижение числа положительных результатов: в 2021 г. – 54, в 2022 г. – 15, в 2023 и 2024 гг. – по 1, а в 2025 г. отмечен небольшой подъем до 2 проб. Индекс эпизоотичности (отношение числа лет, когда регистрировалось заболевание, к общему числу лет периода) для эшерихиоза равен 1,0, для клебсиеллеза – 0,2, а для сальмонеллеза и протейной инфекции – 0,0. Последнее говорит о том, что эти возбудители в указанный срок на территории области не циркулировали.

При бактериологическом исследовании 15 проб фекалий от больных телят из ООО «Родина» все выделенные культуры были отнесены к роду *Escherichia*. На дифференциально-диагностических средах получены типичные картины: на среде Эндо выросли красные колонии с металлическим блеском (рис. 1), в МПБ – помутнение с легко разбивающимся осадком, на МПА – серовато-белые круглые колонии. На висмут-сульфит агаре (селективная среда для сальмонелл) рост имел зеленоватый оттенок, что подтвердило отсутствие сальмонеллезной инфекции. Биохимически выделенные культуры ферментировали глюкозу, лактозу и маннит до кислоты и газа, не росли на цитрате Симонса, не разлагали мочевины, образовывали индол, не выделяли

сероводород. Реакция Фогес–Проскауэра была отрицательной, а реакция с метиловым красным – положительной. На основании совокупности признаков изоляты идентифицированы как *Escherichia coli*.



Рис. 1. Рост колоний *Escherichia* на среде Эндо

Далее была изучена практика вакцинации в 7 хозяйствах области. Выяснилось, что в двух из них (28,6%) сухостойных коров прививают ассоциированной инактивированной вакциной против колибактериоза, сальмонеллеза, клебсиеллеза и протейной инфекции (ОКЗ). В двух хозяйствах (28,6%) применяется моновакцина «Коли-ВАК». Еще в двух (28,6%), включая ООО «Родина», используют комбинированный препарат «Комбовак-К», содержащий инактивированные антигены ротавируса, коронавируса, вирусной диареи, а также протективные антигены эшерихий (в том числе адгезивные факторы K99 и F41) и инактивированные энтеротоксины. В одном хозяйстве (14,2%) применяют вакцину Неодиавак (против ротавирусов, коронавирусов, эшерихиоза и клостридиоза типа C).

Особый интерес вызывает ситуация в ООО «Родина», где используется «Комбовак-К». При бактериологическом исследовании проб кала телят из этого хозяйства патогенные энтеробактерии не выделены. Это можно косвенно расценивать как признак высокой иммунологической эффективности выбранной схемы вакцинации. По-видимому, именно напряженный колостральный иммунитет, сформировавшийся у телят благодаря иммунизации матерей препаратом с широким набором антигенов (включая K99 и F41), надежно предотвращает колонизацию патогенами в кишечнике молодняка. Данный факт подтверждает ценность комбинированных вакцин для защиты от основных вирусно-бактериальных агентов, циркулирующих в регионе.

В то же время обращает на себя внимание отсутствие в схемах комплексного лечения бактериальных диарей телят про- и пребиотиков. Учитывая ключевую роль нарушений микробиоценоза кишечника в развитии диарей и растущую проблему антибиотикорезистентности, игнорирование этого направления следует считать серьезным недостатком при организации лечебно-профилактических мер. Назначение пробиотиков на фоне или после антибиотикотерапии, а также с профилактической целью – научно

обоснованный подход, позволяющий восстановить нормальную микрофлору, повысить колонизационную резистентность и снизить риск повторных заболеваний.

Заключение. Таким образом, результаты выполненных исследований свидетельствуют о том, что на территории Рязанской области за период с 2021 по 2025 год основную долю в структуре бактериальных заболеваний желудочно-кишечного тракта телят занимает эшерихиоз, на долю которого приходится 98,65%, в то время как клебсиеллез встречается лишь эпизодически (1,35%). Культуральные и биохимические свойства выделенных из фекальных проб изолятов *E. coli* оказались типичными для данного микроорганизма. В ходе работы также было установлено, что в применяемых схемах комплексного лечения отсутствуют пробиотики и пребиотики, хотя их включение необходимо для повышения результативности терапии.

Изучение вакцинных препаратов, используемых в регионе, показало, что применение комбинированных вакцин (например, «Комбовак-К») обеспечивает отсутствие патогенной микрофлоры в пробах, взятых от телят, что служит доказательством их высокой профилактической способности.

Библиографический список

1. Ветеринарно-санитарная экспертиза с основами технологии и стандартизации продуктов животноводства: учебник / В.И. Рязанова, М.В. Шуклин, Г.В. Смирнова [и др.]; под ред. В.И. Рязановой. М.: КолосС, 2019. 455 с.
2. Клиническая лабораторная диагностика в ветеринарии: справочное пособие / А.В. Саленко, В.П. Толстенко, И.И. Брагин [и др.]; под ред. А.В. Саленко. Ростов н/Д: Феникс, 2020. 412 с.

РОЛЬ БИОПЛЁНОК КЛАПАНОВ СЕРДЦА В ПАТОГЕНЕЗЕ И ДИАГНОСТИКЕ ИНФЕКЦИОННОГО ЭНДОКАРДИТА

Захарова О.А., доцент, доктор сельскохозяйственных наук

Ангбазова А.И.

ФГБОУ ВО «Рязанский государственный медицинский университет
имени академика И.П. Павлова» Министерства здравоохранения
Российской Федерации, г. Рязань, Россия

Введение. Инфекционный эндокардит (ИЭ) остаётся одной из наиболее тяжёлых патологий сердечно-сосудистой системы, которая характеризуется высокой летальностью, частотой осложнений и рецидивов. Рост инвазивных медицинских процедур – кардиохирургических вмешательств, внутривенного введения препаратов, способствует увеличению числа случаев инфекционного эндокардита, связанных с формированием микробных биоплёнок на клапанах сердца. Такие формы микроорганизмов обладают устойчивостью к антибактериальной терапии и иммунным механизмам защиты, поэтому, в

условиях глобального роста антибиотикорезистентности, изучение роли биоплёнок в патогенезе инфекционного эндокардита приобретает особую значимость для разработки новых диагностических и терапевтических стратегий, направленных на повышение эффективности лечения и снижение частоты неблагоприятных исходов.

Цель: изучение роли микробных биоплёнок клапанов сердца в патогенезе инфекционного эндокардита, их значения в диагностике заболевания, а также рассмотрения их участия в персистенции инфекции.

Материалы и методы. В ходе исследования применялись методы анализа, сравнения и синтеза материалов современной научной литературы. Дополнительно использованы систематизация и интерпретация данных, а также описательный метод, позволивший поэтапно изложить представления о механизмах биоплёнкообразования. Применение логического метода обеспечило установление причинно-следственных связей между формированием биоплёнок и устойчивостью микроорганизмов.

Результаты и обсуждение. Инфекционный эндокардит (ИЭ), как отмечают А.А. Демин, Ж.Д. Кобалава и соавт. [2] в клинических рекомендациях, представляет собой заболевание, которое развивается в результате проникновения микроорганизмов в эндокард клапанов сердца, а также на поверхности протезов, стентов и других искусственных материалов.

В результате развития патологического процесса происходит образование полипозных разрастаний и язвенных дефектов, что приводит к серьезным нарушениям в функционировании сердечных структур. Клиническая картина заболевания включает в себя генерализованное воспаление, неуклонно прогрессирующую сердечную недостаточность, высокий риск развития тромбоэмболических событий, а также разнообразные внесердечные проявления, опосредованные циркулирующими иммунными комплексами. Эпидемиологические данные свидетельствуют о вариабельности заболеваемости инфекционным эндокардитом (ИЭ) в пределах от 46,3 до 150 случаев на один миллион населения в год, с отчетливой тенденцией к увеличению частоты встречаемости с возрастом: для возрастной группы старше 50 лет этот показатель составляет 150 случаев, а для лиц старше 80 лет – до 220 случаев на миллион человек.

Структура клапанных поражений при первичном ИЭ характеризуется преобладанием поражения аортального клапана (38,7-55,8%) и митрального клапана (26-37%), тогда как поражение трехстворчатого клапана встречается реже (2,6-5,3%). Многоклапанное поражение, преимущественно в виде комбинации митрального и аортального клапанов, выявляется не более чем у 20% пациентов.

Как указывают А.А. Клименко, Е.О. Зайнутдинова и соавт. [3], этиологию заболевания в большинстве случаев (63-90,3%) формируют грамположительные кокки, в том числе *Staphylococcus aureus*, коагулазонегативные стафилококки, *Streptococcus viridans* и энтерококки (*Enterococcus spp.*).

Однако, согласно обзору И.М. Раджабова, А.М. Волкова и соавторов [5], грамотрицательные бактерии группы НАСЕК (*Haemophilus* spp., *Cardiobacterium hominis*, *Eikenella corrodens* и др.) ответственны за ничтожно малую долю случаев заболевания у взрослых пациентов – всего 0,5–3%. Авторы подчеркивают, что грибковый эндокардит, вызванный *Candida* и *Aspergillus*, наблюдается редко (составляет от 1 до 3% всех случаев ИЭ), однако отличается летальностью, превышающей 70%.

Формирование бактериями биоплёнок выступает одним из ведущих факторов в патогенезе инфекционного эндокардита (ИЭ). Это обстоятельство существенно затрудняет терапию, особенно при наличии протезов клапанов и имплантированных внутрисердечных устройств. В обзоре О.А. Берковича, О.Д. Беляевой и их соавторов [1] акцентируется внимание на том, что биоплёнки представляют собой комплексные многоклеточные микробные колонии, фиксированные на поверхностях и заключенные в матрикс, который они сами синтезируют из полисахаридов, белков, липидов и внеклеточной ДНК. Этот матрикс не только содержит ферменты, нейтрализующие действие антибиотиков, но и формирует физическое препятствие для их проникновения, а также обеспечивает защиту бактерий от иммунных механизмов организма.

Состояние пониженной метаболической активности микроорганизмов в составе биоплёнки способствует развитию фенотипической толерантности к антибактериальной терапии. При этом данные клетки не являются истинно резистентными, они избегают медикаментозного уничтожения и могут возобновить рост после прекращения лечения.

По сведениям И.В. Ракитской, Пономаревой Е.Ю. и соавт. [6], формирование микробной вегетации начинается с бактериемии, возникающей вследствие проникновения микроорганизмов в кровотоки из различных источников, включая полость рта, желудочно-кишечный и урогенитальный тракт, кожу либо при медицинских вмешательствах. Это первый этап патогенеза, который инициирует последующие процессы колонизации.

На этапе адгезии, бактерии, особенно грамположительные, с помощью поверхностных адгезинов прикрепляются к повреждённому эндотелию. Эти белки связываются с компонентами внеклеточного матрикса хозяина, чему содействуют тромбоцитарные микротромбы и фибрин. Роль играют и неспецифические факторы – электростатические взаимодействия и гидрофобность.

Наконец, Г.Г. Тарадин, Г.А. Игнатенко и соавт. [7] делают акцент на том, что происходит интенсивное размножение микроорганизмов и создание ими колоний, сопровождающееся воспалительной реакцией, миграцией лейкоцитов и инфильтрацией тканей, что приводит к образованию зрелых вегетаций. Существенную роль в этом процессе играет биоплёнка, обеспечивающая координированную экспрессию генов и ускоряющая созревание инфекционного очага.

Современные представления о патогенезе ИЭ дополняются данными об участии иммунотромбоза. Так, Е.О. Котова, А.Ю. Моисеева и соавт. [4]

обращают внимание, что нейтрофильные внеклеточные ловушки (НВЛ) демонстрируют амбивалентную функцию: они играют ключевую роль в элиминации бактериальных патогенов, однако их чрезмерная активация может приводить к нежелательным последствиям, включая повреждение эндотелиальных клеток и усиление воспалительного процесса, что, в свою очередь, способствует росту вегетаций.

Течение ИЭ характеризуется неуклонным ростом бактериальных колоний. В зависимости от активности заболевания, инфекционного агента, локализации могут возникать тромбоэмболические и септические осложнения, сепсис.

Микробиологические исследования остаются основой верификации диагноза ИЭ. Для повышения достоверности результатов рекомендуется трёхкратный забор крови до начала антибактериальной терапии, при этом диагностически значимым считается выделение одного и того же возбудителя как минимум в двух образцах. Однако до 31% случаев протекают с отрицательной гемокультурой, что связано с предшествующей антибиотикотерапией или труднокультивируемыми микроорганизмами.

Как подчёркивают О.А. Беркович и соавт. [1], формирование микробных биоплёнок на клапанах сердца является одной из причин диагностических трудностей, поскольку микроорганизмы обладают сниженной метаболической динамикой и плохо выявляются при стандартных культуральных методах. В этих условиях возрастает значение молекулярно-биологических и серологических методов, включая ПЦР, метагеномное секвенирование и анализ генов рибосомальных РНК.

Инструментальная диагностика, прежде всего эхокардиография, играет главную роль в выявлении структурных изменений, ассоциированных с биоплёночными вегетациями. Наиболее информативной является чреспищеводная эхокардиография, позволяющая визуализировать абсцессы и нарушения функции клапанов. Успешно используются дополнительные методы визуализации (МСКТ, МРТ, ПЭТ/КТ, ОФЭКТ/КТ), чувствительность которых достигает 78–98%. Совершенствование микробиологических методов, включая применение масс-спектрометрии, а также внедрение молекулярно-биологических и иммунохимических подходов, обуславливает повышение эффективности этиологической диагностики инфекционного эндокардита, особенно в условиях биоплёночной инфекции.

Заключение. Микробные биоплёнки играют ключевую роль в патогенезе инфекционного эндокардита, обеспечивая адгезию микроорганизмов, развитие вегетаций и персистенцию инфекции за счёт защиты от иммунных механизмов и антибактериальной терапии. Их наличие также существенно затрудняет диагностику заболевания, снижая точность традиционных культуральных методов и требуя необходимость применения передовых молекулярно-биологических и инструментальных подходов. Углублённое изучение биоплёнок имеет важное значение для совершенствования диагностики и разработки более действенных стратегий лечения инфекционного эндокардита.

Библиографический список

1. Инфекционный эндокардит: эпидемиология, этиология, клиника (современные аспекты). Обзор литературы / О.А. Беркович, О.Д.Беляева, О.Н. Жданова // Новые Санкт-Петербургские врачебные ведомости, 2024. № 103 (1). С. 7–17.
2. Инфекционный эндокардит и инфекция внутрисердечных устройств. Клинические рекомендации 2021/ А.А. Демин, Ж.Д. Кобалава, И.И. Скопин и др. // Российский кардиологический журнал, 2022. Т. 27, № 10. С. 5233.
3. Антибактериальная терапия инфекционного эндокардита: современные направления и перспективы / А.А. Клименко, Е.О. Зайнутдинова, М.О. Анищенко и др. // Клиницист, 2025. Т. 19, № 2. С. 47–60.
4. Нейтрофильные внеклеточные ловушки — перспективный маркер неблагоприятного прогноза у оперированных пациентов с инфекционным эндокардитом / Е.О.Котова, А.Ю.Моисеева., Ж.Д.Кобалава. и др. // Российский кардиологический журнал, 2024. Т. 29. № 7. С. 5624.
5. Роль микроорганизмов в развитии острого инфекционного разрушения клапанов сердца (обзор литературы) / И.М. Раджабов, А.М. Волков, А.И. Любимов, Г.Г. Хубулава // Сибирский журнал клинической и экспериментальной медицины, 2024. Т. 39, № 2. С. 21–27.
6. Этиологическая структура инфекционного эндокардита у отдельных категорий пациентов (обзор литературы) / И.В. Ракитская, Г.Г. Тарадин, Е.Ю. Пономарева и др. // Архивъ внутренней медицины, 2023. Т. 13, № 1. С. 24–35.
7. Практические аспекты профилактики инфекционного эндокардита / Г.Г. Тарадин, Г.А. Игнатенко, И.В. Ракитская и др. // Кардиоваскулярная терапия и профилактика, 2021. Т. 20, № 2. С. 2564.

СРАВНИТЕЛЬНАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ВЛИЯЮЩИХ НА ВОЗБУДИТЕЛЯ SARS-COV-2 ФИТОНЦИДОВ

Захарова О.А., доцент, доктор сельскохозяйственных наук

Житкова А.В.

Шестакова К.В.

ФГБОУ ВО «Рязанский государственный медицинский университет
имени академика И.П. Павлова» Министерства здравоохранения
Российской Федерации, г. Рязань, Россия

Введение. Фитонциды, как отмечает П.Н. Нагуман [4], представляют собой биологически активные вещества, вырабатываемые растениями, угнетающие рост и развитие бактерий, микроскопических грибов, простейших, в том числе патогенных. Это обосновывается присущими им антиоксидантными, противомикробными и противовирусными свойствами. Типичные представители фитонцидов – эфирные масла, извлекаемые из растительного сырья промышленными методами. Например, фитонциды пихты губительны для

Bordetella pertussis (возбудителя коклюша); сосновые фитонциды – для *Mycobacterium tuberculosis* (возбудителя туберкулёза) и *Escherichia coli* (возбудителя эшехириоза); берёза и тополь поражают *Staphylococcus aureus* (возбудителя стафилококкоза). В 2019 году широко распространился вирус SARS-CoV-2 [7], инфекция верхних дыхательных путей респираторное заболевание COVID-19. Вирус способен поражать системы органов человека. В контексте борьбы с вирусом информации о прямом влиянии фитонцидов на возбудителя крайне мало. Учитывая вышеизложенное, проведение обзора научной литературы по этой теме является актуальным и своевременным.

Цель: на основе литературного обзора показать сравнительную фитонцидную активность растений, влияющую на SARS-CoV-2.

Материалы и методы. Изучение литературных источников, отбор источников по критериям наличия количественных показателей противовирусной активности (связывающей способности), последующее качественное сравнение результатов исследований, построение гистограммы.

Результаты и обсуждение. Впервые действие выделений растений заметил в 1928 году ленинградский ученый Б.П. Токин, который и дал название этим летучим веществам, описав их в книге «Целебные яды растений». До сегодняшнего дня использовался этот термин, но сегодня он имеет иной акцент – летучие фитоорганические вещества. Однако фитонциды бывают и нелетучими. Классификация фитонцидов представлена на рисунке 1.

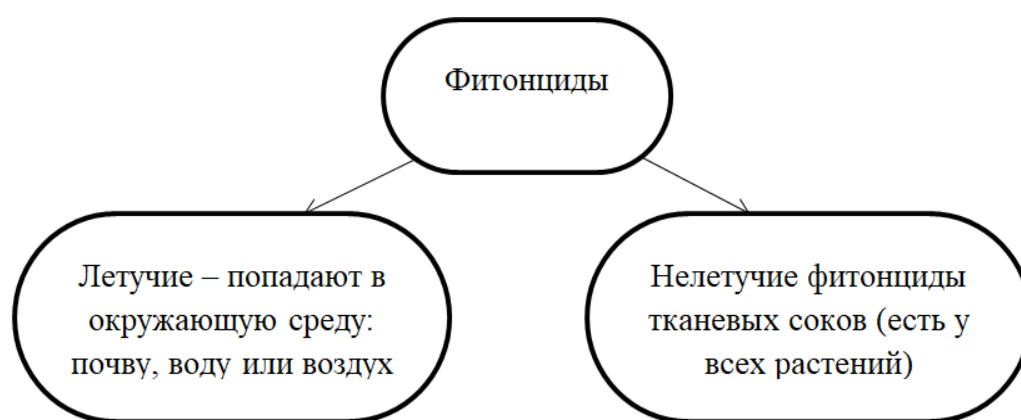


Рис. 1. Классификация фитонцидов

Механизм действия фитонцидов, заключается в том, что они не способствуют появлению видоизмененных форм бактерий, так как у микроорганизмов нет возможности создать собственные механизмы защиты, а блокируют клеточное дыхание, растворяют поверхностные слои и внутренние структуры протоплазмы, способствуют возникновению отрицательного хемотаксиса у подвижных форм, либо препятствуют их размножению.

Первый фитонцид, который рассматривается в данной статье – неоабетиновая кислота. Муруганантам Бхарати, Бхагавати Сундарам Шивамарути [7] обнаружили его в *Pinus palustris*. Это соединение является одним из составляющих смоляных кислот и выделяется из живицы и канифоли.

Авторами было установлено ее ингибирующее действие в условиях *in vitro* на бактерии и вирусы.

Рассматриваемый в данной статье SARS-CoV-2 и возникший из-за его спонтанных мутаций омикрон (рис. 2) являются причиной тяжелого острого респираторного синдрома, как отмечают Муруганантам Бхарати, Бхагавати Сундарам Шивамарути [7]. Омикрон является одним из самых распространённых штаммов SARS-CoV-2 на территории Российской Федерации. Всемирная организация здравоохранения включила вариант омикрон B.1.1.529 в список высоко контагиозных, способных нейтрализовать антитела, подавлять иммунную защиту и приводить к значительной летальности.

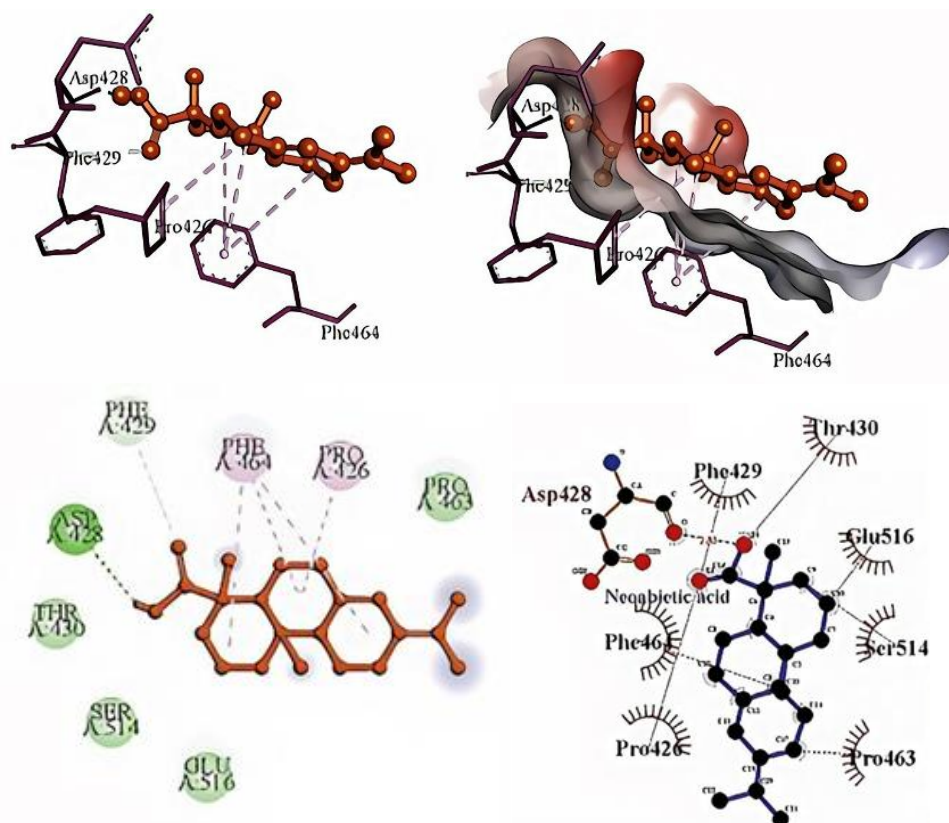


Рис. 2. Взаимодействие неоабиетиновой кислоты (указана красным цветом) с S-белком омикрон-штамма B.1.1.529

На рисунке 2 показана поверхность ионизации остатков рецептор-связывающего домена (далее – РСД) с неоабиетиновой кислотой и связи, участвующие во взаимодействии фитонцидов и остатков РСД S-белка SARS-CoV2. Согласно данным Муруганантам Бхарати [7], связующее сродство (взаимодействие с аминокислотами в составе S-белка штамма) неоабиетиновой кислоты равно -6,4 ккал/моль.

Таким образом, природное органическое соединение – неоабиетиновая кислота, выделяемая хвойными деревьями, – значительно ингибирует рецептор-связывающий домен вариантов SARS-CoV-2. Нахождение среди хвойных

деревьев, способно сформировать иммунитет против инфекций, вызываемых SARS-CoV-2.

Следующим биогенным летучим органическим соединением, рассматриваемым для сравнения является β -костол. С помощью методов молекулярного докинга (MD) и других методов *in silico* для определения давления паров и прогнозирования химико-физических и фармакокинетических параметров, было обнаружено, что β -костол (рис. 3, 4) является органическим соединением, которое в больших объёмах выделяется комнатным растением *Spathiphyllum wallisii*. Согласно результатам MD-вычислений, β -костол демонстрирует потенциальную противовирусную активность в отношении Mpro (основной протеазы) SARS-CoV-2 [3].

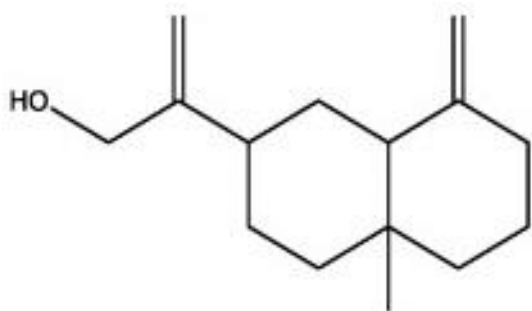


Рис. 3. Химическая структура β -костола

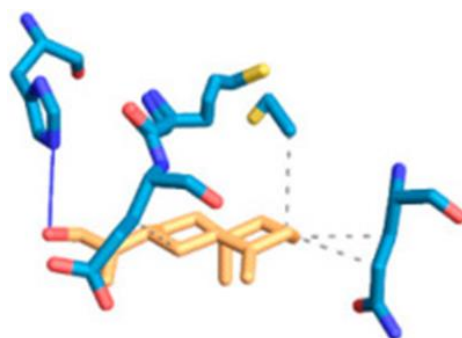


Рис. 4. Трёхмерная модель взаимодействия β -костола, полученная с помощью программы PLIP

Валентина Ровиэлло, Паскуалина Лиана Сконьямильо и др. [6] считают, что β -костол связывается с M^{pro} за счёт гидрофобных взаимодействий с аминокислотными остатками GLU16 и MET165, что представлено на рисунке 4 (голубым указан белок, оранжевым – лиганд, сиреневым – вода, желтым – центр заряда, розовым – ионы металла; пунктиром гидрофобные связи, а синим – водородные). Связующее сродство, согласно Валентине Ровиэлло, составляет -6,5 ккал/моль.

С.А. Зайцева изучала летучие фитонциды и фитонцидную активность чеснока, лука, пиона, горчицы и других растений на микроорганизмы. Ею отмечено их антимикробное и противовирусное действие, причем максимальное воздействие оказали лук и чеснок, содержащие аллицин. Он образуется из аллиина, находящегося в цитоплазме клеток, а фермент аллииназа находится в вакуолях, отделённых от цитоплазмы мембранами. При нарушении целостности клетки (измельчении, раздавливании) компоненты вступают во взаимодействие, в результате образуется аллицин. Действие аллицина неоднозначно, он обладает не только антимикробным, но и противораковым свойством.

Благодаря исследованиям Аниш Наг, Ритеш Банерджи и соавт. [5] после обработки омикрона аллицином в S-белке было обнаружено 15 мутаций в РСД. Данные точечные мутации существенно изменили структурную конформацию по сравнению с нативным S-белком. Авторы зафиксировали множественные

переходы спираль-клубок в омикрон-штамме S-белка в нескольких областях. Конформационные изменения в S-белке штамма «омикрон» могут быть обусловлены некоторыми из мутировавших аминокислотных остатков, включая ASN477, LYS478, ALA484. Связующее средство аллицина по отношению к S-белку в составе РСД омикрона, обнаруженное авторами, составило $-7,2$ ккал/моль. Согласно данным о связующем средстве для неоабиетиновой кислоты, β -костола и аллицина можно составить гистограмму (рис. 5). Чем отрицательнее значение, тем связывающая способность выше.

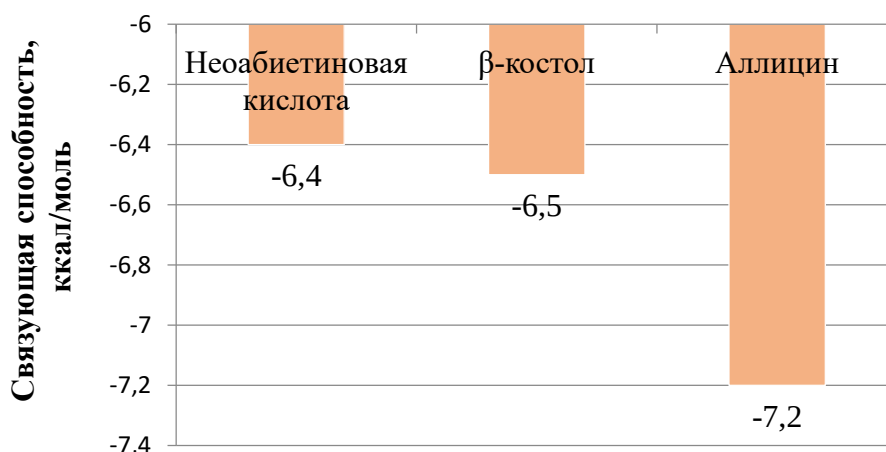


Рис. 5. Сравнительная характеристика фитонцидной активности неоабиетиновой кислоты [7], β -костола [6] и аллицина [5]

Заключение. Таким образом, связывающая способность аллицина превосходит связывающую способность неоабиетиновой кислоты и β -костола. В связи с этим, мы рекомендуем для эффективной борьбы против SARS-CoV-2 обогатить свой пищевой рацион луком и чесноком, а также завести дома *Spathiphyllum wallisii* и чаще выходить гулять в лес с обилием хвойных деревьев.

Библиографический список

1. Боева, О.П. Исследование биологического действия фитонцидов различного происхождения на инфицированные семена сельскохозяйственных культур / О.П. Боева // Вестник аграрной науки. 2020. №1(82). С. 154-159.
2. Медведева О.В., Евдокимова О.В., Самсонова А.Р., Окунев Н.Д. Эпидемиология и профилактика антропонозных инфекций: учебное пособие для обучающихся по дисциплине «Эпидемиология» по специальности 31.05.01 Лечебное дело; ФГБОУ ВО РязГМУ Минздрава России. Рязань: ОТСиОП, 2025. С. 84-88.
3. Концентрирование летучих фитонцидов лесного воздуха хвойных в жидкие среды / Е.А. Ефремов, Р.А. Назиров, А.А. Ефремов // Вестник

Воронежского государственного университета. Серия: Химия. Биология. Фармация. 2014 №2. С. 17-21.

4. Нагуман П.Н., Юсупова А., Жидкова А., Бекенёва Е., Николаева З., Фитонциды в составе черёмухи обыкновенной // Форум молодых ученых, 2021. [Электронный ресурс] Режим ввода: <https://cyberleninka.ru/article/n/fitontsidy-v-sostave-cheremuhi-obyknovennoy> Дата обращения 30.03.2026.

5. Anish Nag, Ritesh Banerjee, Subhabrata Paul, Rita Kundu, Curcumin inhibits spike protein of new SARS-CoV-2 variant of concern (VOC) Omicron, an in silico / Anish Nag, Ritesh Banerjee, Subhabrata Paul, Rita Kundu // Computers in Biology and Medicine, 2022. [Электронный ресурс] Режим ввода: <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC9044632/> Дата обращения 28.03.2026.

6. Valentina Roviello, Pasqualina Liana Scognamiglio, Ugo Caruso, Caterina Vicidomini, Giovanni N Roviello, Evaluating In Silico the Potential Health and Environmental Benefits of Houseplant Volatile Organic Compounds for an Emerging 'Indoor Forest Bathing' Approach / Valentina Roviello, Pasqualina Liana Scognamiglio, Ugo Caruso, Caterina Vicidomini, Giovanni N Roviello // Int J Environ Res Public Health., 2021 [Электронный ресурс] Режим ввода: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/35010532/> Дата обращения 04.04.2026.

7. Muruganantham Bharathi, Bhagavathi Sundaram Sivamaruthi, Periyannaina Kesika, Subramanian Thangaleela, Chaiyavat Chaiyasut, Phytoncides could potentially inhibit the spike protein of SARS-CoV-2 variants / Muruganantham Bharathi, Bhagavathi Sundaram Sivamaruthi, Periyannaina Kesika, Subramanian Thangaleela, Chaiyavat Chaiyasut // Phytotherapy Research., 2022 [Электронный ресурс] Режим ввода: <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC9538175/#ptr7586-note-0001> Дата обращения 04.04.2026.

ОТ ОТКРЫТИЯ ВИРУСА ПОЛИОМИЕЛИТА ДО СОВРЕМЕННЫХ ВЫЗОВОВ ГЛОБАЛЬНОЙ ЭРАДИКАЦИИ

Захарова О.А., доцент, доктор сельскохозяйственных наук

Кононыхина А.С.

ФГБОУ ВО «Рязанский государственный медицинский университет
имени академика И.П. Павлова» Министерства здравоохранения
Российской Федерации, г. Рязань, Россия

Введение. О существовании заболевания, вызывающего костные деформации, знали еще в древних цивилизациях. Этому есть подкрепления в виде настенной живописи Храма богини Астарты. Полиомиелит остаётся одной из наиболее значимых проблем в истории медицины, демонстрируя как разрушительный потенциал инфекционных заболеваний, так и возможности человечества в борьбе с ними. В 1849 г. Я. Гейне описал полиомиелит и предложил методы лечения, в 1890 г. К. Медин установил вирусную природу полиомиелита, в 1883 г. А. Кожевников заявил о инфекционной природе

заболевания. И в 1909 году впервые вирус был выделен, а еще через 40 лет Г. Кокс и Х. Копровский получили первый вариант живой вакцины на базе штаммов, аттенуированных путём пересева через мозг хлопковых крыс. В 2002 году Европейский регион получил статус свободного от полиомиелита.

Сейчас известно, что полиомиелит – это острое высококонтагиозное заболевание, вызываемое полиовирусом (PV) семейства Picornaviridae, на протяжении тысячелетий приводило к тяжёлым паралитическим последствиям и даже смерти, оставляя после себя пожизненные инвалидизирующие осложнения [1]. В настоящее время эндемическая передача полиовируса происходит в некоторых районах только двух стран – Пакистана, Афганистана. В мире зарегистрировано всего 98 случаев заболевания. Но, несмотря на это, актуальность исследования микробиологических аспектов полиовируса обусловлена не только историческим наследием эпидемий, но и современными вызовами. Несмотря на значительные успехи в вакцинации и снижении глобальной заболеваемости, в последние годы наблюдаются вспышки полиовируса вакцинного происхождения, что создаёт риск возврата болезни в ранее привитые регионы, включая Европу и Россию. Особую тревогу вызывает эволюционная изменчивость вируса, способствующая появлению новых циркулирующих производных вакцинных штаммов [2, 3].

Цель: всесторонне изучить микробиологические особенности полиовируса: от ключевых этапов его обнаружения до текущих вспышек, выявить препятствия на пути полной эрадикации заболевания.

Материалы и методы. Сбор данных из баз PubMed, Scopus, eLIBRARY, WHO Global Polio Laboratory Network (GPLN) позволил провести качественный литературный обзор по данной теме.

Результаты и обсуждение. Поставленная в 1988 г. цель Всемирной организацией здравоохранения о ликвидации полиомиелита в мире полностью не выполнена. Это было достигнуто иммунизацией детей согласно календарю прививок большинства стран мира. Несмотря на это, случаи заболевания полиомиелитом продолжают регистрироваться ежегодно. 1949 год стал выдающимся для нашей планеты, когда Эндерес, Уэллер и Роббинс адаптировали полиовирус к культурам человеческих тканей и наглядно продемонстрировали его рост в таких условиях. Это открытие существенно облегчило как изучение вируса, так и разработку вакцин против него. Через 5 лет учёные были удостоены Нобелевской премии [1].

На сегодня выделены три серотипа (антигенно различных вируса): тип 1, тип 2 и тип 3. Так, к примеру, в 2024 году в Пакистане и Афганистане из образцов окружающей среды, здоровых детей и других источников изолировано 765 штаммов вируса типа 1. В 2025 году в Пакистане зарегистрировано 2 случая полиомиелита [4].

Тип 2 – был объявлен уничтоженным в 2015 году после последнего обнаружения в 1999 году. Тип 3 – объявлен уничтоженным в 2019 году после последнего обнаружения в 2012 году.

В последующие годы обнаруживались единичные циркулирующие полиовирусы вакцинного происхождения типа 1 в Демократической Республике Конго и Мозамбике; типа 2 – от 253 больных в 17 странах африканского континента, позже – в окружающей среде в 253 пробах в 33 странах Европы (Германия, Финляндия, Польша и др.), Африки (Алжир, Египет, Чад и др.) и Азии; типа 3 – от 3 больных в Гвинее, в 3 пробах из окружающей среды во Французской Гвиане.

И на территории России в 2024 г. в Северо-Кавказском федеральном округе зафиксирован ребенок с острым вялым параличом (полиовирус вакцинного происхождения типа 3), годом ранее – в пробах сточной воды при плановом мониторинге в Тверской области и Республике Дагестан были выявлены полиовирусы вакцинного происхождения типа 2 [4].

На современном этапе актуальность темы полиомиелита для Российской Федерации определяется как возможностью завоза дикого полиовируса из эндемичных стран (Пакистан, Афганистан), так и вероятностью появления полиовируса вакцинного происхождения (ПВВП), в том числе циркулирующих, при увеличении числа детей, которые не получили полный курс иммунизации против полиомиелита в рамках национального календаря профилактических прививок.

С 1988 года, когда Всемирная организация здравоохранения (ВОЗ) запустила Глобальную инициативу по ликвидации полиомиелита (ГИЛП), число случаев заражения диким полиовирусом сократилось более чем на 99%. В 1988 году, по оценкам, было зарегистрировано около 350 000 случаев более чем в 125 эндемичных странах.

Итак, достижениями в области борьбы с полиомиелитом стали следующие работы: сертификация регионов как свободных от полиомиелита: Американский регион (1994 год); Регион для стран Западной части Тихого океана (2000 год); Европейский регион (2002 год); Регион Юго-Восточной Азии (2014 год); Африка (2020 год) и ликвидация двух из трёх типов диких полиовирусов: типы 2 и 3 – в 2015 и 2019 годах соответственно.

В России на протяжении многих лет сохраняется статус страны, свободной от полиомиелита, благодаря высокому охвату детей прививками. Последние случаи полиомиелита в нашей стране были зафиксированы в 2010 году («завозы» из Таджикистана) [1]. На динамику полиомиелита влияет уровень иммунизации и регулярный эпиднадзор. Определенный вклад вносит финансирование программ по ликвидации. Сокращение бюджета глобальных инициатив (например, GPEI) может повлиять на темпы борьбы с заболеванием, но эксперты считают ликвидацию полиомиелита достижимой при сохранении фокуса на регионах с высоким риском.

Динамика полиомиелита отражает баланс между глобальными усилиями по ликвидации и сохраняющимися вызовами, связанными с сохранением очагов инфекции и рисками циркуляции вакцинных штаммов.

Заключение. Анализ показал путь полиомиелита от древних параличей на египетских фресках до порога искоренения сегодня. История изучения

вируса – от древних описаний до прорывов XX века – иллюстрирует прогресс науки в понимании болезни и разработке защиты от нее. Хотя человечество добилось колоссальных успехов в борьбе с полиомиелитом, сохраняющиеся риски новых вспышек требуют: поддержания высокого уровня вакцинации; совершенствования методов диагностики и отслеживания циркуляции вируса; международного сотрудничества в рамках программ эрадикации. Только комплексный подход, объединяющий научные, медицинские и организационные усилия, позволит окончательно победить полиомиелит и предотвратить возвращение этой опасной инфекции.

Библиографический список

1. Иванова О.Е. Полиомиелит в современных условиях: достижения и перспективы // Журнал инфектологии, 2026. №1. Том 18. С. 32-38.
2. Захарова О.А., Евдокимова О.В., Бирюков В.В. История кафедры микробиологии ФГБОУ ВО РязГМУ Мнздрава России: Монография. – Рязань: Book Jet, 2025. 108 с.
3. Захарова О.А. Современный взгляд на эволюцию бактерий //Современные проблемы биологии и экологии: материалы докладов IV Международной научно-практической конференции, 4-5 марта 2026 г. Махачкала: Издательство АЛЕФ, 2026. С.31-34
4. Студеникин В.М. Проблема полиомиелита и перспективы применения инактивированной полиовакцины // Лечащий врач, 2026. №3. Т. 29. С. 11-25.

ЛАБОРАТОРНАЯ МИКРОБИОЛОГИЧЕСКАЯ ВЕРИФИКАЦИЯ УРОГЕНИТАЛЬНОГО КАНДИДОЗА

Котелевец Е.П., кандидат медицинских наук

ФГБОУ ВО «Рязанский государственный медицинский университет
имени академика И.П. Павлова» Министерства здравоохранения
Российской Федерации, г. Рязань, Россия

Введение. Урогенитальный кандидоз представляет собой воспалительное заболевание мочеполового тракта, вызываемое условно-патогенными дрожжеподобными грибами рода *Candida*, при этом в 75-85% случаев этиологическим фактором выступает *Candida albicans*. Отмечается отчетливая тенденция к росту доли *Candida non-albicans* (*C. glabrata*, *C. tropicalis*, *C. parapsilosis*, *C. krusei*) в этиологии заболевания, частота обнаружения которых за последние 10 лет увеличилась вдвое, что ассоциировано с хроническим течением и резистентностью к стандартной терапии [2].

Ключевыми предикторами развития патологии являются длительная антибиотикотерапия, эндокринные нарушения (сахарный диабет), иммунодефицитные состояния, беременность (30-40% женщин) и дисбиоз желудочно-кишечного тракта [4].

Патогенетической особенностью *Candida* является тропизм к тканям, богатым гликогеном, и способность к внутриклеточному паразитированию с формированием микрокапсулы, что защищает грибок от действия антимикотиков и способствует хронизации процесса [3].

Материалы и методы. Были изучены источники литературы, индексируемые в базах данных eLIBRARY и PubMed по ключевым словам «урогенитальный кандидоз», «микробиологическая диагностика кандидоза».

Результаты и обсуждение. Материалом для исследования служит отделяемое из уретры, парауретральных желез, заднебоковых сводов влагалища и цервикального канала, забор которого проводится строго в период овуляции (или в день обращения при остром воспалении) на фоне отмены антибиотиков и местных препаратов за 3-4 недели до анализа [5].

В микробиологической лаборатории для диагностики применяют комплекс методов диагностики при выявлении данной патологии. Микроскопический метод (окраска по Граму, метиленовым синим, в нативных препаратах с 10% КОН) является полуколичественным и позволяет визуализировать такие морфотипы, как *Lactobacillus*, *Gardnerella*, *Candida* и кокки, однако имеет низкую чувствительность (около 70%) и субъективен в оценке. При микроскопии положительным результатом считают обнаружение патогенных форм гриба (почкующиеся бластоспоры и псевдомицелий) на фоне тканевых реакций (некробиоз, воспаление); при острых формах доминируют скопления дрожжевых клеток, при хронических — нитевидные структуры. При микстинфекциях (сочетание с бактериальным вагинозом, гонореей или трихомониазом) микроскопия выявляет обильную дрожжевую флору на фоне снижения лактобацилл и роста облигатных анаэробов, однако клинические проявления становятся неспецифичными, что затрудняет диагностику [1].

Культуральный метод (посев на Sabouraud dextrose agar, CHROM agar *Candida*) с инкубацией при 37°C в течение 24-72 часов признан эталонным; диагностически значимым считается титр $\geq 10^4$ КОЕ/мл, тогда как $< 10^3$ КОЕ/мл интерпретируется как кандидоносительство. Культуральное исследование, помимо видовой идентификации возбудителя, позволяет определить чувствительность к антимикотикам, однако его недостатком является длительность (2-5 дней) и риск контаминации [3].

Молекулярно-биологические методы (ПЦР в реальном времени, мультиплексная ПЦР) с детекцией генов рНК (18S, 28S) и видоспецифичных маркеров (HWP1 для *C. albicans*, MLO1 для *C. glabrata*) обеспечивают высокую чувствительность (95-99%) и специфичность (>95%) при времени анализа 2-4 часа. ПЦР-диагностика эффективно выявляет как культивируемые, так и труднокультивируемые виды *Candida*, но без количественной оценки (стандартная ПЦР) не позволяет установить этиологическую роль возбудителя; эта проблема решается применением системы «Фемофлор», оценивающей дисбаланс нормо- и условно-патогенной биоты. Порогом чувствительности данной системы для *Candida* spp. установлено значение 10^3 геном-эквивалентов, что позволяет дифференцировать кандидоносительство от активной инфекции.

Достоверный диагноз урогенитального кандидоза устанавливается при наличии клинических симптомов в сочетании с обнаружением элементов гриба при микроскопии, либо выделением культуры в титре $\geq 10^4$ КОЕ/мл, либо положительной ПЦР с видовой идентификацией [6].

Заключение. Ни один из существующих методов лабораторной диагностики (микроскопия, культуральный, ПЦР) не является абсолютно достаточным: микроскопия обладает низкой чувствительностью, культуральный метод – длительностью, а ПЦР без количественной оценки не отражает жизнеспособность возбудителя и его этиологическую значимость.

Оптимальным является двухэтапный алгоритм: на первом этапе при явной клинике рекомендуется комбинация микроскопии и ПЦР в реальном времени, на втором – при рецидивирующем течении или неэффективности терапии – культуральное исследование с видовой идентификацией и тестированием чувствительности к антимикотикам.

Применение тест-системы «Фемофлор» с пороговым значением 10^3 геном-эквивалентов для *Candida spp.* позволяет объективно дифференцировать активную инфекцию от кандидоносительства и проводить комплексную оценку микробиоценоза.

Инновационные методы (MALDI-TOF масс-спектрометрия для видовой идентификации за 15-30 минут, флуоресцентная микроскопия с калькофлюором, NGS-секвенирование) значительно ускоряют и повышают точность верификации, однако требуют дорогостоящего оборудования и пока не вошли в рутинную практику.

Для профилактики ложных результатов необходимо строго соблюдать преаналитические условия (отмена антимикотиков за 2 месяца, исключение спринцевания и половых контактов за 5 дней), а также интерпретировать лабораторные данные только в комплексе с клинической картиной и факторами риска пациента.

Библиографический список

1. Diez A, Arrieta-Aguirre I, Carrano G, Fernandez-de-Larrinoa I, Moragues MD. A novel *Candida albicans* Als3, Hwp1 and Met6 derived complex peptide protects mice against hematogenously induced candidiasis. *Vaccine*. 2024;42(20):125990. doi: 10.1016/j.vaccine.2024.05.038.
2. Kalia N, Singh J, Kaur M. Microbiota in vaginal health and pathogenesis of recurrent vulvovaginal infections: a critical review. *Ann Clin Microbiol Antimicrob*. 2020;19(1):5. doi: 10.1186/s12941-020-0347-4.
3. Kostas-Polston EA, Braun LA, Miedema J. Female warfighters' perceptions of urogenital health in operational settings. *J Am Assoc Nurse Pract*. 2020;32(11):729-737. doi: 10.1097/JXX.0000000000000534.
4. Talapko J, Meštrović T, Škrlec I. Growing importance of urogenital candidiasis in individuals with diabetes: A narrative review. *World J Diabetes*. 2022;13(10):809-821. doi: 10.4239/wjd.v13.i10.809.

5. Ventolini G, Vieira-Baptista P, De Seta F, Verstraelen H, Lonnee-Hoffmann R, et al. The Vaginal Microbiome: IV. The Role of Vaginal Microbiome in Reproduction and in Gynecologic Cancers. J Low Genit Tract Dis. 2022 Jan 1;26(1):93-98. doi: 10.1097/LGT.0000000000000646.

6. Клинические рекомендации Урогенитальный кандидоз. 2020, Москва. 28с. Режим доступа: 87b0fcce23c0b7647f44c27c06add513.docx-Яндекс Документы

КЛАССИФИКАЦИЯ, ДИАГНОСТИКА И ЛЕЧЕНИЕ КАНДИДОЗА РЕСПИРАТОРНОГО ТРАКТА

Мыськова В.А.

ФГБОУ ВО «Рязанский государственный медицинский университет
имени академика И.П. Павлова» Министерства здравоохранения
Российской Федерации, г. Рязань, Россия

Введение. Кандидоз респираторного тракта включает кандидоз верхних дыхательных путей и кандидоз нижних дыхательных путей.

Кандидоз верхних дыхательных путей – это грибковое поражение слизистой оболочки глотки, гортани или миндалин, вызванное дрожжеподобными грибами рода *Candida*. В норме эти микроорганизмы присутствуют на слизистых оболочках, но при снижении иммунной защиты могут вызывать заболевание. Основными возбудителями кандидоза верхних дыхательных путей являются *C. albicans*, *C. tropicalis*, *Pichia kudriavzevii* (ранее *Candida krusei*), *Nakaseomyces glabratus* (ранее *Candida glabrata*), *C. parapsilosis*, *C. intermedia*, *C. brumpti*, *C. sake*, и др. Доминирующим возбудителем является *C. albicans*, выделяемый в 50% наблюдений [2, 6, 7].

Кандидоз нижних дыхательных путей поражает крупные бронхи, трахею и легкие. Среди возбудителей кандидоза нижних дыхательных путей наиболее часто выделяют *Candida albicans*, в меньших случаях *C. tropicalis*, *Pichia kudriavzevii*, *C. pseudotropicalis*, *Nakaseomyces glabratus* [1, 2].

Лабораторную диагностику кандидоза респираторного тракта проводят в зависимости от формы заболевания. Используют микроскопический (при остром кандидозе), микологический (золотой стандарт), серологический (при аллергическом кандидозе) методы [3, 4].

Лечение кандидоза респираторного тракта проводят с помощью антимикотиков. Выбор препарата зависит от локализации возбудителя [4, 5].

Материалы и методы. Проведен анализ научных статей и анализ клинических рекомендаций.

Результаты и обсуждение. Проведя анализ литературных данных, причинами кандидоза респираторного тракта могут быть ослабленный иммунитет (основной фактор), хронические заболевания, повреждение слизистых оболочек, а так же разнообразные внешние факторы.

В зависимости от результатов обследования назначают антимикотическую терапию. Такие препараты могут назначаться перорально, внутривенно, ингаляционно. Обязательным является купирование обострения основного соматического заболевания, – если оно имеет место, – а также одновременная антибактериальная и противовирусная, иммуномодулирующая и стимулирующая терапия. По мере клинической необходимости назначают симптоматические средства: отхаркивающие, жаропонижающие, дезинтоксикационные препараты, нередко – местные процедуры.

Основными методами диагностики являются микроскопия и посев клинического материала на питательные среды. Желательно проводить оба метода диагностики для абсолютного подтверждения микотического поражения. Также важно правильно производить отбор проб патологического материала на исследование для точной диагностики. При микроскопическом методе препараты окрашиваются по различным методикам (по методу Грама, Романовскому-Гимза, калькофлюором белым и др.). Микроскопия мазков отпечатков является методом экспресс диагностики микоза. При этом получение отрицательного результата микроскопического исследования не говорит об отсутствии заболевания.

Заключение. Проблема микозов респираторного тракта приобретает важное социальное значение не только вследствие все более широкого распространения, но также и потому, что грибковое поражение этой области протекает тяжелее, чем другие воспалительные процессы той же локализации и могут явиться первичным очагом диссеминированного висцерального микоза, либо стать причиной грибкового сепсиса. Поэтому важно вовремя выявить этиологию заболевания, для чего необходимо правильно отобрать клинический материал, провести диагностику и назначить терапию.

Библиографический список

1. Аравийский Р.А., Климко Н.Н., Васильева Н.В. Диагностика микозов: Пособие для врачей. СПб. 2004. 185 с.
2. Блинов П.П. Особенности патогенных и условно-патогенных грибов, механизмов развития микотических процессов *in vivo* // Проблемы медицинской микологии. 2001; 3 (2): 39-40.
3. Боровский Е.В., Машкиллейсон А.Л. Заболевания слизистой оболочки полости рта и губ. М.: МЕДпресс, 2001. 320 с.
4. Климко Н.Н. Диагностика и лечение микозов в отделениях реанимации и интенсивной терапии: Российские рекомендации. М.: Фармтек, 2015. 96 с.
5. Крюков А.И., Кунельская Н.Л., Романенко С.Г., Шадрин Г.Б., Красникова Д.И., Андреевская О.А. Дифференциальная диагностика и лечение грибкового поражения гортани: Клинические рекомендации. М. – СПб., 2014.
6. Сахарук Н.А., Козловская А.А. Кандидоз: этиология, клиника, диагностика, лечение: Монография. 2010.
7. Сергеев А.Ю., Сергеев Ю.В. Грибковые инфекции. М.: Бионим-пресс, 2003. 440 с.

КОМПЛЕКСНЫЙ ПОДХОД К ДИАГНОСТИКЕ ТОКСОПЛАЗМОЗА ЧЕЛОВЕКА

Новак А.И., доктор биологических наук, доцент
Новак М.Д., доктор биологических наук, профессор
Клейменова Ю.Ю.

ФГБОУ ВО «Рязанский государственный медицинский университет
имени академика И.П. Павлова» Министерства здравоохранения
Российской Федерации, г. Рязань, Россия

Введение. Токсоплазмоз характеризуется глобальным распространением. Инвазированность варьирует в широких пределах – от 10% до 80%, что зависит от региона. Особую группу риска составляют беременные женщины, лица с ослабленным иммунитетом (включая пациентов с ВИЧ-инфекцией или проходящих иммуносупрессивную терапию), а также реципиенты трансплантированных органов и донорской крови [3, 4, 6].

К основным факторам, способствующим инфицированию, относятся:
тесный контакт с представителями семейства кошачьих, в частности, с их экскрементами;
потребление мясных продуктов от млекопитающих и птицы, не прошедших достаточную термическую обработку;
несоблюдение элементарных правил гигиены.

Материалы и методы. Проведен аналитический обзор литературных данных.

Результаты и обсуждение. Возбудителем заболевания является *Toxoplasma gondii* – облигатный внутриклеточный паразит, жизненный цикл которого предполагает смену хозяев, окончательные хозяева – кошачьи, промежуточные – теплокровные животные и человек [3].

Пути инвазирования: алиментарный (через пищу и воду); трансплацентарный (от матери к плоду); трансмаммарный (через грудное молоко); трансфузионный (при переливании крови); трансплантационный (при трансплантации органов); контаминационно-перкутанный (через микротравмы на коже и слизистые оболочки) [3].

Патогенез характеризуется развитием дегенеративных изменений в паренхиматозных органах, лимфатических узлах и центральной нервной системе. Возможно внутриутробное заражение плода, в наиболее тяжелых случаях это может привести к его гибели. У новорожденных, инфицированных в период внутриутробного развития, могут проявляться такие патологии, как гидроцефалия, хориоретинит, увеличение размеров печени и селезенки (гепатоспленомегалия), геморрагический энтерит, генерализованное увеличение лимфатических узлов (лимфадениты), разнообразные врожденные аномалии развития и гермафродитизм [4].

Токсоплазмоз имеет разные формы и стадии у человека. Врожденный токсоплазмоз может проявляться как в раннем, так и в позднем постнатальном

периоде. Приобретенный токсоплазмоз может проявляться острым течением, хронической (латентной) формой или реактивацией хронической инфекции [6].

Окулярный токсоплазмоз проявляется в виде воспаления сосудистой оболочки глаза, которое затрагивает также сетчатку (хориоретинит).

Церебральная форма характерна для пациентов с ВИЧ-инфекцией [5].

Методы диагностики токсоплазмоза разнообразны.

Паразитологические методы включают микроскопию биоптатов: исследование тканей (лимфоузлов, миокарда, головного мозга) с окрашиванием по Романовскому-Гимзе для выявления тахизоитов и тканевых цист *T. gondii*. Для постановки предварительного диагноза используется аллергическая проба с токсоплазмином, однако ее специфичность невысокая [3].

Ранее широко применялась биологическая проба, т.е. экспериментальное заражение лабораторных мышей. Этот метод, будучи инвазивным и технически сложным, в настоящее время практически не используется. Разработаны методы культивирования токсоплазм на клеточных культурах или куриных эмбрионах [1].

В настоящее время эти методы уступили место более точным и безопасным подходам.

Серологическая диагностика является основным методом и основана на обнаружении специфических антител (IgM и IgG) к *T. gondii* в сыворотке крови. Для этого используются иммуноферментный анализ (ИФА) и иммунохемилюминесцентный анализ (ИХЛА) [3].

Определение индекса авидности IgG критически важно для дифференциации острой и хронической инфекции и оценки возможности ее реактивации. Низкая авидность (менее 30%) указывает на недавнее первичное инфицирование (в течение 3-4 месяцев), тогда как высокая авидность свидетельствует о давно перенесенной инфекции и сформированном иммунитете [2].

Для окончательной интерпретации результатов, особенно при выявлении IgM, необходимо исследование парных образцов сыворотки, взятых с интервалом в 2-3 недели. Это позволяет оценить динамику титров антител и исключить ложноположительные результаты.

Иммуноблоттинг применяется как подтверждающий метод при сомнительных результатах ИФА. Он позволяет выявить антитела к специфическим антигенам *T. gondii*. Этот метод особенно ценен для диагностики врожденного токсоплазмоза у новорожденных. Сравнение иммунологических профилей матери и ребенка является ключевым диагностическим приемом. Чувствительность метода превышает 95%, специфичность – 98% [4].

Основным методом молекулярно-генетической диагностики является ПЦР в режиме реального времени, позволяющая детектировать ДНК *T. gondii* в различных биологических материалах. Метод отличается высокой чувствительностью, специфичностью и возможностью количественной оценки паразитемии. Мишенями для ПЦР служат гены B1, REP-529, SAG1 [5].

Ключевые области применения ПЦР: верификация диагноза у беременных женщин, диагностика врожденной формы инфекции, мониторинг паразитарной нагрузки у пациентов с иммунодефицитами [6].

Инструментальные методы исследований направлены на выявление патологических изменений, вызванных инфекцией:

нейровизуализация (МРТ/КТ) позволяет обнаружить очаги воспаления в головном мозге (энцефалит) и кальцификаты;

офтальмоскопия используется для диагностики хориоретинита;

УЗИ плода помогает выявить гидроцефалию, кальцификаты и гепатоспленомегалию при внутриутробном развитии [3, 4].

Крайне важна пренатальная диагностика. Серологический скрининг проводится при постановке на учет по беременности (12-14 недель). При отрицательном результате скрининг повторяется в III триместре. При выявлении IgM проводится определение авидности IgG. Низкая авидность (<30%) является показанием к проведению амниоцентеза с последующим ПЦР-исследованием амниотической жидкости. Данное исследование проводится после 18 недель беременности [5].

Для выявления токсоплазмоза у новорожденных применяются серологические методы, направленные на обнаружение специфических антител классов IgM и IgA. Важно отметить, что эти антитела неспособны проникать через плацентарный барьер, что делает их надежными маркерами инфекции, приобретенной после рождения. Дополнительно используются молекулярно-генетические исследования, в частности, полимеразная цепная реакция (ПЦР) для анализа образцов крови и цереброспинальной жидкости [5].

Установление окончательного диагноза основывается на всесторонней оценке полученных данных. Включает сопоставление результатов лабораторных тестов с клиническими проявлениями, выявленными при осмотре, а также данными, полученными с помощью инструментальных методов исследования, таких как нейросонография, магнитно-резонансная томография (МРТ) и компьютерная томография (КТ) [2].

Развитие медицинских технологий открывает новые горизонты в диагностике токсоплазмоза:

мультиплексный иммуноферментный анализ (ИФА) позволяет одновременно определять наличие антител классов IgM, IgG и IgA, предоставляя более полную картину иммунного ответа;

биочипы и микрофлюидные системы обеспечивают возможность экспресс-диагностики, сокращая время получения результатов;

секвенирование нового поколения (NGS) – перспективный метод для выявления возбудителя в цереброспинальной жидкости

протеомные подходы направлены на поиск новых, более специфичных биомаркеров заболевания;

применение искусственного интеллекта демонстрирует высокий потенциал в анализе МРТ-изображений для более точной интерпретации данных [3].

Дифференциальная диагностика токсоплазмоза требует тщательного и многогранного подхода.

Важнейшим этапом является детальный сбор анамнеза, включающий анализ эпидемиологических факторов риска, оценку иммунного статуса матери и ребенка, а также акушерский анамнез.

Сопоставление клинической картины. Клинические проявления заболевания сопоставляются с характерными для токсоплазмоза синдромами.

Исключение схожих заболеваний. Необходимо проводить дифференциацию с другими патологиями, имеющими схожую симптоматику: при поражении центральной нервной системы (ЦНС): лимфома ЦНС, церебральный туберкулез, криптококковый менингит, цитомегаловирусный энцефалит, абсцесс головного мозга; при поражении глаз: цитомегаловирусный ретинит, сифилитический хориоретинит, токсокароз глаз, туберкулезный увеит, саркоидоз [2, 4, 6].

Заключение. Комплексная диагностика токсоплазмоза является интегративным процессом, объединяющим информацию эпидемиологического анамнеза, клинической картины, данных об иммунном статусе пациента и результатов лабораторных исследований.

Ключевую роль в диагностике играет серологическое тестирование, включающее определение антител классов IgM и IgG, а также оценку индекса авидности для разграничения острой и хронической стадий инфекции. При получении неоднозначных результатов ИФА целесообразно проведение иммуноблоттинга.

Молекулярно-генетические методы, такие как ПЦР, незаменимы для подтверждения диагноза у беременных женщин, при подозрении на врожденную форму инфекции и для мониторинга состояния пациентов с иммунодефицитами. Инструментальные методы визуализации (нейровизуализация, офтальмоскопия, УЗИ плода) и паразитологические исследования дополняют диагностический процесс, позволяя выявить поражения органов и, в редких случаях, непосредственно обнаружить возбудителя.

Библиографический список

1. Беспалова Н.С., Катков С.С. Сопоставление разных методов диагностики токсоплазмоза плотоядных // Молодой ученый. 2016. № 6. С. 58-60.
2. Доронин-Доргелинский Е.А., Сивкова Т.Н. Распространение токсоплазмоза и саркоцистоза у человека и животных, правовое регулирование организации и борьбы с ними // Российский паразитологический журнал. 2017. Т 39. Вып. 1. С. 35-41.
3. Новак М.Д., Новак А.И., Назарова С.А. Распространение токсоплазмоза и диагностика с помощью экспресс-теста // Теория и практика борьбы с паразитарными болезнями. 2020. № 21. С. 307-312. DOI: 10.31016/978-5-9902341-5-4.2020.21.307-312

4. Степанова Е.В., Максимова М.С., Турбабина Н.А., Морозова Л.Ф., Сергиев В.П., Кондрашин А.В., Морозов Е.Н. Инфекционные болезни: новости, мнения, обучение. 2018. Т. 7, № 4. С. 85-89. DOI: 10.24411/2305-3496-2018-14013.

5. Хронический токсоплазмоз и беременность: эпидемиология, клиника, диагностика / М.С. Саидов, Н.С.-М. Омаров, Ш.Ш. Раджабова [и др.] // Международный научно-исследовательский журнал. 2022. №2 (116). DOI: 10.23670/IRJ.2022.116.2.058

6. Хрянин А.А., Решетников О.В., Кувшинова И.Н. Токсоплазмоз: эпидемиология, диагностика и лечение // Антибиотики и химиотерапия. 2015. №5-6. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/toksoplazmoz-epidemiologiya-diagnostika-i-lechenie> (дата обращения: 31.05.2026).

ВАКЦИНЫ ДЛЯ ПРОФИЛАКТИКИ КЛОСТРИДИОЗОВ

Петренко А.В.

Позолотина В.А., доцент, кандидат сельскохозяйственных наук

Глотова Г.Н., доцент, кандидат сельскохозяйственных наук

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Рязанский государственный агротехнологический университет имени П.А. Костычева», г. Рязань, Россия

Введение. Clostridium – род грамположительных, палочковидных, анаэробных, спорообразующих бактерий. В составе данного рода выделяется около 250 видов, которые встречаются в различных средах обитания по всему миру. Случаи клостридиальных инфекций регистрируются уже много лет. Клостридиозы вызывают серьёзные экономические потери в животноводстве, птицеводстве и дикой природе. Некоторые виды Clostridium являются причиной заболеваний у людей из-за выделения экзотоксинов (например, столбняк, ботулизм, газовая гангрена). Также некоторые виды Clostridium играют важную роль у животных как возбудители энтеротоксемий, злокачественного отека, столбняка, ботулизма, эмфизематозного карбункула, браздота овец. Экзотоксины Clostridium вызывают повреждения различной степени тяжести в желудочно-кишечном тракте, мягких тканях и нервной системе [2]. Неправильный контроль гигиены и отсутствие вакцинации являются важными причинами клостридиальных заболеваний у людей и животных. Следовательно, регулярная вакцинация является эффективным способом борьбы с клостридиальной инфекцией во всем мире.

Вакцинация – один из наиболее эффективных методов профилактики заболеваний. Вакцина помогает иммунной системе организма распознавать и уничтожать опасные для жизни патогены, такие как микроорганизмы различных видов рода Clostridium и их токсины. Эффективность противоклостридиальных вакцин доказана для домашних животных, включая

крупный рогатый скот, овец и коз, и они доступны с 1950-х годов [5]. Эти вакцины эффективны против наиболее распространенных клостридиальных заболеваний, включая столбняк, брандзот овец, ботулизм (вакцинируют только норки). Однако, вакцинация против эмфизематозного карбункула считается распространенным методом защиты с 1930 года, особенно в стадах крупного рогатого скота.

Материалы и методы. Были проанализированы данные о вакцинах, направленных на профилактику клостридиозов, на основании открытых источников. Были проведены исследования данных о способах производства и эффективности вакцин, результаты сгруппированы по видам микроорганизмов и продуцируемых ими типов токсинов, на защиту от которых направлено действие исследованных вакцин.

Результаты и обсуждение. Как правило, клостридиальные вакцины (за исключением *C. chauvoei*) содержат один или несколько экзотоксинов, продуцируемых *C. perfringens*, *C. novyi* и *C. septicum*. Коммерческие вакцины против *C. chauvoei* состоят из целых инактивированных формалином бактериальных культур, которые выпускаются в виде моновалентных вакцин или в комбинации с другими клостридиальными агентами. Вакцины против клостридий производятся различными методами, обладающими разной эффективностью, преимуществами и недостатками.

Цельные формалин-инактивированные вакцины. Производство вакцины осуществляется путем культивирования штаммов *C. chauvoei* в ферментере с использованием комплексной среды, содержащей гидролизат казеина, пептон, триптон, дрожжевой экстракт, мясной экстракт, NaOH, гидрохлорид L-цистеина, глюкозу, микроэлементы и витамины в течение приблизительно 9 часов при 37 °C, а затем инактивации формальдегидом в течение приблизительно 6 дней при 37 °C. Эффективность вакцины против эмфизематозного карбункула была исследована на зараженных вакцинированных и невакцинированных животных (контрольная группа). Это исследование показало, что случаев заболевания среди вакцинированных животных не было обнаружено, в то время как некоторые невакцинированные животные погибли или заболели. Была отмечена значительная разница между вакцинированными и невакцинированными животными.

Бактерин-токсинальная вакцина производится путем культивирования штаммов *Clostridium perfringens* типов D, B и C отдельно в ферментере с использованием комплексных сред, содержащих пептон, дрожжевой экстракт, глюкозу или декстрин, витамины и микроэлементы в анаэробных условиях в течение приблизительно 4-5 часов. В заключение вся культура химически инактивируется с помощью обработки формальдегидом.

Для вакцины против злокачественного отека бактериин-токсин получали путем культивирования штаммов *C. novyi* в стеклянных бутылках с использованием сложных сред, содержащих пептон или другие источники белка, L-цистеин, мальтозу и NaOH в течение приблизительно 72 часов при 37 °C и инактивации TсnA формальдегидом при 37 °C в течение 3 дней. В

настоящее время производство бактериин-токсина достигается путем выращивания вакцинного штамма в ферментерах, содержащих пептон, L-цистеин, мальтозу, NaOH, витамины и микроэлементы, Tween 80 и глицерин в анаэробных условиях в течение приблизительно 24 часов при 37 °C и инактивации формальдегидом при 37 °C.

Для производства вакцины против *C. septicum* штаммы культивируют в анаэробных условиях в ферментере с использованием сложных питательных сред, таких как мясные пептоны, триптон, дрожжевой экстракт, гидролизат казеина, глюкоза, микроэлементы и витамины, гидрохлорид L-цистеина и NaOH при 37 °C с pH 7,2-7,4 в течение приблизительно 9 часов, а затем инактивируют формальдегидом при 37 °C. Бактериновые токсины обладают высокой эффективностью благодаря наличию в составе бактериальных клеток компартментов, что приводит к сильному иммунному ответу против всех антигенов, связанных с инфекцией. Некоторые из этих вакцин доступны без каких-либо дополнительных индуцирующих агентов или адъювантов. Однако при этом могут вырабатываться антитела против некоторых несущественных частей патогена, не имеющих специфической функции, связанной с заболеванием, что создает дополнительную нагрузку на иммунную систему. Это может снизить эффективность адаптивного иммунитета в специфическом воздействии на патогенные факторы. Инактивированные вакцины обычно требуют адъюванта и нескольких инъекций [1].

Токсоидные вакцины. Инактивированный формальдегидом супернатант *Clostridium perfringens* (сырой анатоксин) был получен группой исследователей из Норвегии, которые доказали, что сырые анатоксины *Clostridium perfringens* типов А или С, или комбинированные анатоксины типов А и С, обладают высокой эффективностью в защите от инфекции [3].

Вакцина на основе анатоксинов ЕТХ и СРВ была приготовлена из инактивированных культур с использованием сульфата аммония для контроля энтеротоксемии у животных во всем мире. Различные исследования доказали эффективность контроля клостридиальных заболеваний путем введения вакцины на основе анатоксина *C. perfringens* у животных, включая поросят, крупный рогатый скот, ягнят, овец и коз. Альфа-токсин *C. septicum* был выделен, концентрирован, очищен и инактивирован формалином, и было показано, что полученный альфа-токсоид защищает морских свинок от спор *C. septicum*.

Поскольку токсидные вакцины не содержат дополнительных антигенов, таких как белки, связанные с клеточной стенкой бактерий, и представляют собой низкомолекулярные белки, они сами по себе не обладают высокой иммуногенностью, если только не вводятся в больших количествах или многократно. Следовательно, для индукции достаточного адаптивного иммунного ответа у хозяина необходимо добавление адъювантов. Чистые токсиды востребованы в обществе, поскольку не создают дополнительной нагрузки на иммунную систему хозяина и безопасны, так как не содержат бактериальных клеток или спор и не имеют шанса на превращение в

вирулентные микроорганизмы. Кроме того, ожидается, что токсоидные вакцины будут более стабильны, чем бактериальные вакцины на основе целых культур, поскольку они менее восприимчивы к изменениям условий хранения, таким как свет, температура и влажность.

Поливалентные вакцины. В некоторых странах доступны различные поливалентные клостридиальные вакцины, включая бактерины и/или токсоиды *C. perfringens*, *C. novyi*, *C. septicum*, *C. chauvoei*, *C. sordellii*, а также *C. tetani*. Исследование двух 9-валентных клостридиальных вакцин показало, что титры антител наблюдались до 90 дней после второй иммунизации, а затем снижались, становясь неопределяемыми через 6 месяцев. Также токсоиды *C. tetani* и *C. novyi* типа В были наиболее иммунодоминантными антигенами, а *C. septicum* вызывал самый низкий уровень антител. Вариабельный ответ антител и более короткий период существования антител привели к предположению об антигенной конкуренции при применении поливалентных вакцин [4]. Это может быть связано с неоптимальной презентацией антигенов из-за недостаточного связывания специфических антигенов с МНС-II, меньшего количества доступных Т-хелперных клеток и присутствия в вакцине антигенов, которые занимают иммунную систему. Дополнительная информация о возникновении этого явления при использовании поливалентных клостридиальных вакцин отсутствует. Поэтому целесообразно сосредоточиться на сравнительных исследованиях моно- и поливалентных клостридиальных вакцин, чтобы определить оптимальное количество/объем/интервал доз для иммунизации или оптимальную единицу каждого антигена при производстве поливалентной вакцины.

Заключение. Во всем мире для защиты животных от болезней используется широкий спектр вакцин, включающих клостридиальные анатоксины, бактериновые анатоксины или цельные культуры. Некоторые из этих вакцин вообще не используются в нашей стране. Крупномасштабное производство вакцин против клостридий во всем мире остается неизменным с начала 1900-х годов. Основная проблема в разработке идеальной вакцины заключается в активации иммунной системы хозяина. Возможно, последние разработки по улучшению вакцин против клостридий включают создание мутантов путем распознавания целевых генов клостридий, а также создание ДНК-вакцин. Кроме того, новые составы вакцин с соответствующими адьювантами, особенно для токсоидных вакцин, полезны для усиления иммунной системы животных. Для вакцин нового поколения важно учитывать этапы очистки и инактивации, презентацию и концентрацию антигенов, доставку вакцины и стимуляцию специфических иммунных ответов, особенно в случае поливалентных вакцин.

Библиографический список

1. Бакстер Д. Активный и пассивный иммунитет, типы вакцин, вспомогательные вещества и лицензирование // Occupational medicine. 2007. № 8. С. 552-556.

2. Колычев Н.М. Ветеринарная микробиология и микология: учебник для вузов / Н. М. Колычев, Р. Г. Госманов. СПб.: Лань, 2025. 624 с.

3. Ловланд А., Кальдхусдал М., Редхед К. Вакцинация матерей против субклинического некротического энтерита у бройлеров // *Avian pathology: journal of the W.V.P.A.* 2004. № 1. С. 83-92.

4. Росси А., Монако Э., Гуарнашелли Х. Динамика изменения уровня антител к *Clostridium* у овец после вакцинации поливалентными клостридиальными вакцинами // *Veterinary immunology and immunopathology*. 2018. № 202. С. 46-51.

5. Спрингер С., Селбиц Х. Дж. Контроль некротического энтерита у поросят-сосунов с помощью вакцины на основе анатоксина *Clostridium perfringens* // *FEMS immunology and medical microbiology*. 1999. № 3. С. 333-336.

ПРИНЦИПЫ ЛИОФИЛИЗАЦИИ ПРИ РАЗРАБОТКЕ МИКРОПЛАНШЕТОВ ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ УСТОЙЧИВОСТИ МИКРООРГАНИЗМОВ К АНТИМИКРОБНЫМ ЛЕКАРСТВЕННЫМ СРЕДСТВАМ В ВЕТЕРИНАРИИ

Пырских А.С., кандидат сельскохозяйственных наук

Иванова О.Е., кандидат ветеринарных наук

Макаров Д.А.

Блюменкранц Д.А., кандидат ветеринарных наук

ФГБУ «Всероссийский государственный Центр качества и стандартизации лекарственных средств для животных и кормов» (ФГБУ «ВГНКИ»),
г. Москва, Россия

Введение. Определение чувствительности микроорганизмов к антимикробным лекарственным средствам (АБП) является ключевым элементом системы мониторинга антибиотикорезистентности, в том числе в ветеринарии, обеспечивая контроль мер по рациональному применению АБП. В клинической ветеринарной практике, особенно в промышленном птицеводстве, свиноводстве и молочном скотоводстве, необходимость в стандартизированных методах оценки чувствительности микроорганизмов возрастает в связи с расширением спектра применяемых в ветеринарии АБП и возрастающими требованиями к эпизоотическому контролю [6]. Тест-системы на основе микропланшетов для определения чувствительности методом микроразведений в бульоне активно разрабатываются и имеют широкое коммерческое применение, обладая рядом преимуществ по сравнению с диско-диффузионным методом [3]. Несмотря на значительный прогресс в разработке тест-систем для клинической медицины человека, на рынке ветеринарной диагностики отмечается дефицит специализированных микропланшетов, адаптированных к особенностям терапии сельскохозяйственных животных. Ветеринарные специалисты чаще вынуждены использовать лабораторные

схемы тестирования, разработанные для медицины человека, не учитывающие концентрации АБП, применяемых для различных видов животных [5]. В этой связи разработка специализированной тест-системы на основе микропланшетов для ветеринарного применения представляет собой актуальную научно-практическую задачу. Согласно литературным данным, для подготовки микропланшетов, наиболее предпочтительным является использование метода лиофильной сушки, с учетом необходимости минимизации потерь в концентрациях в условиях длительного (не менее полугода) хранения при комнатной температуре или в холодильнике. Лيوфильная сушка позволяет сохранить субстанцию, удаляя из нее влагу. Этот метод основан на том, что замороженная вода превращается в пар, не становясь сначала жидкой [1]. Процесс лиофилизации традиционно включает три основные стадии: замораживание, первичную сушку (сублимацию) и вторичную сушку (десорбцию).

В результате реакции получается твердый, пористый материал. Ключевым преимуществом данного метода является низкотемпературное удаление влаги из продукта [4]. Это делает его идеальным для сушки термочувствительных соединений, включая антибиотики, обеспечивая сохранение их биологической активности и химической структуры [2].

Именно этап замораживания формирует структуру будущего продукта, которая определяет особенности последующих стадий и, в ряде случаев, – свойства конечного лиофилизата [7].

Материалы и методы. Материалом для исследований служили антибиотики различных классов и модификаторы, а также штаммы бактерий из Всероссийской государственной коллекции штаммов микроорганизмов, используемых в ветеринарии и животноводстве ФГБУ «ВГНКИ». Использовались классические микробиологические методы, высокоэффективная жидкостная хроматография с масс-спектрометрическим детектированием (ВЭЖХ-МС), лиофильная сушка.

Результаты и обсуждение. На первом этапе нами был определен список штаммов бактерий (*E.coli*, *Salmonella enterica*, *Enterococcus faecalis*, *Enterococcus faecium*, *Staphylococcus aureus*, *Listeria monocytogenes*) и перечень АБП, для каждого вида бактерий (23 антибиотика из 21 класса). Выбор АБП проводили на основании важности для медицины и применения в ветеринарии с учётом перечней антимикробных препаратов, рекомендованных международными организациями ВОЗЖ, ФАО/ВОЗ, МАКМАХ.

В ходе работы мы проводили морфологическую оценку распределения антибиотиков в лунках после высушивания в качестве быстрого и информативного способа оценить, что именно происходит с препаратом в процессе удаления растворителя и почему в дальнейшем могут появляться ошибки по минимальной подавляющей концентрации (МПК) и по ВЭЖХ-МС. При подготовке микропланшетов ключевая задача — чтобы после высушивания в каждой лунке оставалось строго заданное количество вещества, а также чтобы при добавлении мясо-пептонного бульона (МПБ) и/или

растворителя полностью и одинаково растворялось. Таким образом, на данном этапе возникает целый набор физических явлений, которые напрямую определяют дальнейшую воспроизводимость результатов, и морфология сухого остатка является их «видимым отпечатком». Если антибиотик высыхает в виде ровного тонкого слоя на дне – вероятность полного и быстрого ресуспендирования выше. Если он распределяется на стенках, образует крупные кристаллы, “кольца”, комки или отдельные зёрна, то часть вещества может не попасть в раствор в первые минуты. При использовании микрообъемов это приводит к смещению эффективной концентрации и, как следствие, к сдвигу МПК.

Наряду с определением морфологических характеристик проводилась оценка сохранности исходных концентраций веществ в лунках планшетов с применением метода микроразведений. Серия опытов по хранению показала, что по микробиологическим критериям интерпретации часть антибиотиков сохраняет активность в долгосрочной перспективе даже после использования относительно «жёстких» протоколов сушки и хранения под плёнкой. При этом наиболее уязвимым к длительному хранению оказались антибиотики из группы карбапенемов, а АБП из группы тетрациклинов демонстрировали зависимость от температуры хранения. Однако, метод микроразведений имеет низкий уровень чувствительности, поскольку размер концентрационного шага АБП в панели составляет $\frac{1}{2}$ от исходной концентрации. Таким образом, при визуальной оценке может наблюдаться отсутствие роста культуры в лунке с МПК, но концентрация вещества может находиться на пороге минимального подавляющего значения. Любое незначительное изменение условий воспроизведения опыта, например, условий культивирования, может привести к искажению результата, что обуславливает необходимость внедрения аналитического метода исследований.

Для оценки потерь при сушке был выбран метод ВЭЖХ-МС для определения содержания антибиотика в лунке микропланшета до и после высушивания. Для сравнения пригодности различных составов для лиофилизации был установлен следующий критерий: состав считался пригодным в том случае, если обеспечивал отсутствие существенных потерь антибиотика в процессе сушки. ВЭЖХ-МС анализ проводили определяя площади пиков в контрольном и опытном растворах антибиотиков из микропланшетов. Нами был выбран критерий в 10% для приемлемости потерь: при площади пиков антибиотика в опытном растворе не ниже 90% от площади в контрольном растворе выбранный состав для лиофилизации считался пригодным для дальнейшей работы.

Теоретические изыскания и предварительные эксперименты показали, что важным для стабильности в процессе лиофильной сушки и сходимости концентраций до и после сушки является следующее:

- полное растворение антибиотика в стоковом растворе, без осадка и мутности;

- стабильность антибиотика в растворах в процессе их приготовления и работы с ними, непосредственно в процессе лиофильной сушки и в конечном растворе (фаза для высокоэффективной жидкостной хроматографии с масс-спектрометрическим детектированием).

Таким образом, для каждого антибиотика проводили подбор подходящего растворителя и разбавителя (состава для лиофилизации). При этом базовым растворителем и разбавителем являлась вода, прочие компоненты (соли для буферных растворов, дополнительные соединения-модификаторы) использовали в концентрациях не выше минимально необходимых. В качестве модификатора структуры для получения рабочих растворов в исходные растворы добавляли поливинилпирролидон (ПВП), а в качестве растворителя деионизированную воду и фосфатно-буферный раствор. Основное влияние на процесс лиофилизации оказывал ПВП, который является сильным стеклообразователем. Например, показатели температуры стеклования концентрированной фазы, определённые для антибиотиков из групп фторхинолонов и бета-лактамов, были равны: $-26...-27^{\circ}\text{C}$, температуры коллапса: -22°C .

Таким образом, по итогам проведённой работы были подобраны оптимальные режимы лиофилизации, включающие начальные и конечные температуры сублимационной установки в соответствии с параметрами температуры стеклования субстанций антибиотиков и дальнейшей спецификой применения готовых лиофилизатов. Также был подобран модификатор, препятствующий коллапсу структуры антибиотиков и разбавителей, и определены оптимальные соотношения состава для лиофилизации, обеспечивающие отсутствие деградации рабочих растворов антибиотиков в процессе сублимационной сушки.

Заключение. Разработка специализированной тест-системы на основе микропланшетов для ветеринарного применения в Российской Федерации представляет собой актуальную научно-практическую задачу. Использование микропланшетов обеспечит гармонизацию методов и сопоставимость результатов между ветеринарными лабораториями, поможет оптимизировать выбор АБП для терапии и будет способствовать снижению рисков распространения антимикробной резистентности в аграрном секторе.

Библиографический список

1. Аршинова О.Ю., Оборотова Н.А., Санарова Е.В. Вспомогательные вещества в технологии лиофилизации лекарственных препаратов // Разработка и регистрация лекарственных форм. 2013. №1(2). С. 20-24.
2. Гусаров, Д.А. Лиофилизация биофармацевтических белков (миниобзор) // Биофармацевтический журнал. 2010. Т. 2, №5. С. 3-7.
3. Макаров Д.А., Пырских А.С., Иванова О.Е. и др. Методы определения чувствительности зоонозных бактерий к антибиотикам // Ветеринария, зоотехния и биотехнология. 2025. №2. С. 107-122.

4. A proposed rationale and test methodology for establishment of acceptance criteria for vacuum integrity testing of pharmaceutical freeze dryers / L.M. Hardwick [et al.] // European journal of pharmaceuticals and biopharmaceutics. 2013. Vol. 85(2). P. 236–239.

5. Jones P., Miller A. Antimicrobial susceptibility testing in livestock: limitations of current approaches // Journal of Veterinary Diagnostic Investigation. 2020. Vol. 32(6). P. 885-893.

6. Smith J., Brown L., Wilson R. Development of veterinary antimicrobial susceptibility testing: current status and challenges // Veterinary Microbiology. 2021. Vol. 258. P. 109-125.

7. Design of Freeze-Drying Processes for Pharmaceuticals: Practical Advice / X. Tang, M. Pikal // Pharmaceutical Research. 2004. Vol. 21. P. 191-200.

ЛЮМИНЕСЦЕНТНЫЙ МЕТОД ОПРЕДЕЛЕНИЯ ОСТАТОЧНЫХ КОНЦЕНТРАЦИЙ ДОКСИЦИКЛИНА В КОРОВЬЕМ МОЛОКЕ

Самарин Г.Н., доктор технических наук

Ефременков И.Ю.

ФГБНУ Федеральный научный агроинженерный центр «ВИМ»,
г. Москва, Россия

Введение. Антимикробные препараты широко применяются в сельском хозяйстве для лечения и профилактики заболеваний, однако их использование сопряжено с риском формирования антибиотикорезистентности и контаминации пищевой продукции [1]. В контексте обеспечения пищевой безопасности особое значение приобретает аудит качества сельскохозяйственной продукции, включающий контроль остаточных количеств ветеринарных препаратов [2]. Современные подходы к разработке антимикробных средств с применением компьютерных технологий [3] не отменяют необходимости мониторинга уже существующих групп антибиотиков, например – тетрациклиновая. Анализ спектра потенциально опасных факторов риска при производстве сельхозпродукции [4] и оценка чувствительности факторов биориска к химическим воздействиям [5] указывают на критическую значимость контроля антибиотиков в молоке.

Материалы и методы. Для исследований использовали молоко агрофирмы «Эковакино» (Россия) жирностью 2,5%. Хранение молока осуществляли в соответствии ТР ТС 033/2013. Готовили суспензию доксициклина, получая образцы молока с концентрациями антибиотика 0,001; 0,003; 0,004; 0,005 и 0,01 мкг/см³ согласно ветеринарной практике и ТР ТС 033/2013. Количественное определение остаточного содержания антибиотика в образцах проводили с использованием тест-наборов «BIOEASY 4in1 BSCT». Спектры люминесценции регистрировали на спектрофлуориметре CM2203 («Солар», Белоруссия) при $\lambda_{\text{в}} = 324$ нм в диапазоне 350–600 нм.

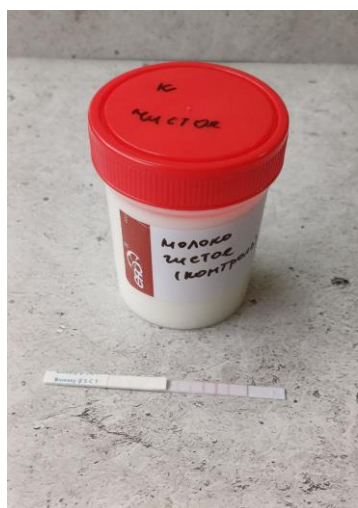
Поток фотолюминесценции молока рассчитывали по формуле:

$$\Phi = \int_{\lambda_1}^{\lambda_2} \varphi(\lambda) d\lambda, \quad (1)$$

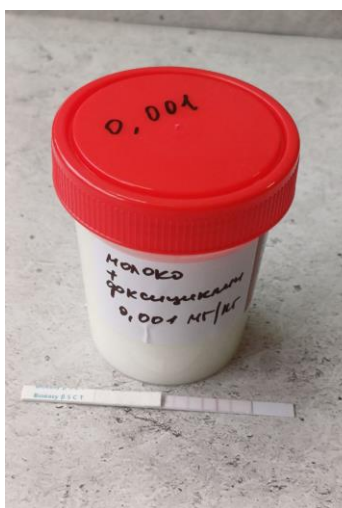
где λ_1, λ_2 – спектральный диапазон, φ – интенсивность люминесценции.

Результаты и их обсуждение. Для люминесцентной диагностики приготовлено шесть образцов молока с различным содержанием доксициклина (рис. 1.)

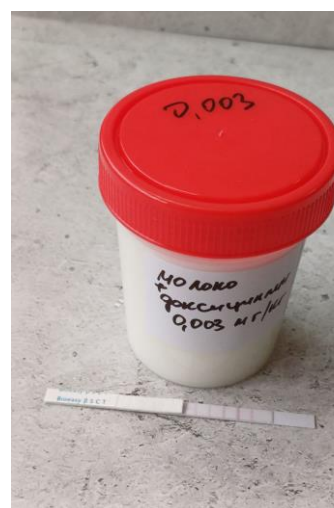
0,000 мг/кг



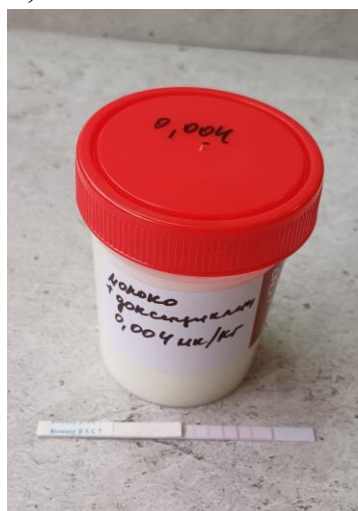
0,001 мг/кг



0,003 мг/кг



0,004 мг/кг



0,005 мг/кг



0,010 мг/кг



Рис. 1. Исследуемые образцы молока с доксициклином

В ходе исследования были измерены спектры люминесценции образцов молока с различным содержанием доксициклина (рис. 2). Увеличение концентрации антибиотика в молоке приводит к увеличению интенсивности люминесценции в диапазоне 350-600 нм при длине волны возбуждения 324 нм.

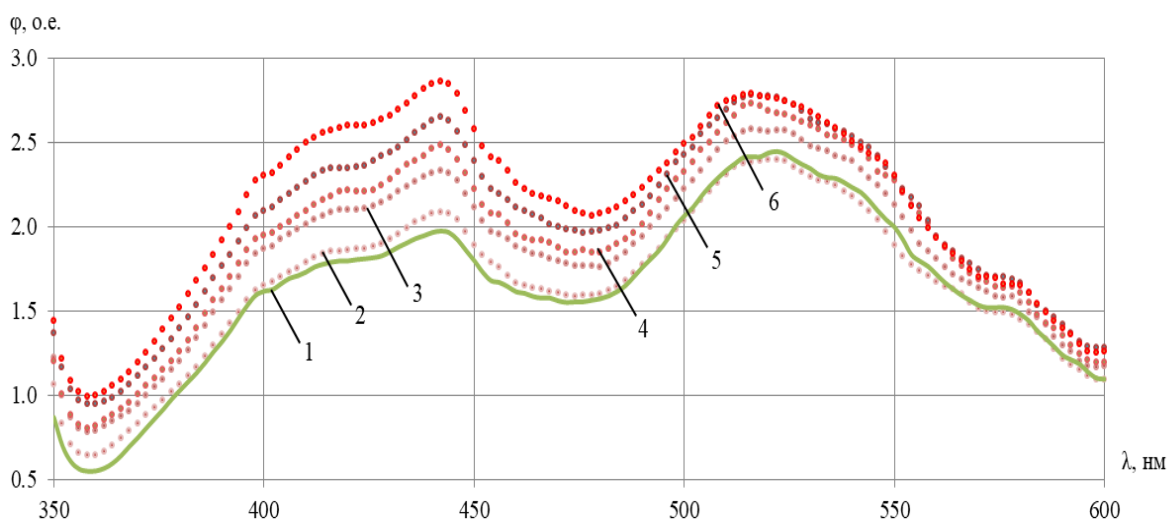


Рис. 2. Спектральные характеристики люминесценции молока при $\lambda_{\text{в}} = 324$ нм в диапазоне 350–600 нм с содержанием доксициклина: 1 – 0 мкг/см³, 2 – 0,001 мкг/см³, 3 – 0,003 мкг/см³, 4 – 0,004 мкг/см³, 5 – 0,005 мкг/см³, 6 – 0,01 мкг/см³.

Спектр люминесценции молока без доксициклина имеет несколько максимумов на длинах волн 442 нм и 520 нм с интенсивностью $\phi_{442} = 1,97$ о.е. и $\phi_{520} = 2,44$ о.е. соответственно. Наибольшее увеличение сигнала наблюдается для образца с максимальной концентрацией доксициклина 0,01 мкг/см³, тогда как минимальное содержание антибиотика 0,001 мкг/см³ вызывает незначительное увеличение интенсивности по сравнению с молоком без доксициклина.

Результаты расчетов потоков люминесценций молока представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Результаты расчетов потоков фотолюминесценции молока при $\lambda_{\text{в}} = 324$ нм в диапазоне 350-600 нм

Концентрация, мкг/см ³	Φ_{324} , о.е.	ϕ_{442} , о.е.	ϕ_{520} , о.е.	$\phi_{520} > \phi_{442}$, %
0	410 ± 5	1,97 ± 0,01	2,43 ± 0,01	23
0,001	415 ± 1	2,09 ± 0,01	2,43 ± 0,01	16
0,003	488 ± 4	2,33 ± 0,01	2,57 ± 0,01	10
0,004	495 ± 7	2,48 ± 0,01	2,69 ± 0,01	8
0,005	510 ± 4	2,65 ± 0,01	2,77 ± 0,01	5
0,010	533 ± 12	2,80 ± 0,01	2,80 ± 0,01	0

Из таблицы 1 следует, что с увеличением концентрации доксициклина от 0 до 0,010 мкг/см³ интегральный поток люминесценции $\Phi_{\text{ср}}$ возрастает с 410 о.е. до 533 о.е. Также наблюдается рост интенсивности в максимуме при 442 нм: с 1,97 о.е. до 2,80 о.е. Аналогичная тенденция характерна и для максимума при 520 нм, где значение увеличивается с 2,43 о.е. (при отсутствии антибиотика) до

2,80 о.е. (при концентрации 0,010 мкг/см³). Добавление доксициклина в молоко приводит не только к абсолютному росту интенсивности люминесценции в обоих максимумах, но и к существенной трансформации спектрального профиля — выравниванию вкладов коротковолновой (442 нм) и длинноволновой (520 нм) компонент спектра. Наиболее чувствительным параметром присутствия антибиотика является коэффициент Φ_{520}/Φ_{442} , который при увеличении концентрации доксициклина стремится к единице. Максимальная чувствительность данного показателя наблюдается в диапазоне низких концентраций: при добавлении 0,001 мкг/см³ доксициклина коэффициент снижается с 23% до 16%. При дальнейшем повышении концентрации до 0,005 мкг/см³ коэффициент снижается до 5%, а при предельно допустимом уровне 0,010 мкг/см³ достигает значения 0%, что свидетельствует о полном выравнивании интенсивностей двух спектральных максимумов.

Заключение. Остаточное количество доксициклина, попадающие в молоко после ветеринарного лечения крупного рогатого скота увеличивает интенсивность его люминесценции при длине волны возбуждения 324 нм. Полученные результаты открывают перспективы использования люминесцентной спектроскопии в качестве быстрого, чувствительного и не требующего сложной пробоподготовки метода индикации антибиотика. Внедрение таких методов позволит существенно усилить систему безопасности пищевой продукции, своевременно выявлять и изымать из оборота сырье, не соответствующее нормативным требованиям.

Снижение доли контаминированной продукции, поступающей потребителю, является важным шагом в сдерживании распространения антибиотикорезистентности среди населения и сохранении эффективности существующих антибактериальных препаратов. Комплексный подход к контролю остатков антибиотиков, сочетающий люминесцентные методы с традиционными тест-системами, обеспечит надежный барьер на пути попадания фармакологически активных веществ в готовую молочную продукцию.

Библиографический список

1. Актуальные тенденции применения антимикробных препаратов в сельском хозяйстве / Г.Н. Самарин, М.В. Беляков, Ю.О. Лящук // Отходы и ресурсы. 2023. Т. 10, № 1. DOI 10.15862/22ECOR123.
2. Современные подходы к аудиту качества и безопасности сельскохозяйственной продукции / О.Ю. Шибаршина, Ю.О. Лящук // Отходы и ресурсы. 2022. Т. 9, № 4. DOI 10.15862/08ECOR422.
3. Разработка антимикробных препаратов с применением компьютерных технологий / А.Ю. Овчинников, Ю.О. Лящук // Фундаментальные и прикладные аспекты микробиологии в науке и образовании: Материалы II международной научно-практической конференции, Рязань, 30 мая 2023 года. — Рязань: Рязанский государственный медицинский университет имени академика И.П. Павлова, 2023. С. 141-146.

4. Факторный анализ влияния сырьевых рисков на качество и безопасность молока и молочной продукции / Ю.О. Лящук, А.Б. Мартынушкин, К.А. Иванищев // Продовольственная безопасность: научное, кадровое и информационное обеспечение: Сборник научных статей и докладов VIII Международной научно-практической конференции, Воронеж, 16-18 декабря 2021 года. Воронеж: ФГБОУ ВО «Воронежский государственный университет инженерных технологий», 2022. С. 323-326.

5. Анализ спектра потенциально опасных факторов риска при производстве сельскохозяйственной продукции / Ю.О. Лящук, А.Ю. Овчинников // Поколение будущего: Взгляд молодых ученых - 2022: сборник научных статей 11-й Международной молодежной научной конференции, Курск, 10–11 ноября 2022 года. Том 5. Курск: Юго-Западный государственный университет, 2022. С. 239-241.

6. Рейтинг-анализ чувствительности факторов биориска к воздействию химических средств дезинфекции в контексте обеспечения пищевой безопасности / Ю.О. Лящук, В.С. Тетерин, Н.С. Панферов [и др.] // Аграрный научный журнал. 2023. № 7. С. 69-76. DOI 10.28983/asj.y2023i7pp69-76.

СЕКЦИЯ 3. МИКРОБИОЛОГИЯ ОКРУЖАЮЩЕЙ БИОТИЧЕСКОЙ И АБИОТИЧЕСКОЙ СРЕДЫ

МИКРООРГАНИЗМЫ ФИЛЛОСФЕРЫ ДИКОРАСТУЩИХ РАСТЕНИЙ АСТРАХАНСКОЙ ОБЛАСТИ

Алексеева А.А.

Научные руководители:

Сопрунова О.Б., профессор, доктор биологических наук

Гальперина А.Р., доцент, кандидат биологических наук
ФГБОУ ВО «Астраханский государственный технический университет»,
г. Астрахань, Россия

Введение. Каждый растительный орган представляет собой уникальную среду обитания для различных популяций микроорганизмов, способных к размножению и взаимодействию в рамках микробных сообществ. Особое значение имеет филлосфера – воздушная часть растения, расположенная вне почвы [1].

Исследование микроорганизмов филлосферы дикорастущих растений представляет собой важную область биологии и экологии. Растительные поверхности служат средой обитания множества микроорганизмов, играющих ключевую роль в здоровье растений, устойчивости экосистем и круговороте веществ в природе [2].

Для Астраханской области изучение микроорганизмов филлосферы особенно актуально ввиду уникальных природных условий региона (засушливый климат, специфический состав почв и флоры), что сказывается не только на формировании адаптационных механизмов микроорганизмов, но и на выделении фосфатмобилизирующих микроорганизмов из филлосферы дикорастущих растений Астраханской области.

Для достижения данной цели поставлены следующие задачи:

1. Выделить чистые культуры микроорганизмов из отобранных образцов филлосферы растений;
2. Оценить способность выделенных изолятов микроорганизмов к мобилизации соединений неорганического и органического фосфора.

Материалы и методы. Объектами для проведения исследования служили микроорганизмы, выделенные из филлосферы 4 образцов дикорастущих растений: солянка содоносная (*Salsola soda*), сведа солончаковая (*Suaeda salsa*), сарсазан шишковатый (*Halocnemum strobilaceum*) и солерос европейский (*Salicornia europaea*).

Образцы надземной части дикорастущих растений отбирали асептически стерильными ножницами и помещали в стерильные крафтовые пакеты. После доставки образцов в исследовательскую лабораторию растения измельчали стерильными ножницами. Для выделения фосфатмобилизирующих микроорганизмов (ФМО) методом постановки накопительных культур измельченные образцы вносили в жидкую среду Герретсена стандартного

состава и имитирующую сульфатно-хлоридное засоление (с концентрацией 0,4% равной смеси NaCl и Na₂SO₄).

В результате в трех из четырех накопительных культурах (НК) отметили изменение цвета на коричневый, что вероятно связано со способностью мобилизации фосфатов микроорганизмами, осуществляемой через выделение органических кислот и приводящим к потемнению среды Герретсена.

Для выделения микроорганизмов из НК применяли метод глубинного посева на среду NBRIP с индикатором (бромфеноловый синий) стандартного состава и имитирующую сульфатно-хлоридное засоление (0,4%). Отбор колоний выросший на средах для получения изолятов ФМО осуществляли по способности образовывать зону просветления вокруг колонии (зона растворения фосфатов) и понижать pH среды (изменение цвета среды с фиолетового на желтый).

Далее культивирование микроорганизмов проводили на среде NBRIP без индикатора, стандартного состава и имитирующую сульфатно-хлоридное засоление (0,4%). Для культивируемых *in vitro* изолятов ФМО проведено исследование физиолого-биохимических свойств: определение оксидазной и каталазной активности [3].

У выделенных изолятов оценивали фосфатмобилизующую активность по их способности к мобилизации неорганических и органических фосфатов. Исследование проводили согласно методике С. В. Пуропена [4]. Изоляты изучаемых бактерий засеивали уколом на поверхность твердой среды Муромцева и среда Менкиной. Посевы инкубировали 7 сут при температуре 30°C. По диаметру зон просветления вокруг колоний судили о способности изучаемых изолятов мобилизовать неорганические и органические соединения фосфора, по наличию или отсутствию зоны просветления вокруг колоний.

Активность фосфатмобилизации оценивали по величине коэффициента удельной фосфатрастворяющей активности штаммов (Kr). Расчет осуществлялся путем определения отношения радиуса зоны растворения фосфатов к радиусу выросших колоний. Значения Kr до 0,49 соответствуют низкой степени активности, 0,5-1,49 – средней, а 1,5 и выше – высокой фосфатрастворяющей способности [5-6].

Результаты и обсуждение. В результате проведенных исследований из проб филлосферы растений выделено 6 изолятов на стандартной среде и 5 изолятов на среде с сульфатно-хлоридным засолением. В ходе микроскопирования исследуемых изолятов, выделенных со стандартной среды, обнаружены грамположительные спорообразующие (50%) и неспорообразующие (20%) палочки, грамтрицательные неспорообразующие палочки (30%) (табл. 1).

Таблица 1 – Результаты исследования культурально-морфологических свойств изолятов, выделенных со стандартной среды

Изолят	Культурально-морфологические признаки	Растение-источник
2/25	Г + неспорообразующие палочки, $0,1 \pm 0,05$ мкм	Солерос европейский
3/25	Г - спорообразующие палочки, $0,1 \pm 0,05$ мкм	Сарсазан шишковатый
4/25	Г + спорообразующие палочки, $0,1 \pm 0,05$ мкм	Сарсазан шишковатый
5/25	Г+ спорообразующие палочки, $0,2 \pm 0,1$ мкм	Сведа солончаковая
6/25	Г- неспорообразующие палочки, $0,2 \pm 0,05$ мкм	Солянка содоносная
7/25	Г- неспорообразующие палочки, $0,3 \pm 0,1$ мкм	Солянка содоносная

Примечание: Г+ (грамположительные); Г- (грамотрицательные)

Изоляты, выделенные со среды с сульфатно-хлоридным засолением, представлены грамположительными спорообразующими (40%) и неспорообразующими (20%) палочками, грамотрицательными неспорообразующими палочками (20%) и дрожжевыми культурами (20%) (табл. 2).

Таблица 2 – Результаты исследования культурально-морфологических свойств изолятов, выделенных среды с имитацией засоления

Изолят	Культурально-морфологические свойства	Растение – источник
1/25	Г- неспорообразующие палочки, $0,2 \pm 0,1$ мкм	Солерос европейский
8/25	Яйцевидные клетки дрожжей, $0,5 \pm 0,2$ мкм	Сведа солончаковая
9/25	Г+ спорообразующие палочки, $0,1 \pm 0,05$ мкм	Сарсазан шишковатый
10/25	Г+ спорообразующие палочки, $0,2 \pm 0,1$ мкм	Сарсазан шишковатый
11/25	Г+ неспорообразующие палочки, $0,3 \pm 0,1$ мкм	Солерос европейский

Примечание: Г+ (грамположительные); Г- (грамотрицательные)

Все изоляты по результатам тестирования оказались отрицательными на наличие каталазы. Наличие оксидазы выявлено только у 2-х изолятов: 5/25 и 6/25, что свидетельствует о наличии у них фермента цитохром с оксидаза.

Способность мобилизации неорганического фосфора проявили активность 4 изолята: 1/25, 6/25, 7/25 и 11/25. Установлено, что изолят 11/25 обладает низкой степенью активности, изолят 7/25 – средней, а изоляты 1/25 и 6/25 демонстрируют высокую активность (рис. 1).

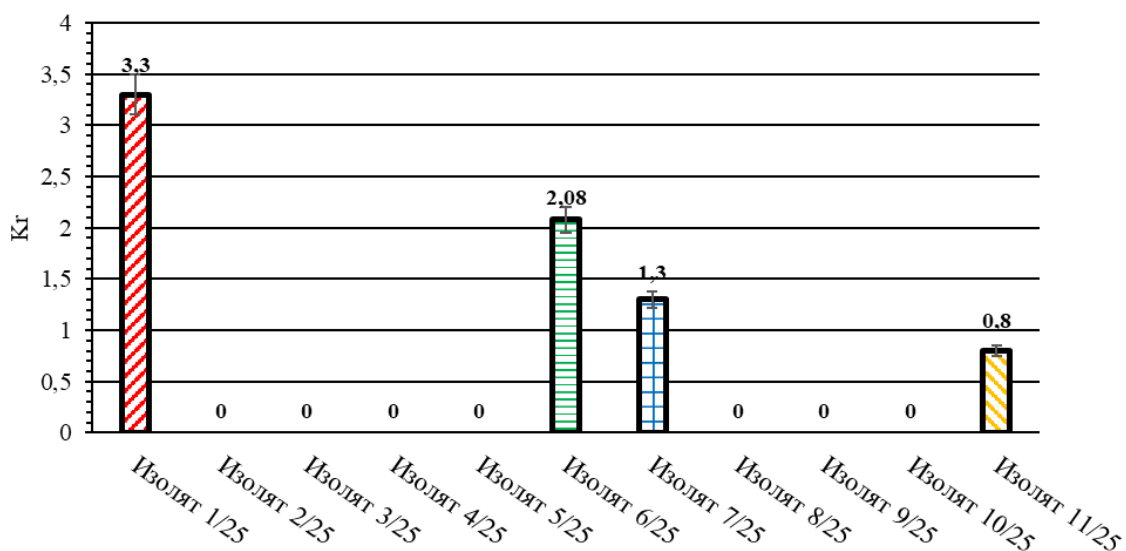


Рис. 1. Способность изолятов мобилизовать неорганический фосфор

Способность мобилизовать органический фосфор установлена для 5 изолятов: 1/25, 6/25, 7/25, 8/25 и 11/25. Среди них изоляты 7/25 характеризуется низкой активностью, изоляты 1/25, 6/25 и 7/25 – средней, а изолят 11/25 – высокой активностью (рис. 2).

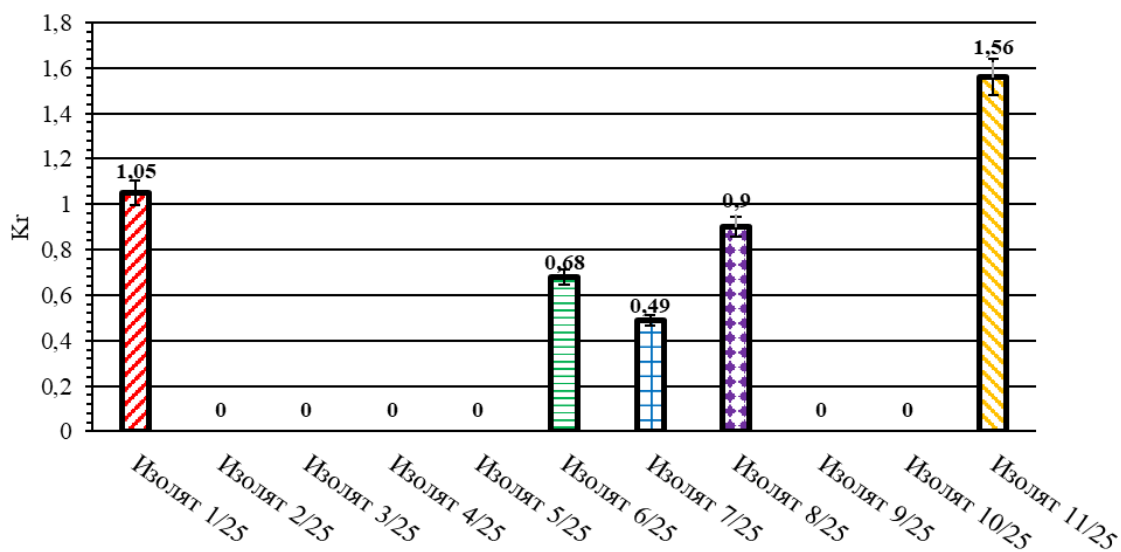


Рис. 2. Способность изолятов мобилизовать органический фосфор

Заключение. В результате исследования из филлосферы галофильных растений выделено 11 изолятов, отличающихся по (морфологические, фенотипические, тинкториальные свойства, способность к спорообразованию) признакам. Все изоляты каталазоотрицательные, два изолята (5/25, 6/25) оксидазоположительные. Фосфатмобилизующую активность проявили изоляты 1/25, 6/25, 7/25, 8/25 и 11/25, из которых 1/25, 6/25, 7/25 и 11/25 обладают способностью мобилизовать как неорганический, так и органический

фосфор, что свидетельствует о потенциале обеспечения растений доступным источником этого элемента. Таким образом в результате исследований установлено, что 11 изолятов, культивируемых *in vitro*, обладают способностью к мобилизации соединений фосфора и в дальнейшем их можно использовать для создания экологичных биоудобрений.

Библиографический список

1. Эндوفитные бактерии, населяющие семена пшеницы, перспективные продуценты микробных препаратов для сельского хозяйства / А. В. Щербакова, А. Н. Заплаткин, В. К.. Чеботарь // Достижения науки и техники АПК: Материалы научно-методической конференции. Урал, 2013. № 7. С. 35-38.
2. Растительный микробиом: происхождение, состав и функции / Г. Ш. Галиева, П. Ю. Галицкая, С. Ю. Селивановская // Ученые записки Казанского университета. Серия Естественные науки. Казань, 2023. С. 231-262.
3. МР 2.3.2.2327-08. Методические рекомендации по организации производственного микробиологического контроля на предприятиях молочной промышленности (с атласом значимых микроорганизмов): издание официальное: принят Главный государственный санитарный врач Российской Федерации Г.Г. Онищенко: дата введения 2008-02-07 / разработан ГНУ ВНИИМС Россельхозакадемии, ФГУН ЦНИИ эпидемиологии, ОАО «Вимм-Билль-Данн», при организационном и техническом содействии Российского союза предприятий молочной отрасли. 2008.
4. Выделение активных культур фосфатмобилизующих микроорганизмов из ризосферы / С.В. Пуронен, А.М. Жусупова, О.А. Тен // Биотехнология. Теория и практика. 2012. №3. С. 77-82.
5. Практикум по микробиологии: учебное пособие для студентов высших учебных заведений / А.И. Нетрусов, М.А. Егорова, Н.Н. Колотилова и др. М. : Издательский центр «Академия», 2005. 608 с.
6. Первичная оценка нововыделенных штаммов фосфатмобилизующих бактерий / М.И. Баранская, Л.А. Чайковская // Таврический вестник аграрной науки: Материалы научно-методической конференции. 2021. № 1 (25). С. 28-37.

ВЛИЯНИЕ СПОСОБОВ ПРЕДПОСЕВНОЙ ОБРАБОТКИ НА ВСХОЖЕСТЬ СЕМЯН ГОРЧИЦЫ

Гапизова Д.М., Липова И.Ю.

Научный руководитель:

Гальперина А.Р., доцент, кандидат биологических наук
ФГБОУ ВО «Астраханский государственный технический университет»,
г. Астрахань, Россия

Введение. Всхожесть семян – это переход от покоя к активной жизни, когда зародыш начинает расти и формируется проросток. Этот процесс требует наличия влаги, кислорода и оптимальной температуры. При недостатке

кислорода могут накапливаться вредные вещества. Температура влияет на обмен веществ и соотношение регуляторов роста.

Минеральные удобрения, позволяя значительно увеличить продуктивность сельскохозяйственных культур, при многолетнем использовании оказывают неблагоприятное воздействие на почву и экологию в целом [3].

Ризосфера является важнейшим звеном в круговороте биогенных элементов, участвует в процессах минерализации органического вещества, трансформации азота, фосфора и серы. Кроме того, ризосфера играет значительную роль в формировании структуры почвы, её плодородия и устойчивости агроэкосистем [5].

В современных условиях развития сельского хозяйства особую актуальность приобретает поиск эффективных и экологически безопасных методов повышения всхожести семян и стимуляции роста растений. Одним из перспективных направлений является использование бактериальных штаммов, способных стимулировать рост и развитие растений.

Целью исследования является изучение влияния бактериальных штаммов на всхожесть и рост семян горчицы жёлтой при различных методах обработки.

Материалы и методы. Объектами исследования служили 9 бактериальных изолятов, выделенных из ризосферы культурных и дикорастущих растений аридных экосистем Астраханской области. Данные штаммы хранятся в коллекции кафедры «Прикладная биология и микробиология» ФГБОУ ВО «Астраханский государственный технический университет».

Для экспериментальных исследований использовали семена горчицы жёлтой (*Brassica juncea*). Горчица выбрана в качестве тест-объекта как культура, чувствительная к биостимуляторам и широко используемая в качестве сидерата.

Культурально-морфологические и тинкториальные признаки штаммов изучали стандартными микробиологическими методами: поверхностный посев на среду NBRIP, окраска по Граму, световая микроскопия с иммерсионной системой [2].

Семена горчицы стерилизовали последовательно 0,05% раствором хлоргексидина (15 мин) и 3% перекисью водорода (15 мин) с последующей промывкой стерильной дистиллированной водой. Для каждого штамма готовили бактериальную суспензию с плотностью клеток 10^6 кл/мл (подсчёт по методу Виноградского-Брида).

В эксперименте использовали 2 варианта обработки семян бактериальной суспензией:

1. Замачивание семян суспензии на 20 минут.
2. Полив семян во влажных камерах по 7 мл бактериальной суспензией.

Простерилизованные набухшие семена замачивали в суспензии ризосферных бактерий и далее раскладывали во влажные камеры по 20 штук. Затем поливали 7 мл стерильной водопроводной водой. Другую часть семян

раскладывали во влажные камеры также по 20 штук и поливали бактериальной суспензией. Контрольный вариант поливали стерильной водой [4]. Опыт проводили в четырех повторностях

Влажные камеры культивировали в люминостате, 7 суток. По окончании культивирования оценивали показатели всхожести семян в соответствии со стандартами ГОСТ 52325-2005 и морфометрические показатели проростков семян [1].

Данные обрабатывали с использованием двухвыборочного t-критерия Стьюдента для независимых выборок (Microsoft Excel). Различия считали достоверными при $p \leq 0,05$.

Результаты и обсуждение. По результатам микроскопического исследования установлено, что штаммы 16/19, 19/20, 20/20, 30/20, 37/23, 38/23, 40/23 представляют собой грамтрицательные неспорообразующие палочки размером $1,8-2,5 \times 0,5-0,7$ мкм, что соответствует характеристикам рода *Enterobacter*. Штамм 54/23 идентифицирован как грамположительная спорообразующая палочка ($2,1 \times 0,6$ мкм), образующая пигментированные светло-оранжевые колонии с лопастным краем и слизистой консистенцией, что характерно для рода *Bacillus*. Штамм 4/19 также отнесён к грамположительным спорообразующим палочкам.

Влияние бактериальных суспензий на всхожесть семян горчицы представлено на рисунке 1.

В контроле всхожесть составила 96,25%, что соответствует требованиям ГОСТ 52325-2005 (норма $\geq 90\%$). Штаммы 20/20 (97,5%) и 40/23 (98,75%) показали незначительное увеличение всхожести относительно контроля. Остальные штаммы вызвали умеренное снижение всхожести в диапазоне 87,5-93,75%. Наиболее выраженный ингибирующий эффект зафиксирован у штамма 30/20 (87,5%), что может свидетельствовать о его слабой фитотоксичности на стадии прорастания.

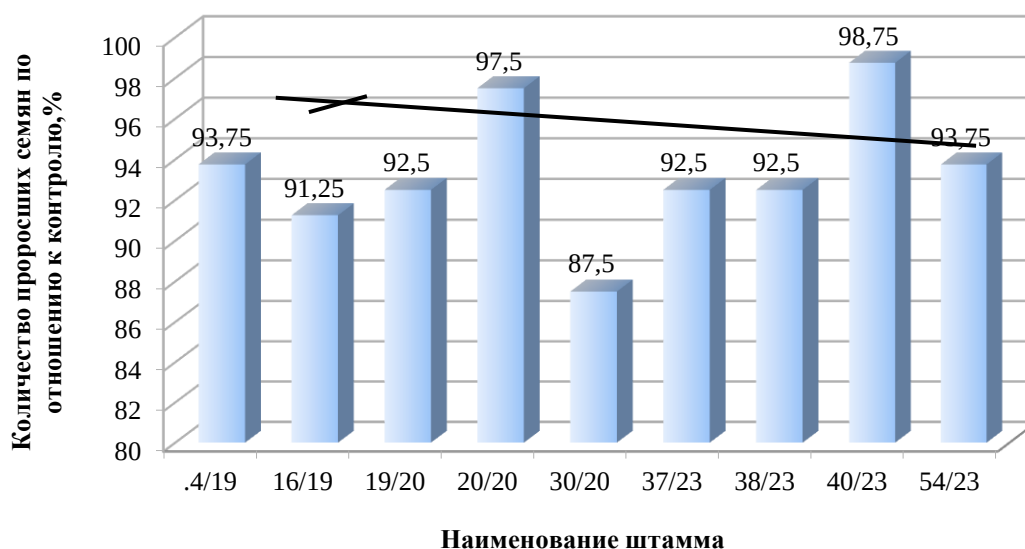


Рис. 1. Лабораторная всхожесть семян горчицы желтой (*Brassica juncea*) в эксперименте

Среди всех изученных изолятов наиболее контрастные и при этом перспективные результаты по влиянию на рост проростков показали три штамма рода *Enterobacter* – 16/19, 37/23 и 40/23. Для них был проведён углублённый анализ морфометрических показателей (длины корня и стебля) в зависимости от способа обработки семян (замачивание или полив). Результаты представлены на рисунках 2 и 3.

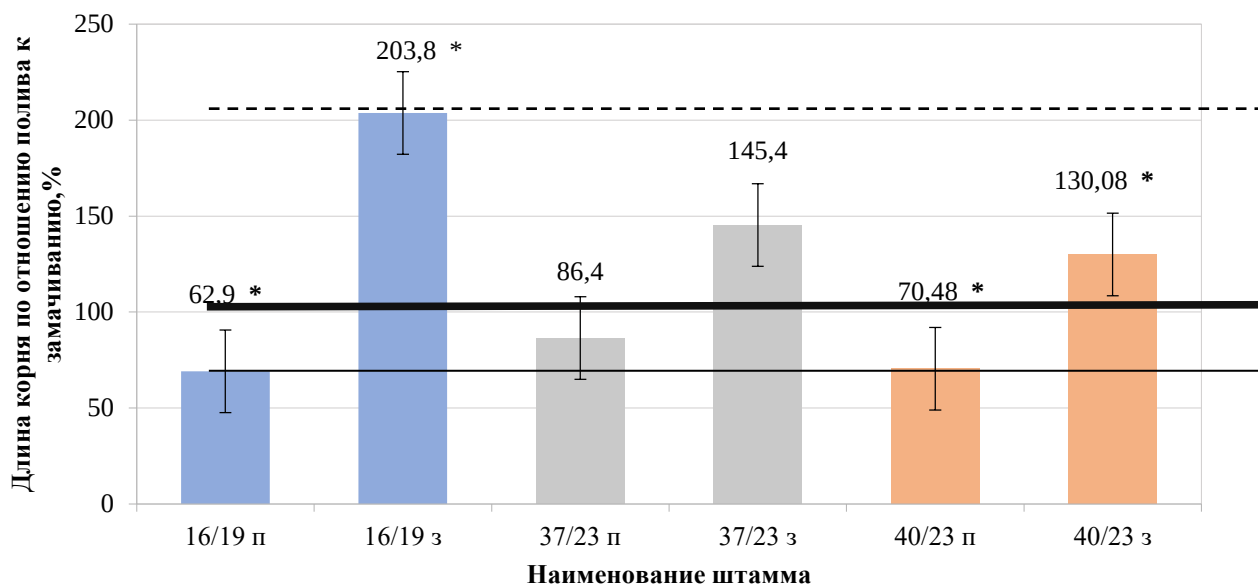


Рис. 2. Длина корня: полив и замачивание

Примечание: П – полив, З – замачивание; контроль принят за 100%;

* – достоверное отличие при $p \leq 0,05$

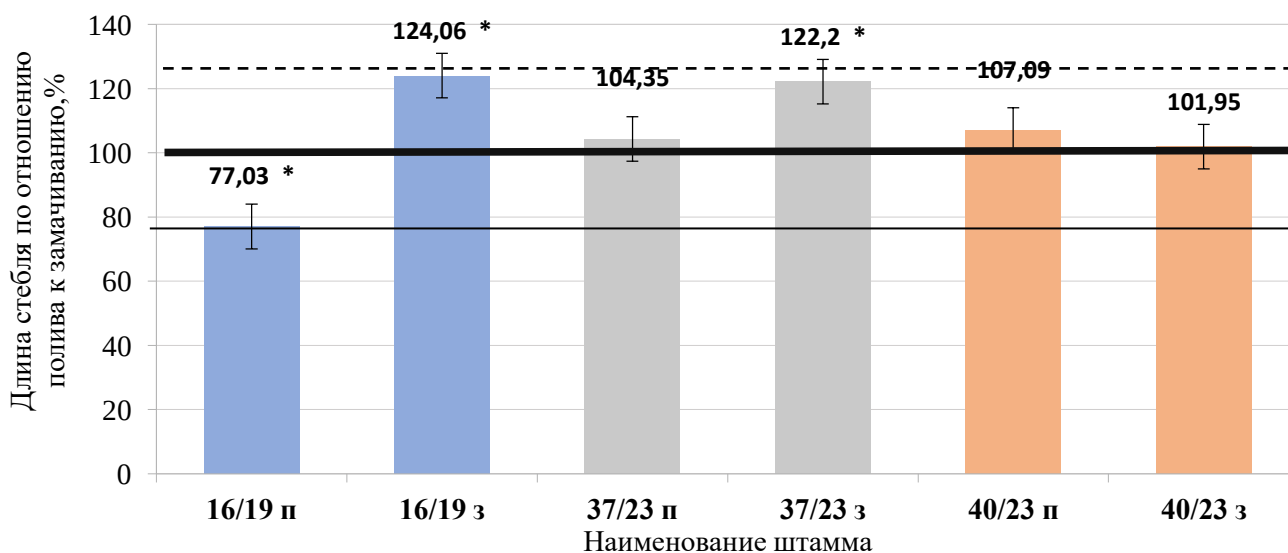


Рис. 3. Длина стебля: полив и замачивание

Длина корня при поливе составила: 16/19 – 69,12% от контроля, 37/23 – 86,4%, 40/23 – 70,48%. При замачивании: 16/19 – 203%, 37/23 – 145,4%, 40/23 – 130,08%.

Метод замачивания оказал более благоприятное воздействие на рост корней, превышая контроль на 103% (16/19), 45,4% (37/23) и 30,08% (40/23). Таким образом, замачивание семян значительно эффективнее полива для развития корневой системы.

Длина стебля при поливе: 16/19 – 77,03%, 37/23 – 104,35%, 40/23 – 107,09%. При замачивании: 16/19 – 124,06%, 37/23 – 122,2%, 40/23 – 101,95%.

Угнетающее воздействие на рост стебля показал только штамм 16/19 при поливе (77,03% от контроля). Все остальные варианты обработки стимулировали развитие стебля (прирост от 1,95% до 24,06%).

Заключение. Все три исследованных штамма (16/19, 37/23, 40/23) идентифицированы как грамотрицательные палочки рода *Enterobacter*. Наибольшую эффективность показал штамм 40/23 при замачивании: всхожесть семян достигла 98,75%, отмечена стимуляция роста как корня, так и стебля. Замачивание семян оказалось значительно эффективнее полива для развития корней (прирост до 103% у штамма 16/19). Штамм 16/19 при поливе угнетал всхожесть и рост, но при замачивании давал максимальную стимуляцию корня (203%). Рекомендуемый способ применения в агрономической практике – замачивание семян в суспензии штамма 40/23. Оба штамма – 40/23 (как стабильный стимулятор) и 16/19 (как мощный индуктор корнеобразования) – заслуживают углублённого изучения с перспективой создания биопрепаратов для органического земледелия.

Библиографический список

1. ГОСТ 52325-2005. Семена сельскохозяйственных культур. Сортовые и посевные качества. Общие технические условия. М.: Стандартинформ, 2005. 20 с.
2. Нетрусов А.И., Котова И.Б. Микробиология: учебник. М.: Академия, 2012. 384 с.
3. Лукин С.М., Марчук Е.В. Влияние биопрепаратов ассоциативных азотфиксирующих микроорганизмов на урожайность сельскохозяйственных культур // Достижения науки и техники АПК. 2011. № 8. С. 18-21.
4. Щербаков А.В. Эндوفитные бактерии, населяющие семена пшеницы... // Достижения науки и техники АПК. 2013. № 7. С. 35-38.
5. Paul E.A. Soil Microbiology, Ecology and Biochemistry. Academic Press, 2014. 582 p.

СКРИНИНГ МИКРОМИЦЕТОВ-ВОЗБУДИТЕЛЕЙ БОЛЕЗНЕЙ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ РАСТЕНИЙ В АСТРАХАНСКОЙ ОБЛАСТИ

Еремева С.В., доцент, кандидат биологических наук

Якимец М.В.

Сопрунова О.Б., профессор, доктор биологических наук

ФГБОУ ВО «Астраханский государственный технический университет»,
г. Астрахань, Россия

Введение. Фитопатогенные грибы имеют наибольшее экономическое значение, так как являясь возбудителями болезней растений, наносят вред сельскохозяйственным культурам, поражая все части живых растений (плоды, семена, листья, корни). Факторами, способствующими развитию возбудителей болезней сельскохозяйственных культур, возделываемых в Астраханской области, являются засушливый аридный климат, низкое содержание питательных элементов в почве, заражённость семян спорами грибов, орошаемое земледелие с применением удобрений и химических средств защиты растений. Потери урожая сельскохозяйственных культур от грибных болезней в Астраханской области в различные годы варьируют от 5 до 50% [1].

Среди патогенов сельскохозяйственных растений имеются сведения минимум о девяти видах *Alternaria*, восьми видах *Fusarium*, четырех видах *Cladosporium*. В Астраханской области страдают овощебахчевые и плодовые культуры от альтернариоза – томат и картофель, лук и огурцы, фузариоза – тыквенные культуры, капуста, томаты [1].

Целью исследований являлось выявление в микобиоте флоросферы сельскохозяйственных растений, выращиваемых в Астраханской области, потенциальных возбудителей болезней растений (на примере пасленовых и тыквенных растений).

Материалы и методы. Для выделения микромицетов отбирали листья сельскохозяйственных растений семейств Пасленовые (*Solanaceae*) – перец, томат, баклажан и Тыквенные (*Cucurbitaceae*) – огурец, патиссон, кабачок и выделенные с них изоляты микромицетов.

Изоляты микромицетов в чистую культуру и фитоксичность выявляли на картофельно-глюкозном агаре (КГА) [5].

Идентификацию микроскопических грибов на основе фенотипических (культуральных и морфологических признаков) с определением до рода проводили, используя описания и рекомендации Ф.Б. Ганнибал [2, 3], Д. Саттон [6], Н.Е. Иванушкиной [4], К. Bensch [7]. Молекулярно-генетическую идентификацию проводили в ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт сельскохозяйственной биотехнологии» (г. Москва) и ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт сельскохозяйственной микробиологии» (г. Санкт-Петербург).

Результаты и обсуждение. В результате исследований обнаружены от 7 до 19 видов микромицетов. Всего с листьев сельскохозяйственных растений семейств *Solanaceae* и *Cucurbitaceae* выделено 98 изолятов микромицетов. Наиболее часто на листьях растений обоих семейств встречались

фитопатогенные грибы родов *Alternaria* и *Cladosporium*, отдельные виды *Fusarium* выделялись с относительно низкой встречаемостью. Кроме фитопатогенов присутствовали и представители сапротрофных видов: *Acremonium* sp., *Aspergillus terreus*, *Aspergillus niger*, *Aureobasidium* sp., *Mucor* sp., *Penicillium* sp., *Trichoderma* sp. (табл. 1).

Таблица 1 – Встречаемость микромицетов на растениях семейств *Solanaceae* и *Cucurbitaceae*

Листья	
Solanaceae	Cucurbitaceae
доминирующие (частота встречаемости>60%)	
<i>Cladosporium</i>	<i>Alternaria</i> , <i>Aspergillus</i> , <i>Aureobasidium</i> , <i>Cladosporium</i>
частые (частота встречаемости=30–60%)	
<i>Alternaria</i> , <i>Aureobasidium</i> , <i>Penicillium</i>	<i>Penicillium</i>
редкие (ЧВ = 10–30%)	
<i>Aspergillus</i>	<i>Acremonium</i> , <i>Trichoderma</i>
случайные (частота встречаемости<10%)	
<i>Acremonium</i> , <i>Fusarium</i> , <i>Mucor</i>	<i>Fusarium</i> , <i>Mucor</i>

По количеству изолятов, проявивших фитоксичность в отношении семян редиса, можно установить следующую последовательность: *Cladosporium* (25%) > *Alternaria* (22%) > *Fusarium* (18%).

В результате молекулярно-генетической идентификации на основании амплификации ДНК с праймерами ITS1/ITS4 изучаемые изоляты отнесены к представителям родов *Alternaria*, *Cladosporium* и *Fusarium* (по 2 вида), *Didymella* (1 вид).

Заключение. В период 2023-2025 гг. проведено выделение микроскопических грибов с листьев сельскохозяйственных растений Астраханской области, выявление их таксономического состава и степени поражения ими культивируемых растений семейств *Solanaceae* и *Cucurbitaceae*. В ходе изучения микобиоты сельскохозяйственных растений Астраханской области выделено 98 изолятов, среди которых известные возбудители заболеваний сельскохозяйственных растений. При этом, четкого доминирования какого-либо одного возбудителя на одном растении не обнаружили, присутствовали несколько фитопатогенов, что может приводить к возникновению нетипичных проявлений инфекции и трудностям ее идентификации в полевых условиях.

Работа выполнена в рамках государственного задания ФГБОУ ВО «Астраханский государственный технический университет», тема: «Разработка новых экобиотехнологий –

Библиографический список

1. Байрамбеков Ш.Б., Корнева О.Г., Полякова Е.В. Основные болезни овощебахчевых культур в Нижнем Поволжье // Защита и карантин растений. 2013. №. 8. С. 46-49.
2. Ганнибал Ф.Б. Мониторинг альтернариозов сельскохозяйственных культур и идентификация грибов рода *Alternaria*. Методическое пособие. СПб.: ВИЗР, 2011. 71 с.
3. Ганнибал Ф.Б., Орина А.С. Электронный ключ для идентификации грибов рода *Alternaria*, распространенных в России // Микология и фитопатология, 2022, Т. 56, №6. С. 431-440.
4. Иванушкина Н.Е. Современные подходы к систематике рода *Cladosporium* s. lat. // Микология и фитопатология. 2013. Т. 47 (6). С. 349-357.
5. Кураков А.В. Методы выделения и характеристики комплексов микроскопических грибов наземных экосистем // М.: Макс Пресс. 2001. С. 1-91.
6. Саттон Д., Фотергилл А., Ринальди М. Определитель патогенных и условно-патогенных грибов. М.: Мир, 2001. 486 с.
7. Bensch K., Groenewald J.Z., Braun U., Dijksterhuis J., de Jesús Yáñez-Morales M., Crous P.W. Common but different: The expanding realm of *Cladosporium*. Stud Mycol. 2015 Sep; 82:23-74. doi: 10.1016/j.simyco.2015.10.001. Epub 2015 Nov 18.

ДЕЙСТВИЕ НЕКОТОРЫХ ЗАГРЯЗНИТЕЛЕЙ НА СОСТАВ И АКТИВНОСТЬ МИКРОФЛОРЫ ГОРОДСКИХ ПОЧВ

Зайнитдинова Л.И., профессор, доктор биологических наук

Жураева Р.Н., кандидат биологических наук

Косимов Д.И., кандидат биологических наук

Эргашев Р.Б.

Институт микробиологии Академии наук Республики Узбекистан,
г. Ташкент, Узбекистан

Введение. Микрофлора урбаноземов и сельскохозяйственных почв постоянно подвергается антропогенному воздействию, в результате чего преимущественно находится в дисбиотическом состоянии, в чем и заключается отличие от микробиоценозов природных зон [2].

Городские почвы также имеют отличные от природных физико-химические характеристики, такие как повышенные уровни рН, повышенная уплотненность, нарушение структуры, снижение аэрации и проницаемости слоев для воды, а также загрязнения различной природы. Подобные условия являются основополагающими при формировании микробного профиля. А высокая чувствительность отдельных представителей почвенного микробиома

к загрязнителям может использоваться как индикация и применяться для мониторинга состояния городских почв [4, 6].

К наиболее широко применяемым ксенобиотикам можно отнести пестициды и гербициды. Их использование для повышения урожайности сельскохозяйственных культур неизбежно приводит к изменению микробного консорциума почв агропромышленного комплекса. Однако, влияние данных веществ на микроорганизмы неоднозначно и неоднородно. Например, циперметрин может способствовать размножению таких представителей почвенной биоты, как *Bacillus*, *Proteus*, *Corynebacterium*, *Streptomyces*, *Fusarium*, *Trichoderma* или *Rhizopus*. Одновременно с этим происходит подавление численности некоторых других микроорганизмов – *Pseudomonas*, *Serratia*, *Staphylococcus*, *Nocardia*, *Micromonospora* и *Aspergillus* [1].

Сообщается, что в отличие от циперметрина, относящегося к инсектецидам, применение гербицидов не оказывает существенного влияния на численность таких бактерий, как *Bacillus*, *Bradyrhizobium*, *Burkholderia-Caballeronia-Paraburkholderia*, *Candidatus_Solibacter*, *Flavobacterium*, *Nitrospira*, *Pseudomonas*, *Streptacidiphilus* и бактерий рода *Streptomyces*. Но применение некоторых из гербицидов способствовало увеличению числа бактерий, принадлежащих к *Actinobacteria* и *Sphingomonas*. Согласно исследованиям Peter et al. [7], показано, что устойчивые к гербицидам микроорганизмы синтезируют индол-уксусную кислоту, экзополисахариды, сидерофоры, аминокислоты и др., которые способствуют детоксикации гербицидов [3, 5].

Материалы и методы. Образцы почвы отбирались на территории г. Ташкент методом «конверта», с последующим усреднением и просеиванием через сито из нержавеющей стали с диаметром пор 2 мм.

Влажность измеряли термостатно-весовым методом.

Для выявления микроорганизмов использовались элективные и селективные питательные среды: мясо-пептонный агар, мясо-пептонный бульон, среда Сабуро, крахмало-аммиачный агар, среда Гильтая, среда Эшби и среда Эндо.

Посев проводили методом предельных десятикратных разведений с последующим высевом аликвот на питательные среды.

Инкубацию проводили при температуре +30 и +37⁰С в термостате, количественный учет колоний на чашках Петри проводили методом прямого подсчета, на жидких и полужидких средах – с помощью таблицы МакКреди.

Результаты и обсуждение. С целью выявления индикаторных форм микроорганизмов, преобладающих в присутствии различных загрязнителей исследованы 3 образца почв в г. Ташкент: 1. Почвы, имеющие различную степень антропогенной нагрузки 2. Почвы, искусственно загрязненные пестицидами (циперметрин), 2. Почвы, искусственно загрязненные гербицидом А-стомп (пендиметалин).

Для подготовки всех образцов пробы отбирались на участке, расположенном в центре г. Ташкент. Образцы почв отбирались с глубины около 0-15 см. Предварительно образцы почвы просеивали через сито из

нержавеющей стали диаметром 2 мм и определяли влажность в лабораторных условиях. Затем данные пробы искусственно загрязняли в одном случае пестицидом (циперметрин), в другом гербицидом (а-стомп) в промышленных концентрациях. Физико-химическая характеристика пробы №1 представлена в таблице 1.

Таблица 1 – Физико-химическая характеристика образцов почвы (мг/кг)

Гумус	NO ₃ ⁻ -N	NH ₄ ⁺ -N	P ₂ O ₅	K ₂ O	Cl ⁻	SO ₄ ²⁻⁻	pH	Влажность
0,9	12,3	2,4	21,1	192,1	120,8	199,2	7,02	13,6

Пробы №2 и 3 имели аналогичный состав, отличались присутствием ксенобиотиков: проба №2 – циперметрин, проба №3 – пендиметалин.

Из подготовленных почвенных образцов был произведен посев на основные элективные питательные среды. Результаты микробиологического анализа представлены в таблице 2.

Таблица 2 – Микробиологический анализ образцов выбранных участков

№ пробы	Влажность, %	Наименование среды						
		МПА	МПБ	Сабуро	Гильтая	КАА	Эшби	Эндо
1	17,0	6,25x10 ⁶	2,5x10 ⁵	2,0x10 ³	2,0x10 ²	7,8x10 ⁵	5,4x10 ⁵	-
2	17,9	1,45x10 ³	6,0x10 ²	1,0x10 ²	-	1,2x10 ¹	8,5x10 ²	-
3	16,8	2,32x10 ⁴	2,5x10 ³	2,0x10 ³	1,2x10 ²	1,3x10 ³	4,3x10 ³	-

Проведенный анализ показал снижение всех выявленных групп микроорганизмов в искусственно загрязненных почвах. Особенно сильное снижение микробного разнообразия выявлено при использовании пестицида циперметрин.

Из пробы № 1 были отобраны 9 изолятов на среде МПА, показавшие наиболее активный рост (рис. 1).

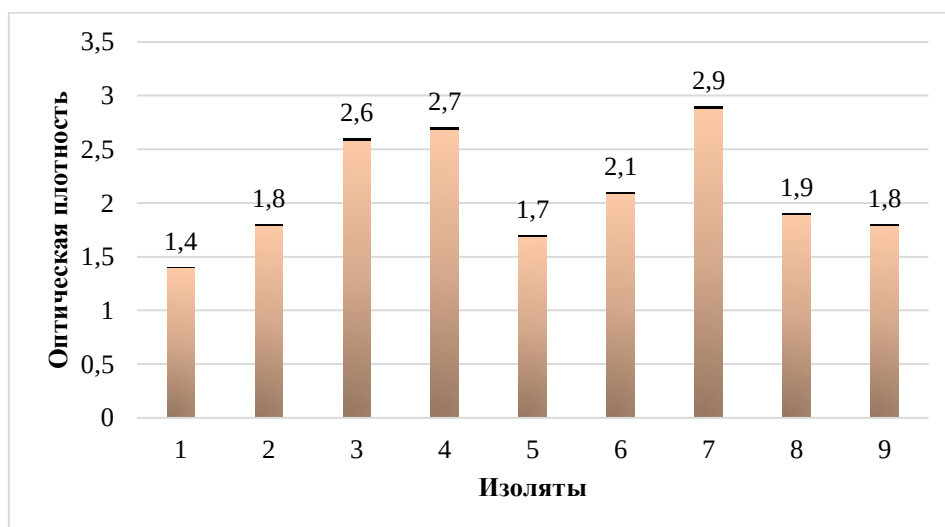


Рис. 1. Рост выделенных микроорганизмов на среде МПА (96 часов)

Далее были проведены эксперименты по выделению устойчивых к использованным ксенобиотикам изолятов. Из пробы 2 было выделено 7 изолятов, наибольшую способность роста в присутствии циперметрина проявили изоляты 10, 13 и 14 (рис. 2).

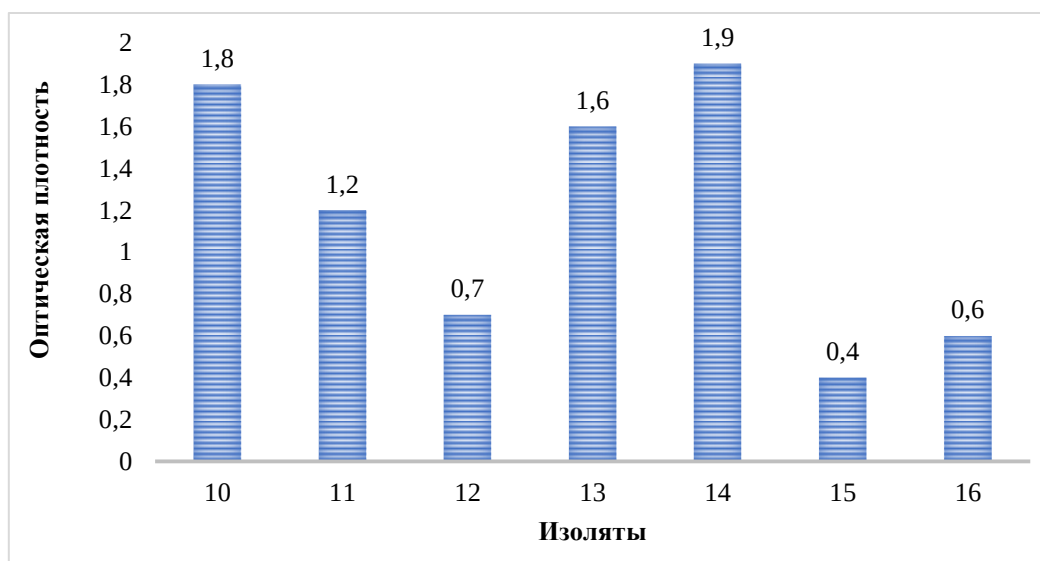


Рис. 2. Рост выделенных микроорганизмов в средах, с пестицидом циперметрин (96 часов)

Из пробы 3 было выделено 9 изолятов, из них 2 обладающих высокой устойчивостью к гербициду, это изоляты 19 и 20 (рис. 3).

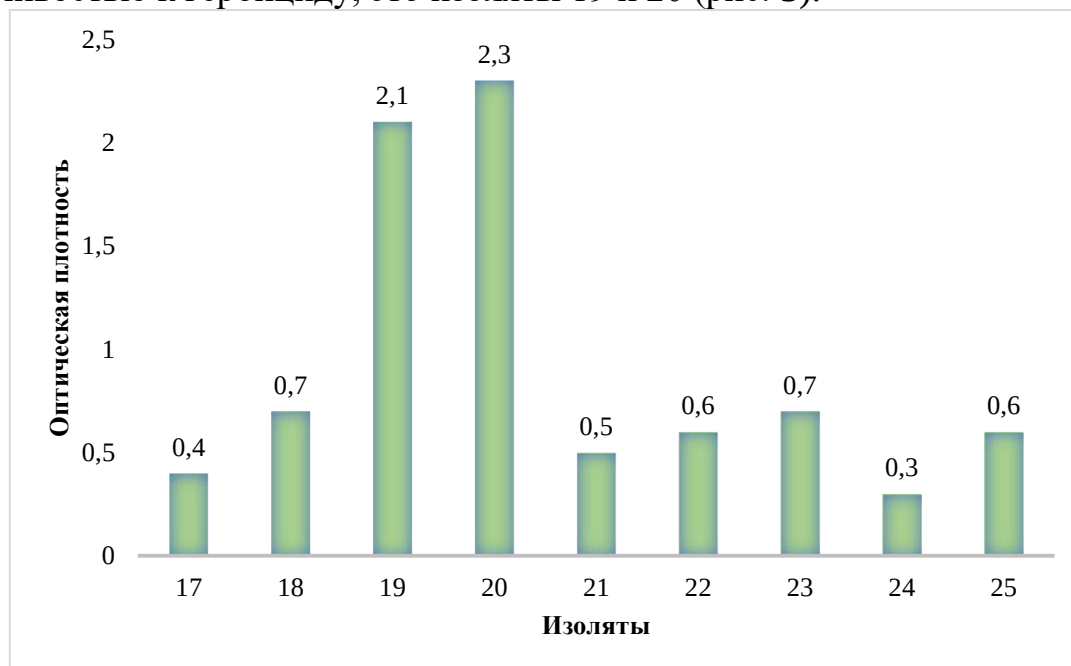


Рис. 3. Рост выделенных микроорганизмов в средах с гербицидом α -ситостерол

Полученные из трех образцов почв 25 изолятов были проскринированы по способности синтезировать наночастицы серебра и отобраны наиболее перспективные изоляты. Показано, что наиболее устойчивые изоляты показали способность к синтезу наночастиц серебра. Данный факт свидетельствует о

синергетическом взаимодействии между микробным метаболизмом и ксенобиотическим стрессом, определяющем кинетику и морфологию формирующихся наноструктур.

Заключение. В результате проведенного исследования показано, что присутствие загрязняющих веществ различного происхождения способствует выявлению устойчивых изолятов микроорганизмов, которые к тому же обладают способностью синтезировать наночастицы серебра.

Библиографический список

1. Borowik A., Wyszowska J., Zaborowska M., Kucharski J. The impact of permethrin and cypermethrin on plants, soil enzyme activity, and microbial communities // *International Journal of Molecular Sciences*. 2023. V. 24. Is. 3. 2892. <https://doi.org/10.3390/ijms24032892>
2. Clayton J., Lemanski K., Bonkowski M. Shifts in soil microbial stoichiometry and metabolic quotient provide evidence for a critical tipping point at 1% soil organic carbon in an agricultural post-mining chronosequence // *Biology and Fertility of Soils*. 2021. V. 57. Is. 3. p. 435–446. <https://doi.org/10.1007/s00374-020-01532-2>
3. Hilmi N.H.Z., Suhaimi N.S.M., Rejab N.A., Rusli M.H., Mohamed M.S., Zawawi N.Z., Mispan M.S. Effects of herbicide application on oil palm plantation soil bacterial diversity, function, and co-occurrence networks // *World Journal of Microbiology and Biotechnology*. 2026. V. 42. 53 <https://doi.org/10.1007/s11274-026-04793-5>
4. Korneykova M., Kozlova E., Ivashchenko K., Vasilieva M., Vasenev V. Urban soil microbiome: Activity, diversity and functioning // In M. J. Goss & M. Oliver (Eds.), *Encyclopedia of Soils in the Environment* (2 ed., Vol. 1, pp. 480-493). Elsevier. 2023. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-822974-3.00266-4>
5. Ma Q., Li Q., Wang J., Parales R.E., Li L., Ruan Z. Exposure to three herbicide mixtures influenced maize root-associated microbial community structure, function and the network complexity // *Environmental Pollution*. 2023. V. 336. 122393. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2023.122393>
6. Nugent A., Allison S.D. A Framework for Soil Microbial Ecology in Urban Ecosystems // *Ecosphere*. 2022. V. 13. Is. 3. e3968. <https://doi.org/10.1002/ecs2.3968>
7. Peter O., Kang S-M., Imran M., Kim K-U., Lee I-J. Functional profiling of novel glufosinate ammonium-tolerant, and secondary metabolite-secreting plant growth-promoting rhizobacteria // *Current Plant Biology*. 2025. V. 44. 100539. <https://doi.org/10.1016/j.cpb.2025.100539>

ВЛИЯНИЕ PGP-РИЗОБАКТЕРИЙ И ВНЕКОРНЕВОГО ЙОДИРОВАНИЯ НА МОРФОФИЗИОЛОГИЧЕСКИЕ ПАРАМЕТРЫ И АККУМУЛЯЦИЮ ЙОДА В МИКРОЗЕЛЕНИ *VIGNA RADIATA*

Игнатова А.С.

Соколов Н.А.

Малева М.Г., доцент, кандидат биологических наук

Борисова Г.Г., доктор географических наук

ФГАОУ ВО «Уральский федеральный университет имени
первого Президента России Б.Н. Ельцина», г. Екатеринбург, Россия

Введение. Проблема дефицита эссенциальных элементов в рационе питания населения актуальна как для России, так и для зарубежных стран [1, 2]. Одним из ключевых микроэлементов, обеспечивающих нормальное функционирование организма человека и животных, является йод. Его основная функция – участие в синтезе тиреоидных гормонов (тироксина и трийодтиронина), которые выступают регуляторами широкого спектра физиологических и биохимических процессов [2].

В последнее время особый интерес исследователей направлен на биофортификацию микрозелени и сельскохозяйственных растений макро- и микроэлементами с помощью PGPR (от англ. "Plant Growth Promoting Rhizobacteria" – ризобактерии, стимулирующие рост растений) [1]. Перспективность применения таких PGP-ризобактерий для улучшения роста растений и обогащения их макро- и микроэлементами обусловлена их способностью продуцировать фитогормоны и сидерофоры, фиксировать атмосферный азот, а также переводить в доступную форму соединения фосфора, калия, цинка и других элементов, которые в нерастворимом состоянии не усваиваются растениями.

Цель данного исследования: оценить влияние PGP-ризобактерий *Pseudomonas* sp. STF13, а также внекорневой обработки йодидом (KI) или йодатом калия (KIO₃) на параметры роста, содержание фотосинтетических пигментов и накопление йода в микрозелени *Vigna radiata* R. Wilczek (маш).

Материалы и методы. Культура ризобактерий была выделена в 2023 г. из ризосферы *Tussilago farfara* L. (мать-и-мачеха обыкновенная) сем. Asteraceae, произрастающей на загрязнённом тяжёлыми металлами участке, вблизи рудника «Сафьяновская медь» (Свердловская область). Изолят был идентифицирован методом 16S рРНК как принадлежащий роду *Pseudomonas* (100%) и зарегистрирован в 2024 г. в National Center for Biotechnology Information, NCBI как *Pseudomonas* sp. STF13 (PQ686311). Тестирование этого штамма на ростстимулирующие свойства, проведенное ранее [1], продемонстрировало его способность к солюбилизации нерастворимых соединений цинка и фосфора, продукции сидерофоров, индолил-3-уксусной кислоты и аммиака.

Объектами исследования были проростки *V. radiata* после инокуляции семян *Pseudomonas* sp. STF13; в качестве контроля использовали

неинокулированные растения. Влияние ризобактерий на всхожесть семян оценивали на чашках Петри. Семена стерилизовали 70%-м этанолом в течение 30 с, затем 2 мин 4%-м раствором гипохлорита натрия, многократно промывали стерильной дистиллированной водой и оставляли набухать на ночь. Инокуляцию семян проводили в течение 2 ч, замачивая их в суспензии клеток PGPR STF13 (10^8 кл./мл). Для ее получения культуру бактерий предварительно выращивали на среде Лурия–Бертани (LB), отделяли от культуральной жидкости центрифугированием и ресуспендировали в стерильной дистиллированной воде; контрольные семена оставляли в стерильной воде. В каждую чашку помещали по 30 семян (10 чашек на вариант). Учет прорастания проводили ежедневно в течение 5 суток до появления полных всходов. Здоровые проростки переносили в пластиковые проращиватели («Домашний АэроСАД», Россия) на питательный раствор [6]. Каждый вариант был представлен тремя независимыми проращивателями, содержащими по 60 проростков. Микрозелень выращивали при следующих условиях: плотность фотосинтетического потока фотонов 180 ± 20 мкмоль/м²·с (фитолампы ULI-P10-18W/SPFR IP40), фотопериод 14/10 ч.; температура 23 ± 3 °С. На 7-е сутки проростки опрыскивали 0,01% раствором KI, KIO₃ или стерильной водой (0). Экспозиция – 14 суток.

Всхожесть семян (%) рассчитывали как долю семян, проросших за 5 суток, от их общего числа $\times 100$. Среднее время прорастания (сут.) определяли как отношение суммы произведений количества семян, проросших на день учета, на номер дня, к общему количеству проросших семян. У 14-суточной микрозелени оценивали сырую и сухую биомассу, индекс энергии (произведение всхожести (%) на среднюю сухую массу проростка, г), а также содержание фотосинтетических пигментов и йода. Фотосинтетические пигменты экстрагировали из свежих листьев (30 мг) 80% ацетоном; содержание хлорофилла а (Хл а), хлорофилла b (Хл b) и каротиноидов определяли спектрофотометрически при длине волны 470, 647 и 663 нм, рассчитывали по Lichtenthaler [5] и пересчитывали на мг/г сухого веса. Йод в сухой надземной части определяли по ГОСТ 28458-90 и рассчитывали в мкг/г сухого веса. Данные обрабатывали в MS Excel 16.0 и Statistica 13.0; представлены средние $\pm$ стандартная ошибка. Влияние факторов (инокуляция $\times$ йодная обработка) оценивали одно- и двухфакторным ANOVA; различия считали значимыми при $p < 0,05$ согласно критерию Тьюки.

Результаты и обсуждение. Через 5 суток экспозиции всхожесть семян *V. radiata* в обоих вариантах в среднем составляла 85% (рис. 1а). Инокуляция семян штаммом STF13 незначительно снижала процент их всхожести по сравнению с неинокулированным контролем. Среднее время прорастания для обоих вариантов составляло около 2,5 суток (рис. 1б). При этом длина корешка

у инокулированных 5-суточных проростков была почти в 2 больше, чем в контроле (рис. 1в).

Сырая и сухая биомасса двухнедельной микрозелени *V. radiata*, инокулированной штаммом STF13, была выше по сравнению с неинокулированным контролем (табл. 1). Заражение штаммом STF13 оказывало статистически значимое влияние на накопление сырой и сухой биомассы, тогда как обработка обеими формами йода не приводила к достоверным изменениям. Значения индекса энергии также были максимальными у сеянцев, инокулированных штаммом STF13 (рис. 2а). При этом заражение ризобактериями оказывало статистически значимое влияние, тогда как внекорневая обработка йодом не вызывала однозначного эффекта.

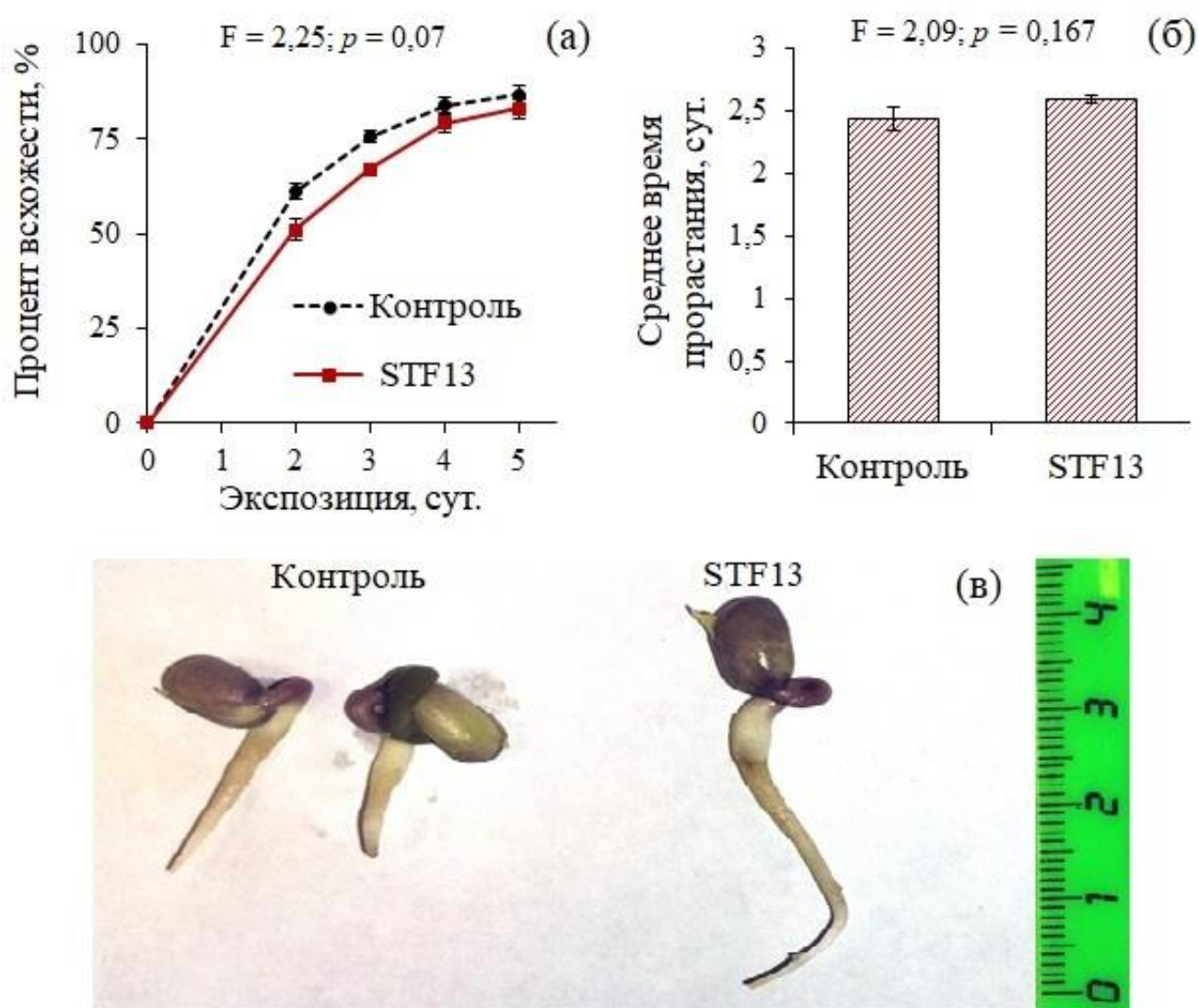


Рис. 1. Процент всхожести (а), среднее время прорастания (б) семян, длина пятисуточных проростков (в) *V. radiata*

Таблица 1 – Морфофизиологические параметры
двухнедельной микрозелени *V. radiata*

Параметр	Контроль			Pseudomonas sp. STF13		
	Внекорневая обработка			Внекорневая обработка		
	0	KI	KIO ₃	0	KI	KIO ₃
Сырая биомасса, г	0,50±0,02	0,48±0,02	0,50±0,02	0,56±0,01	0,57±0,01	0,56±0,01
Сухая биомасса, г	0,04±0,00	0,04±0,00	0,04±0,00	0,05±0,00	0,05±0,00	0,05±0,00
Хл а, мг/г сух. веса	3,36±0,13	4,02±0,06	4,69±0,09	4,20±0,05	5,05±0,08	5,12±0,19
Хл b, мг/г сух. веса	1,61±0,08	1,94±0,05	2,28±0,07	2,07±0,05	2,40±0,09	2,67±0,16
Каротиноиды, мг/г сух. веса	0,62±0,02	0,75±0,02	0,85±0,03	0,77±0,01	0,85±0,03	0,92±0,03

Инокуляция семян *Pseudomonas* sp. STF13 (без последующей внекорневой обработки йодом) способствовала повышению содержания Хл а, Хл b и каротиноидов в микрозелени *V. radiata* на 25, 28 и 24%, соответственно (табл. 1). Как известно [3], хлорофиллы и каротиноиды обладают выраженной иммуномодулирующей активностью. Помимо этого, каротиноиды являются предшественниками витамина А и проявляют антиоксидантные свойства [6].

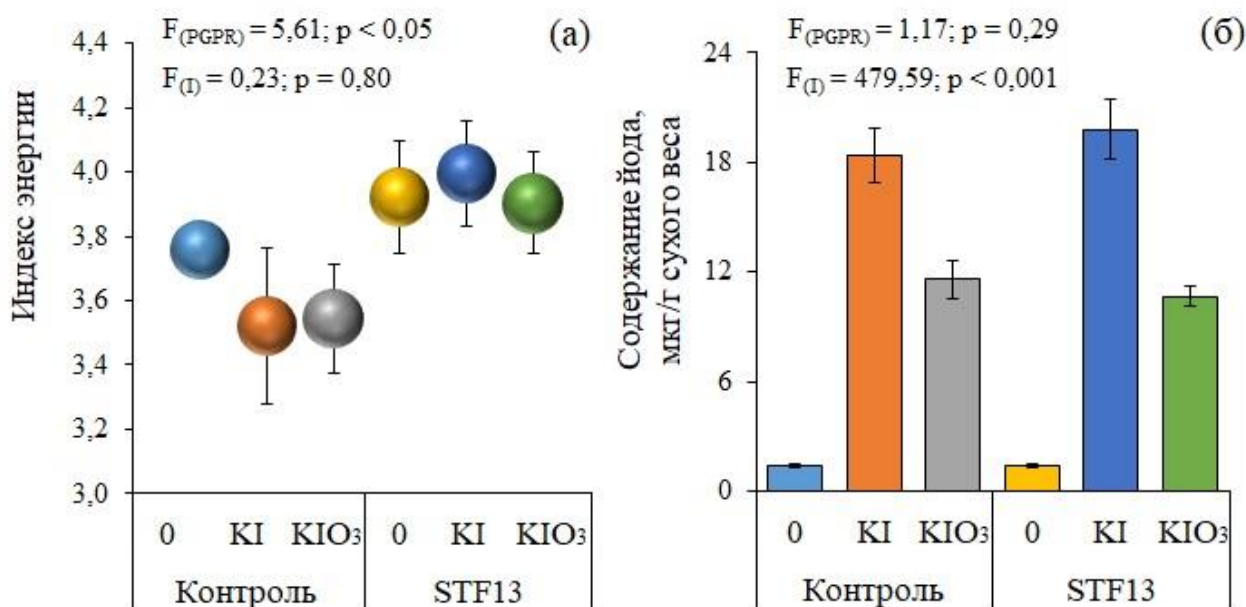


Рис. 2. Индекс энергии (а) и содержание йода (б)
в тканях двухнедельной микрозелени *V. radiata*

Обработка йодом независимо от инокуляции ризобактериями также приводила к росту концентрации Хл а и Хл b в микрозелени *V. radiata*. При этом йодат калия демонстрировал более высокую эффективность по сравнению

с йодидом, увеличивая содержание хлорофиллов в среднем на 33%, в то время как йодид калия – в среднем на 19%. Аналогичная тенденция отмечена и при оценке содержания каротиноидов: опрыскивание микрозелени увеличивало их накопление в среднем на 22%, при этом максимальный эффект наблюдался также при использовании KIO_3 (табл. 1). Полученные результаты соответствуют данным [4, 6], согласно которым йодная обработка усиливала накопление фотосинтетических пигментов у модельных растений. Известно также [4, 7], что йод способен влиять на активность ферментов и экспрессию генов, ответственных за синтез фотосинтетических пигментов, чем, вероятно, и объясняется наблюдаемый эффект. Проведённый двухфакторный дисперсионный анализ подтвердил статистически значимое влияние обоих факторов – инокуляции семян штаммом STF13 и внекорневой обработки йодом – на содержание фотосинтетических пигментов в листьях двухнедельной микрозелени *V. radiata*.

В вариантах без опрыскивания йодом его содержание в надземной биомассе *V. radiata* было низким (в среднем 1,4 мкг/г сухого веса), при этом статистически значимых различий между контролем и инокулированными сеянцами не зафиксировано (рис. 2 б).

Обработка побегов KI существенно (в среднем в 14 раз) повышала содержание йода в микрозелени *V. radiata*, независимо от инокуляции. При опрыскивании KIO_3 содержание йода в побегах *V. radiata* также увеличивалось, однако его накопление было в среднем в 1,8 раза ниже, чем при использовании KI. Повышенное накопление йода при обработке KI может быть обусловлено тем, что йодид-ион легче поглощается растительными клетками благодаря более высокой подвижности в растворе и способности проникать через мембраны. Следует отметить, что инокуляция семян *V. radiata* PGPR не оказывала статистически значимого влияния на содержание йода в микрозелени.

Заключение. В гидропонном эксперименте исследовали способность бактериального штамма *Pseudomonas* sp. STF13 в сочетании с внекорневой обработкой йодом усиливать рост микрозелени *Vigna radiata* и повышать ее биологическую ценность. Установлено, что инокуляция статистически значимо увеличивала сырую и сухую биомассу проростков, индекс энергии прорастания семян, а также содержание хлорофиллов и каротиноидов в листьях *V. radiata*. Внекорневая обработка йодом не оказывала достоверного влияния на накопление биомассы, однако способствовала повышению содержания фотосинтетических пигментов и обогащению микрозелени йодом. Для подтверждения положительных результатов необходимы дальнейшие исследования, направленные на оптимизацию способов инокуляции и подбор эффективных концентраций йода.

Библиографический список

1. Борисова Г.Г., Малева М.Г., Дарказанли М., Собенин А.В., Карпухин М.Ю. Влияние Zn-солубилизирующих PGP-ризобактерий на рост и

содержание биогенных элементов в сеянцах пшеницы озимой в условиях микрокосма // Аграрный вестник Урала. 2024. Т. 24(12). С. 1636-1647.

2. Голубкина Н.А., Кекина Е.Г., Надежкин С.М. Перспективы обогащения сельскохозяйственных растений йодом и селеном (обзор) // Микроэлементы в медицине. 2015. Т. 16(3). С. 12-19.

3. Елисеева Л.Г., Белкин Ю.Д., Сими́на Д.В., Осман А., Молодкина П.Г., Сантурян Т.А. Новые направления разработки обогащенных пищевых продуктов для здорового питания // Международный научно-исследовательский журнал. 2022. Т. 4 (118). С. 50-55.

4. Kiferle C., Martinelli M., Salzano A.M., Gonzali S., Beltrami S., Salvadori P.A., Hora K., Holwerda H.T., Scaloni A., Perata P. Evidences for a nutritional role of iodine in plants // *Frontiers in Plant Science*. 2021. V. 12. P. 671-683.

5. Lichtenthaler H.K. Chlorophylls and carotenoids: pigments of photosynthetic membranes // *Methods in Enzymology*. 1987. V. 148. P. 350-382.

6. Maleva M., Borisova G., Tripti, Tugbaeva A., Ahamuefule C., Salata A., Kumar A. Biofortification of pea microgreens through zinc-solubilizing bacteria inoculation with foliar iodine application // *Agriculture and Forest*. 2024. V. 70 (2). P. 123-134.

7. Medrano-Macías J., Leija-Martínez P., González-Morales S., Juárez-Maldonado A., Benavides-Mendoza A. Use of iodine to biofortify and promote growth and stress tolerance in crops // *Frontiers in Plant Science*. 2016. V. 7. Art. № 1146.

АНТИФУНГАЛЬНАЯ АКТИВНОСТЬ КОЛЛЕКЦИОННЫХ БАКТЕРИЙ РОДА *BACILLUS*

Каракенжеева Д.М., Пухальская А.В.

Научный руководитель:

Еремеева С.В., доцент, кандидат биологических наук

ФГБОУ ВО «Астраханский государственный технический университет»,
г. Астрахань, Россия

Введение. Микроспоридии рода *Cladosporium* широко распространены в окружающей среде и часто выступают сапротрофами или фитопатогенами, поражая листья, стебли, плоды сельскохозяйственных культур и вызывая порчу продукции при хранении [2, 4]. Они быстро приспосабливаются и химические фунгициды со временем перестают действовать на них. В связи с этим возрастает роль биологических методов защиты на основе микроорганизмов-антагонистов. Так, в качестве таких микроорганизмов могут выступать бактерии родов *Bacillus*, *Pseudomonas* и *Lactobacillus*.

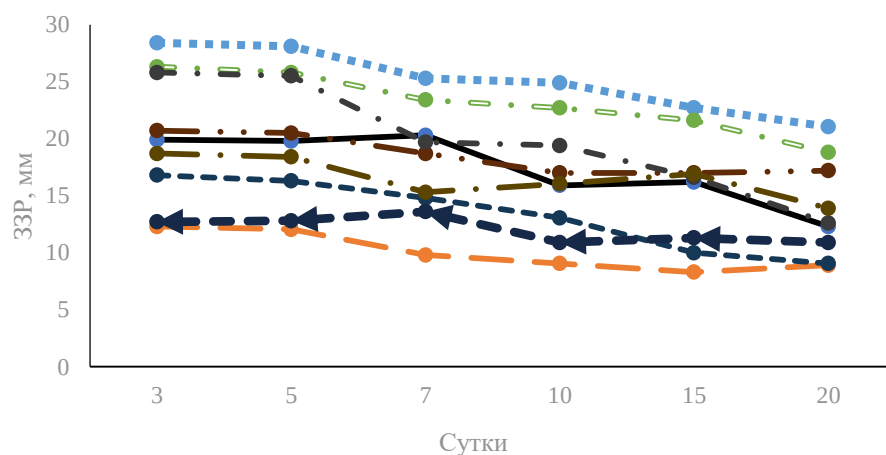
Бактерии рода *Bacillus* продуцируют разнообразие антимикробных соединений: циклические липопептиды (сурфактин, итурин, фенгидин), гидролитические ферменты (хитиназы, β -1,3-глюканазы), летучие вещества. Всё это повреждает клетки грибов, мешает им питаться и даже повышает

иммунитет растений [3, 5]. Несмотря на обширные данные об антагонистической активности *Bacillus*, информации о прямом воздействии на грибы рода *Cladosporium* относительно мало.

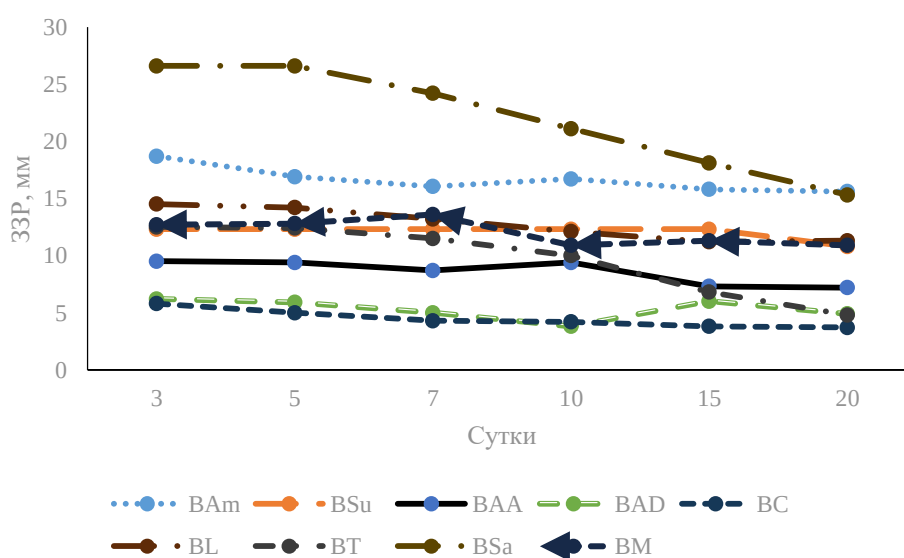
Цель исследования: определить антифунгальную активность коллекционных изолятов рода *Bacillus* по отношению к фитопатогенным микромицетам рода *Cladosporium*. Использовали изоляты бактерий: BAm, BSu, BF, BAC, BAA, BAD, BC, BL, BT, BSa, BM) и изоляты микроскопических грибов *Cladosporium* sp. 1 и *Cladosporium* sp. 6 из коллекции кафедры «Прикладная биология и микробиология» АГТУ.

Материалы и методы. Использовали метод лунок по Егорову [1], бактерии выращивали на ГРМ-бульоне. В лунку вносили 3-х суточную бактериальную суспензию с титром 10^6 - 10^8 КОЕ/г. Проводили визуальную оценку роста колоний и размер зон задержки роста на 3, 5, 7, 10, 15 и 20-е сутки. Так же проводили учет изменений микроморфологии микромицетов в зоне действия бактерий с помощью микроскопа Биоскоп – 1.

Результаты и обсуждение. Результаты исследований показали выраженную антифунгальную активность большинства штаммов (рис. 1).



а



б

Рис. 1. Зоны задержки роста в отношении штаммов:
а) *Cladosporium* sp.1; б) *Cladosporium* sp.6

Высокую фунгицидную активность (ЗЗР более 20 мм) в отношении *Cladosporium* sp.1 проявили штаммы ВAm, ВAD и ВТ. Эти штаммы уже на 3-и сутки формировали зоны задержки роста диаметром 25,8-28,4 мм, а к 20-м суткам сохраняли четкие зоны ингибирования более 19 мм. Штаммы ВSu, ВАА, ВС, ВL, ВSa и ВМ показали среднюю активность (ЗЗР 11-20 мм), при этом штаммы ВL и ВМ отличались наиболее стабильными показателями на протяжении всего периода наблюдения. Штаммы ВF и ВАС практически не проявляли антагонистического действия, зоны задержки роста у них отсутствовали или были минимальными.

В отношении *Cladosporium* sp.6 максимальную начальную активность проявили штаммы ВМ, ВSu, которые демонстрировали наиболее стабильную среднюю активность (19-26 мм) в течение всех 20 суток.

В зоне действия бактерий формировался угнетенный мицелий оливково-зеленого цвета с бархатистой текстурой, но значительно сниженной плотностью и меньшим диаметром колоний по сравнению с контролем. Микроскопический анализ мицелия показал глубокие структурные повреждения (рис. 2).

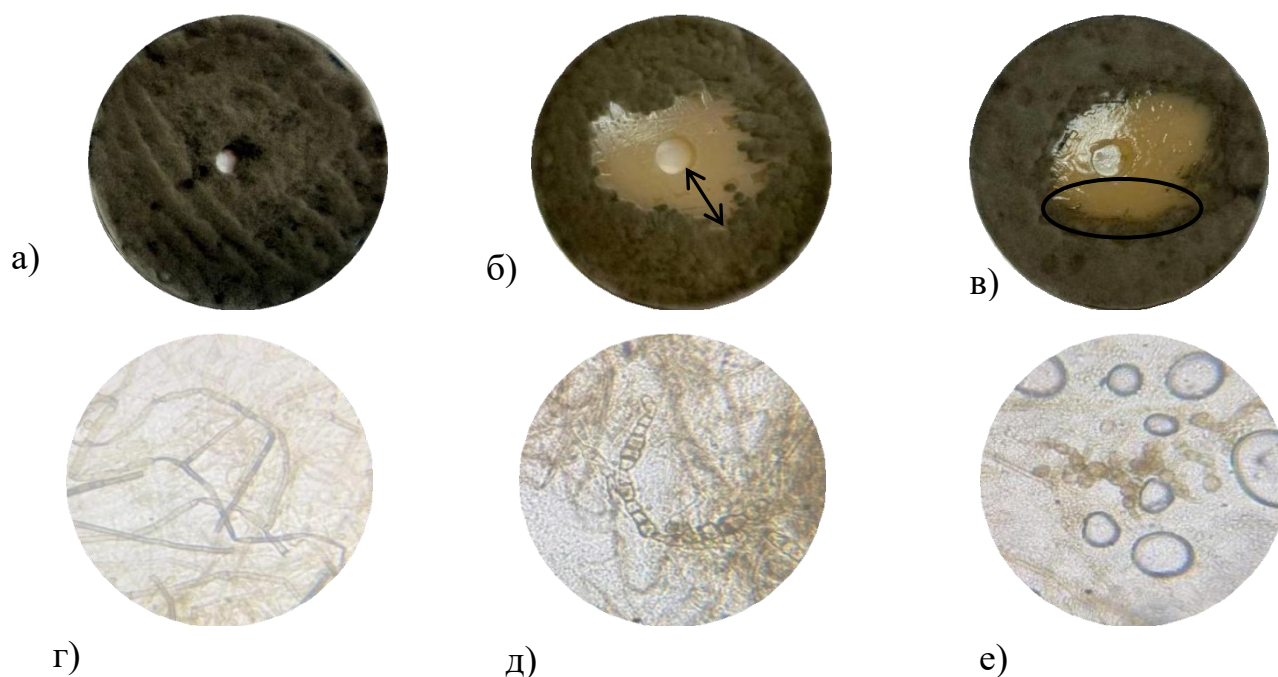


Рис. 2. Влияние *Bacillus* на микроморфологические характеристики колоний *Cladosporium*: а) контроль; б) зоны задержки роста; в) формирование угнетенного мицелия г) сжатие гиф, формирование перетяжек и аномальных структур; д) сегментация мицелия; е) формирование структур тип «нити бус».

Микроскопический анализ выявил характерные изменения мицелия *Cladosporium* под действием активных штаммов *Bacillus*. В зонах задержки роста отмечено формирование угнетенного, разреженного мицелия со сниженной плотностью. Также были зафиксированы множественные

структурные повреждения: сжатие гиф с образованием перетяжек и аномальных деформированных структур, фрагментация и сегментация мицелия на отдельные клетки, а также вакуолизация цитоплазмы и формирование цепочек округлых структур, напоминающих «нитку бус». Данные изменения свидетельствуют о прямом литическом действии метаболитов *Bacillus* на клеточную стенку и мембраны гриба, что приводит к нарушению роста, септированию и гибели мицелия.

Заключение. Таким образом, исследование подтвердило высокий антифунгальный эффект коллекционных штаммов *Bacillus*: Bам, BАD, ВТ и ВМ. Выявленные структурные повреждения мицелия (септирование, вакуолизация, деформация гиф) свидетельствуют о прямом фунгицидном действии метаболитов бацилл. Полученные результаты открывают перспективы для дальнейших испытаний и создания биотехнологических продуктов.

Работа выполнена в рамках государственного задания ФГБОУ ВО «Астраханский государственный технический университет», тема: «Разработка новых экобиотехнологий – основы оздоровления и устойчивого развития экосистем Прикаспийского региона», № 126022618061-1.

Библиографический список

1. Практикум по микробиологии: учебное пособие/под ред. Н.С. Егорова. М.: Изд-во Моск. ун-та, 1976. 307 с.
2. Bensch K. [и др.] The genus *Cladosporium* // *Studies in Mycology*. 2012. Vol. 72. P. 1-401.
3. Ongena M., Jacques P. *Bacillus* lipopeptides: versatile weapons for plant disease biocontrol // *Trends in Microbiology*. 2008. Vol. 16, N. 3. P. 115-125.
4. Sandoval-Denis M. [и др.] *Cladosporium* species recovered from clinical samples: molecular and morphological characterization // *Journal of Clinical Microbiology*. 2015. Vol. 53, N. 2. P. 299-309.
5. Shoda M. Biological control of phytopathogenic fungi by *Bacillus subtilis* // *Journal of Bioscience and Bioengineering*. 2000. Vol. 89, N. 6. P. 515-521.

ВЛИЯНИЕ ТИПА ОБРАБОТКИ ПОЧВ НА ИХ МИКРОБИОЛОГИЧЕСКОЕ РАЗНООБРАЗИЕ

Лазутин Н.А., старший научный сотрудник, кандидат биологических наук
Зайнитдинова Л.И., профессор, доктор биологических наук
Хегай Т.Б.

Институт микробиологии Академии наук Республики Узбекистан,
г. Ташкент, Узбекистан

Введение. Интенсификация человеческой деятельности в совокупности приводит к изменению климата, что в свою очередь оказывает большое

влияние на характер осадков. В результате нарушений режима дождей многие регионы и, в особенности, Среднеазиатский регион, испытывают длительные периоды засухи. Этот водный стресс напрямую влияет на сельскохозяйственное производство, а также на устойчивость естественной среды обитания. В первую очередь на этот стресс реагируют бактериальные сообщества. Это имеет большое значение, т.к. почвенные микробные сообщества имеют решающее значение для функционирования экосистемы, влияя на плодородие и здоровье почвы [3, 5].

На микробное разнообразие в почве влияют как условия окружающей среды, так и различные методы землепользования. Есть работы, посвященные изучению влияния различных типов землепользования и химических свойств почвы на состав и разнообразие прокариотических и эукариотических микробов [1, 2]. Были проанализированы химические свойства почвы и их взаимосвязь со структурой микробного сообщества. Результаты показали значительные различия в разнообразии в зависимости от вида землепользования. Почвы, используемые в традиционном сельском хозяйстве (рисовые и суходольные поля), показали более высокое микробное разнообразие по сравнению с почвами, подвергшимися стрессу, например, с высокого уровня засоления, загрязненными или малопригодными для сельского хозяйства [4, 6]. Однако, остается неизученным влияние способа обработки почвы на ее микробное биоразнообразие. В то время, как эти исследования подчеркивают важность понимания взаимосвязи между управлением земельными ресурсами и микробной экологией для оптимизации плодородия и состояния почвы. Изменения способа обработки почв могут оказать значительное воздействие на состояние почвы, и микробные сообщества, вероятно, отреагируют на эти изменения.

Принимая во внимание вышеуказанные факторы, нами было изучено влияние типа земледелия на биоразнообразие почвенных микроорганизмов. Целью данного исследования была оценка разнообразия и состава сообществ микроорганизмов в сельскохозяйственных почвах при различных типах их обработки, таких, как традиционная обработка, дискование и нулевая обработка.

Материалы и методы. Почва отбиралась на участках с различными методами обработки по методу «конверта», затем усреднялась, просеивалась через сито из нержавеющей стали с диаметром пор 2 мм для удаления растительных остатков и получения однородной структуры.

Влажность измерялась в лабораторных условиях термостатно-весовым способом.

Приготовленные суспензии разводились по методу предельных разведений и высевались на несколько питательных сред: МПА, МПБ, агар Сабуро, агар Эшби, крахмало-аммиачный агар, среду Эндо, среду Гильтая и среду Гетчинсона.

Подсчет клеток микроорганизмов проводился как прямым методом, так и с помощью таблицы МакКреди.

Результаты и обсуждение. Нами были изучены сельскохозяйственные почвы Ташкентской области, Кибрайского района. Были отобраны 5 образцов почв с полей фермерского кластера, различающиеся по способу обработки, засеваемым культурам и предшествующим культурам. Параметры образцов отражены в таблице 1.

Таблица 1 – Характеристика опытных образцов почв Кибрайского района (весна)

№ п/п	Параметры	Образец № 1	Образец № 2	Образец № 3	Образец № 4	Образец № 5
1	Время	12:30 PM	13:10	14:25	15:15	15:55
2	Координаты	41°31'18.7"N 69°34'16.1"E	41°29'33"N 69°33'14"E	41°29'45.0"N 69°30'57.9"E	41°28'20.8"N 69°28'17.5"E	41°28'23.0"N 69°28'15.5"E
3	Культура	Озимая пшеница	Озимый ячмень	Озимый Тритикале	Озимая пшеница	Озимая пшеница
4	Способ посева	Нулевой посев	Нулевой посев	Дискование	Нулевой посев на полове	Дискование
5	Предшественник	Нут	Ячмень	Пшеница	Пшеница	Пшеница
6	Температура воздуха	16°C	13°C	18°C	16°C	16°C
7	Температура почвы	7°C	7°C	10°C	9°C	8°C
8	pH	4,5	7	4.5	4.5	4.5
9	Ветер	4-5 м/с	1-3 м/с	3-4 м/с	3-5 м/с	3-4 м/с
10	Глубина взятия образца	10 см	10 см	10 см	10 см	10 см

Микробиологический анализ проб, отобранных в весенний период, показал, что изменения в землепользовании (и соответствующие изменения в растительности и свойствах почвы) оказывают значительное влияние на микробные сообщества и на численность конкретных таксономических групп.

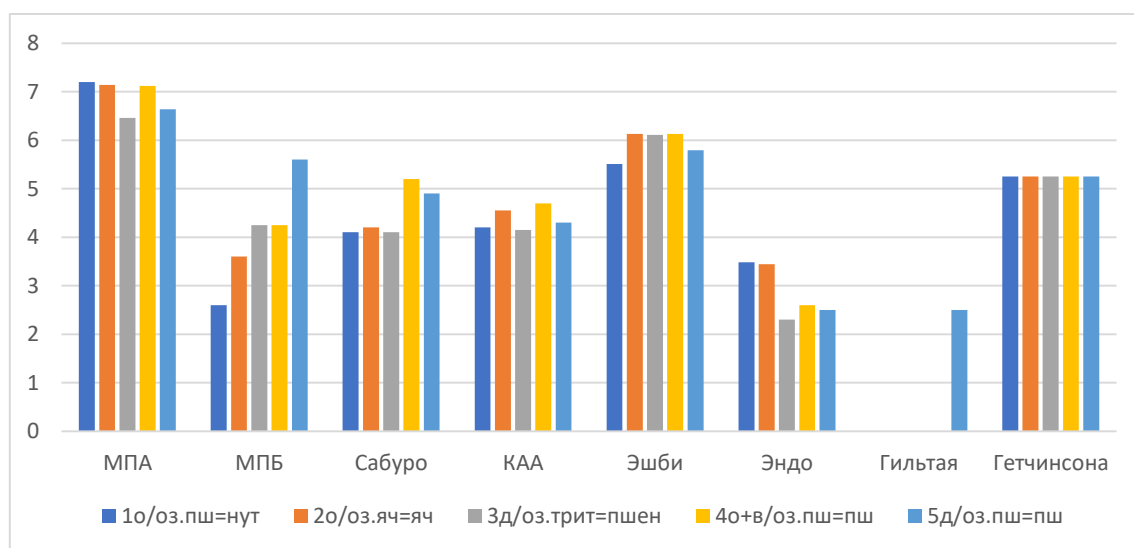


Рис. 1. Микробиологический анализ почв Ташкентской области (Кибрай) в весенний период

Показано, что изменчивость эдафических факторов внутри типов землепользования и между ними может оказывать значительное влияние на структуру микробных сообществ. Проведенное весеннее обследование почв Ташкентской области позволило выявить присутствие всех изученных групп микроорганизмов и изменчивость структуры микробных сообществ в зависимости от типа обработки почв (рис. 1).

Как видно в исследуемых почвах присутствуют все типы микроорганизмов, кроме группы денитрификаторов. Причем при нулевой обработке отмечено повышение общего количества микроорганизмов на порядок. При этом отмечено изменение структурного состава, так происходит снижение количества микроскопических грибов и аммонификаторов, что свидетельствует о неполном разложении растительных остатков. Вероятно, в данном ландшафте состав бактериальных сообществ в значительной степени определялся изменениями в текстуре почвы, в то время как состав грибковых сообществ был наиболее тесно связан с изменениями в наличии питательных веществ в почве и в большей степени зависит от вида растения и предшественника, т.е. вида растений, выращиваемых на данном участке ранее.

Отмечено, что при использовании нулевой обработки почвы наблюдается значительное повышение секвестрации углерода (до 1% органического углерода). Также здесь отмечается более высокое содержание гумуса (1,7) и наиболее высокая активность ферментов фосфатазы, уреазы и соотношения полифенолоксидазы, пероксидазы (ферментов, отвечающих за синтез-разложение гумуса). Эти данные коррелируют с общим количеством микроорганизмов.

Заключение. Полученные данные свидетельствуют, что при использовании нулевой обработки почвы целесообразно использовать смену культур для поддержания активности и микробного разнообразия почвы. Полученные результаты улучшают понимание экологии почвенных микроорганизмов при различных сценариях землепользования и помогут усовершенствовать стратегии управления земельными ресурсами, которые поддерживают здоровье почвы и устойчивость экосистем.

Библиографический список

1. Huang J., Liu X., Liu J., Zhang Z., Zhang W., Qi Y., Li W., Chen Y. (2023). Changes of soil bacterial community, network structure, and carbon, nitrogen and sulfur functional genes under different land use types // *Catena*. 2023. V. 231. 107385. <https://doi.org/10.1016/j.catena.2023.107385>.
2. Kumar R., Choudhary J.S., Naik S.K., Mondal S., Mishra J.S., Poonia S.P., Kumar S., Hans H., Kumar S., Das A., Kumar V., Bhatt B.P., Chaudhari S.K., Malik R.K., Craufurd P., McDonald A., Sherpa S.R. Influence of conservation agriculture-based production systems on bacterial diversity and soil quality in rice-wheat-green gram cropping system in eastern Indo-Gangetic Plains of India // *Frontiers in Microbiology*. 2023. V. 14. 1181317. <https://doi.org/10.3389/fmicb.2023.1181317>.

3. Naidoo Y., Valverde A., Pierneef R.E., Cowan D.A. Differences in precipitation regime shape microbial community composition and functional potential in Namib Desert soils // *Microbial Ecology*. 2022. V. 83. p. 689-701. <https://doi.org/10.1007/s00248-021-01785-w>.

4. Philippot L., Chenu C., Kappler A., Rillig M.C., Fierer N. The interplay between microbial communities and soil properties // *Nature Reviews Microbiology*. 2024. V. 22. p. 226–239. <https://doi.org/10.1038/s41579-023-00980-5>.

5. Wan Q., Li L., Liu B., Zhang Z., Liu Y., Xie M. Different and unified responses of soil bacterial and fungal community composition and predicted functional potential to 3 years' drought stress in a semiarid alpine grassland // *Frontiers in Microbiology*. 2023. V. 14. 1104944. <https://doi.org/10.3389/fmicb.2023.1104944>.

6. Yoon J.H., Adhikari M., Jeong S.S., Lee S.P., Kim H.S., Lee G.S., Park D.H., Kim H., Yang J.E. (2024). Microbial diversity of soils under different land use and chemical conditions // *Applied Biological Chemistry*. 2024. V. 67. P. 111. <https://doi.org/10.1186/s13765-024-00970-y>.

АНТАГОНИЗМ БАКТЕРИЙ И ASPERGILLUS NIGER F-4815D

Миндубаев А.З., кандидат химических наук¹

Бабынин Э.В., доцент, кандидат биологических наук¹

Царькова Ю.Р.²

Дегтярева И.А., доктор биологических наук¹

¹Федеральный исследовательский центр КазНЦ РАН

²Казанский Федеральный Университет

Введение. На протяжении одиннадцати с лишним лет главным объектом изучения нашего коллектива является штамм *Aspergillus niger* AM1 ВКМ F-4815D, обладающий способностью к переработке элементного фосфора, которая до сих пор никем не исследовалась. Кроме того, данный штамм оказался способен к деструкции широкого ряда промышленных поллютантов. До сих пор исследовалась исключительно чистая культура данного гриба. Между тем, преимущество смешанных культур бактерий с грибами в разложении различных загрязняющих веществ, включая нефтяные углеводороды, было доказано в нескольких исследованиях [1].

Таким образом, сейчас мы стоим на пороге новой тематики, цель которой – сравнение эффективности биodeградации чистой культурой гриба и его консорциумов с бактериями, которая потенциально может быть еще выше. Этой работе предшествует исследование способности *A. niger* F-4815D к созданию консорциумов с бактериями, изучение возможного антагонизма данной культуры и культур различных бактерий. Подобное исследование этой грибной культуры еще не проводилось.

Материалы и методы. В исследовании было использовано 6 видов бактерий: *Bacillus thuringiensis* (5V), *Shinella zoogloeoides* (ZH), *Pseudomonas stutzeri* (8), *Staphylococcus warneri* (2), *Achromobacter xylosoxidans* (10) и *Pseudomonas synxantha* (R39). Культура штамма R39 была любезно предоставлена д.б.н., профессором Казанского государственного аграрного университета, заведующим кафедрой «Общее земледелие, защита растений и селекция» Сафиным Радиком Ильясовичем.

Для выявления противогрибковой активности мы использовали следующий метод нанесения культур на поверхность агаризованной питательной среды. Культура бактерий наносится стерильной петлей двумя полосами под углом 90° (рис. 1). Суспензия спор гриба наносится одинаковыми объемами (10 мкл) в трех точках начиная от угла, образованного бактериальными культурами, в середине чашки и на противоположной стороне от точки сближения бактериальных культур. Таким образом, на чашке создается градиент экстраклеточных бактериальных продуктов с противогрибковой активностью. Далее чашки инкубируются в течение 7 суток при температуре 28°C.

Данный метод позволяет оценить противогрибковую активность количественно. Степень подавления роста культуры гриба можно измерить как отношение диаметра ближайшей к бактериям колонии к наиболее удаленной. В этом тесте также дополнительно можно отметить отсутствие или наличие спорообразования у ближайшей к бактериям колонии гриба. Отсутствие спорообразования свидетельствует об ингибировании этого процесса бактериальными метаболитами.

Результаты и обсуждение. Бактерии, использованные в настоящей работе, были выделены из нефтезагрязненной почвы на территории Ромашкинского месторождения Республики Татарстан и считаются перспективными для биоремедиации нефтезагрязненных территорий. *A. niger* F-4815D выделен в 2014 году в ИОФХ им. А.Е. Арбузова из стеклянной емкости, в которой хранился технический кусковой белый фосфор в толще дистиллированной воды. Стал первым живым организмом, для которого отмечена способность к биодеградации элементного фосфора путем его окисления до фосфата.

Полученные результаты показали, что все исследуемые нами штаммы имели противогрибковую активность, но наибольшей активностью обладали штаммы, принадлежащие к видам *Pseudomonas synxantha* и *Bacillus thuringiensis* (рис. 1). Наименее активным против *Aspergillus niger* был штамм, принадлежащий к виду *Staphylococcus warneri*.

Представители вида *B. thuringiensis* используются во всем мире в качестве биологического средства борьбы с восприимчивыми насекомыми путем производства споруляционных параспоральных кристаллов, содержащих дельта-эндотоксины [2]. Более того, он способен производить несколько биологически активных молекул, таких как бактериоцины, инсектицидные белки и гидролитические ферменты, среди которых хитиназы [3]. Ранее было проведено несколько исследований по использованию *B. thuringiensis* против

фитопатогенных грибов [4]. *Pseudomonas synxantha* – флуоресцентная бактерия, противогрибковая активность которой также была ранее показана [5].



Рис. 1. Рост колоний *Aspergillus niger* на чашке с бактериальными культурами.

Оригинальный посев в форме «дома с покатой крышей», где роль «крыши» выполняют бактерии, а самого «дома» грибы, разработан Эдуардом Викторовичем Бабыниным и позволяет наглядно оценивать антагонизм двух видов

Заключение. Впервые исследовалась способность *A. niger* F-4815D к формированию консорциумов с бактериями. В перспективе это может помочь в создании эффективных коммерческих биопрепаратов для биоремедиации загрязненных земель и вод. Показано, что из шести выбранных штаммов бактерий все подавляют рост грибного штамма, но в разной степени. Соответственно, некоторые из них потенциально подходят для создания консорциумов.

Наиболее выраженный антагонизм проявила тюрингская бацилла – продуцент эндотоксинов и возбудитель смертельных заболеваний у беспозвоночных, в первую очередь, личинок насекомых. Оказалось, что она в сильной степени подавляет и рост гриба, возможно, благодаря хитиназам, разрушающим грибные клеточные стенки. Подавление роста аспергилла дает основание для поиска фунгицидных и фунгистатических агентов, продуцируемых бактериями – данная работа также имеет важнейшее значение для практики.

Можно предполагать, что подавление роста гриба бактериями происходит за счет того, что обе культуры высеваются в чашку одновременно, а скорость размножения у бактерий заведомо выше. Возможно, более ранний посев грибной культуры приведет к обратному подавлению роста бактерий грибом. Также, в перспективе планируется исследование антагонизма *A. niger* F-4815D с культурами других грибов.

В исследовании проведена апробация нового методического приема, которая продемонстрировала его эффективность.

Библиографический список

1. Tyagi M., da Fonseca M.M.R., de Carvalho C.C.C.R. Bioaugmentation and biostimulation strategies to improve the effectiveness of bioremediation processes // Biodegradation. 2011. Vol. 22. No.2. P. 231-241.
2. Glare T.R., O'Callaghan M. *Bacillus thuringiensis: Biology, Ecology and Safety* // John Wiley and Sons Ltd., Chichester, U.K. 2000. 432 p.
3. Oh S.-T., Kim J.-K., Yang S.-Y., Song M.-D. Characterization of *Bacillus thuringiensis* having insecticidal effects against larvae of *Musca domestica* // J. Microbiol. Biotechnol. 2004. Vol.14. No.5. P. 1057-1062.
4. Tang M., Sun X., Zhang S., Wan J., Li L., Ni H. Improved catalytic and antifungal activities of *Bacillus thuringiensis* cells with surface display of Chi9602 Δ SP // Journal of Applied Microbiology. 2017. Vol. 122. No.1. P. 106-118.
5. Aiello D., Restuccia C., Stefani E., Vitale A., Cirvilleri G. Postharvest biocontrol ability of *Pseudomonas synxantha* against *Monilinia fructicola* and *Monilinia fructigena* on stone fruit // Postharvest Biol. Technol. 2019. Vol. 149. P. 83-89.

СИНЕРГИЯ БИОЧАРА И ГАЛОТОРЕРАНТНЫХ PGP-РИЗОБАКТЕРИЙ: ОТВЕТНЫЕ МОРФОФИЗИОЛОГИЧЕСКИЕ РЕАКЦИИ SOLANUM LYCOPERSICUM НА СОЛЕВОЙ СТРЕСС

Соколов Н.А., Игнатова А.С., Салата А.А.,

Борисова Г.Г., доктор географических наук

Малева М.Г., доцент, кандидат биологических наук

ФГАОУ ВО «Уральский федеральный университет имени
первого Президента России Б.Н. Ельцина», г. Екатеринбург, Россия

Введение. Засоление почв представляет собой серьезную угрозу продовольственной безопасности и устойчивому развитию сельского хозяйства [1, 2]. По данным Продовольственной и сельскохозяйственной организации ООН (FAO, 2025), в настоящее время этому негативному процессу подвержено 10% всей поверхности суши планеты. Одним из перспективных подходов к повышению солеустойчивости культурных растений является использование галотолерантных ризосферных и эндофитных бактерий, обладающих способностью стимулировать рост растений (PGP, от англ. «Plant Growth Promoting») [2]. Галотолерантные бактерии сохраняют жизнеспособность в средах с широким диапазоном солености и, даже будучи выделенными из экстремальных условий, не утрачивают PGP-активность [1]. В качестве носителя PGP-бактерий и одновременно мелиоранта часто используется биочар – богатый углеродом продукт, получаемый путем пиролиза биомассы. Он отличается высокой пористостью, большой удельной поверхностью, способностью удерживать влагу и элементы минерального питания [2].

Solanum lycopersicum L. (томат) является одной из важнейших сельскохозяйственных культур, обеспечивая 16% мирового объема

производства овощей. При действии стрессовых факторов, включая засоление, их урожайность может снижаться на 50-70% [5]. В связи с этим поиск эффективных и экологически безопасных способов защиты растений от солевого стресса представляет собой актуальную научно-практическую задачу.

Цель исследования: оценить влияние биочара и галотолерантного штамма ризобактерий (на морфофизиологические параметры растений *S. lycopersicum* в условиях NaCl-индуцированного стресса).

Материалы и методы. Для достижения поставленной цели был проведен эксперимент в вегетационных сосудах, в качестве объекта исследования был выбран *S. lycopersicum* сорт Al-Muftarish (Ирак). В качестве базового субстрата использовали садово-огородный нейтрализованный низинный торфогрунт (ГК «Селигер-Агро», Россия). Для улучшения физико-химических свойств почвы в качестве мелиоранта использовали биочар, полученный из семян финиковой пальмы (*Phoenix dactylifera* L.) путем медленного пиролиза при температурах от 300 до 350 °С. Используемый штамм был выделен в 2023 г. из ризосферы *Tussilago farfara* L., вблизи рудника «Сафьяновская медь» (Реж, Свердловская область). Он был идентифицирован методом 16S рРНК до рода и зарегистрирован в 2024 г. в National Center for Biotechnology Information как *Pseudomonas* sp. STF13 (PQ686311). Тестирование штамма, проведенное ранее, показало его способность к солюбилизации нерастворимых фосфатов, продукции фитогормонов, сидерофоров и аммиака, а также устойчивость к высоким концентрациям NaCl [2]. Культуру *Pseudomonas* sp. STF13 предварительно выращивали на среде Лурия-Бертани (LB) в течение 3 суток, затем отделяли от нее центрифугированием и разводили в стерильной дистиллированной воде до концентрации $\sim 10^8$ кл./мл. Эксперимент включал 4 варианта: 1) контроль; 2) 160 мМ NaCl (полив раствором 2 раза в неделю); 3) биочар (БЧ, 2,5%)+STF 13; 4) БЧ+STF 13+160 мМ NaCl. Перед посадкой семена томатов поверхностно стерилизовали, замачивали в стерильной дистиллированной воде на ночь, затем высаживали на торфогрунт. Через 16 дней по 6 проростков пересаживали в пластиковые вегетационные сосуды объемом 3 л (по 3 сосуда в каждом варианте). Заражение проростков томатов в 3-м и 4-м вариантах проводили путем прикорневого внесения жидкого инокулянта *Pseudomonas* sp. STF 13 (по 5 мл на проросток).

Растения выращивали 65 дней при естественном освещении и комнатной температуре. По окончании эксперимента были измерены высота побега, биомасса листьев, стебля и корней и определены некоторые физиолого-биохимические параметры. Водный статус растений (водный дефицит и водообеспечение) определяли весовым методом плавающих дисков: высечки листьев (0,9 см²) взвешивали (свежая масса), насыщали в дистиллированной воде 2 ч, снова взвешивали и высушивали при 75 °С до абсолютно сухой массы. Все физиолого-биохимические параметры определяли в свежих листьях и пересчитывали на 1 г сухого веса. Содержание хлорофиллов (Хл а, Хл b) и каротиноидов определяли спектрофотометрически («APEL» PD303UV) при 470, 647, 663 нм и рассчитывали согласно Lichtenthaler [4]. Содержание

пероксида водорода (H_2O_2), малонового диальдегида (МДА), свободного пролина и растворимых фенолов определяли спектрофотометрически согласно стандартным методикам [3]. В таблице и на рисунках представлены средние арифметические значения и их стандартные ошибки. Достоверность различий между вариантами оценивали с помощью критерия Тьюки. Разными буквами латинского алфавита обозначены достоверные различия между вариантами в пределах каждого параметра при $p < 0,05$.

Результаты и обсуждение. В условиях солевого стресса высота побега *S. lycopersicum* была ниже, чем в контрольной группе, в среднем в 1,6 раза. При этом внесение в почву БЧ и бактериальная инокуляция проростков не оказывали значимого влияния на высоту растений (табл. 1). Воздействие NaCl подавляло накопление биомассы как надземных, так и подземных органов: после обработки этим стрессором их биомасса была в среднем в 2,3 раза ниже по сравнению с контролем. Применение комбинации БЧ+STF13 частично нивелировало негативный эффект засоления: сухая биомасса всех органов, хотя и снижалась относительно контроля, тем не менее была выше, чем в варианте 160NaCl, в среднем на 37% (табл. 1).

Таблица 1 – Морфофизиологические параметры *S. lycopersicum*

Параметр	Варианты эксперимента			
	Контроль	160 mM NaCl	БЧ+STF13	БЧ+STF13+ 160 mM NaCl
Высота побега, см	28,39±1,16a	17,83±0,75b	26,83±0,71a	16,83±0,92b
Сухая биомасса листьев, г	0,29±0,01a	0,13±0,01c	0,31±0,01a	0,18±0,01b
Сухая биомасса стебля, г	0,57±0,03a	0,25±0,03b	0,65±0,05a	0,31±0,03b
Сухая биомасса корня, г	0,15±0,01b	0,06±0,00d	0,19±0,01a	0,09±0,01c
Водный дефицит, %	7,45±0,23d	17,58±0,43a	8,87±0,37c	12,05± 0,83b
Водообеспечение, %	92,55±0,23a	82,42±0,43c	91,13±0,37a	87,95±0,83b
Хл а, мг/г сух. веса	12,87±0,63a	3,06±0,27c	13,38±0,42a	6,69±0,35b
Хл b, мг/г сух. веса	5,59±0,20b	1,74±0,10d	7,86±0,74a	3,50±0,28c
Каротиноиды, мг/г сух. веса	2,71±0,18a	0,73±0,05c	2,75±0,04a	1,31±0,09b

NaCl-индуцированный стресс приводил к увеличению водного дефицита в тканях *S. lycopersicum* (на 30%) и снижению водообеспечения (на 12%). Как известно, избыток растворимых ионов, прежде всего натрия и хлора угнетает

рост и развитие растений, ограничивая поглощение воды корневой системой [2]. Добавление БЧ и штамма STF13 частично ослабляло отрицательное действие соли (табл. 1), поскольку биочар не только улучшает структуру почвы, но и способен удерживать влагу и адсорбировать ионы натрия, снижая их доступность для корней [2, 7].

В условиях солевого стресса значительно понижалось содержание фотосинтетических пигментов в листьях *S. lycopersicum* (в среднем в 3,7 раз по сравнению с контролем). Однако добавление БЧ+STF13 смягчало негативный эффект NaCl: содержание хлорофиллов и каротиноидов возрастало (в среднем в 2 раза) по сравнению с отдельным действием соли, хотя и было существенно ниже, чем в контроле (табл. 1). При поливе раствором NaCl отношение Хл а/ Хл b снижалось на 30%, что указывает на возможное повреждение фотосистем, а добавление БЧ+STF13 восстанавливало этот показатель до уровня контроля. Таким образом, при солевом стрессе БЧ и STF13 проявляли выраженный защитный эффект, повышая солеустойчивость растений *S. lycopersicum*.

Солевой стресс приводил к значительному повышению уровня H_2O_2 (в 4,6 раза), что свидетельствует о развитии окислительного стресса (рис. 1а). Внесение БЧ+STF13 снижало содержание H_2O_2 на 63% по сравнению с вариантом изолированной обработки раствором NaCl. Уровень МДА, используемого в качестве маркера перекисного окисления липидов, также возрастал в варианте 160NaCl на 54% относительно контроля (рис. 1б). Комбинация БЧ+STF13, как в присутствии, так и в отсутствии NaCl, поддерживала концентрацию МДА на уровне контрольной группы. Наблюдаемое снижение содержания H_2O_2 и МДА под влиянием БЧ и STF13 указывает на наличие антиоксидантного эффекта.

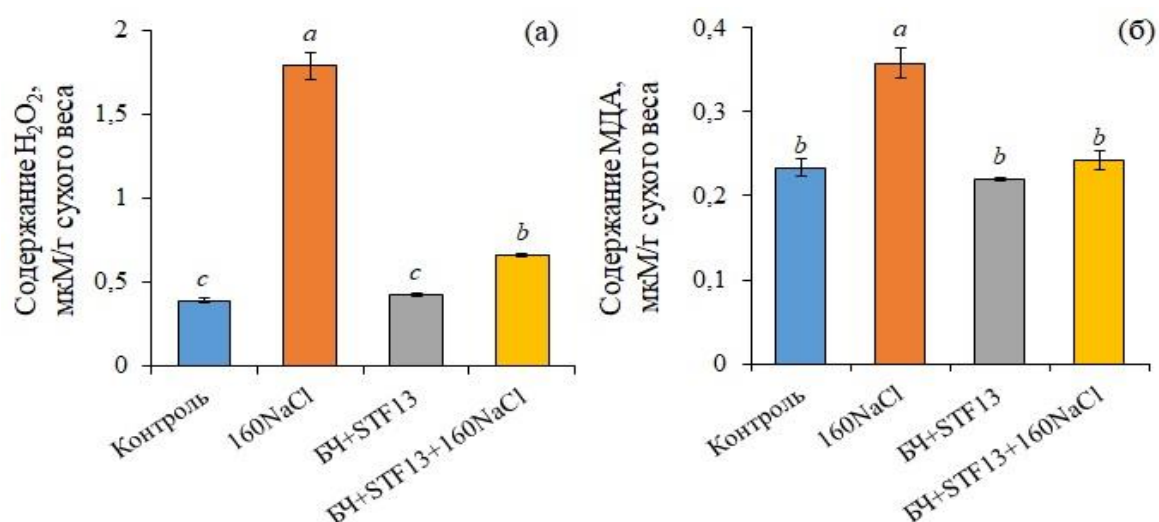


Рис. 1. Содержание пероксида водорода (а) и малонового диальдегида (б) в листьях *S. lycopersicum*

Анализ содержания свободного пролина в листьях и корнях *S. lycopersicum* показал, что воздействие 160 мМ NaCl вызывало его значительное накопление по сравнению с контролем – в 17 и 36 раз соответственно.

Аккумуляция пролина представляет собой типичную защитную реакцию растений на засоление, поскольку данный метаболит относится к ключевым осмопротекторам. Применение комбинации БЧ+STF13 достоверно снижало накопление пролина относительно действия одного NaCl: в листьях – на 38%, в корнях – на 36%, что свидетельствует об ослаблении осмотического стресса у растений (рис. 2а). Добавление NaCl оказывало негативное влияние на содержание растворимых фенолов, включая флавоноиды, их содержание было ниже в 1,6 раз, чем в контроле, даже при использовании БЧ+STF13 (рис. 2б).

Известно, что избыток солей вызывает осмотический стресс и нарушение ионного гомеостаза, из-за чего растение тратит ресурсы на выживание, а не на синтез защитных вторичных метаболитов, включая фенольные соединения [3]. Следует отметить, что в отсутствие NaCl комбинация БЧ+STF13 способствовала значимому накоплению в листьях как общего количества растворимых фенолов, так и флавоноидов (рис. 2б). Фенольные соединения играют особую роль в формировании системной устойчивости растений. Усиленный синтез этих антиоксидантов помогает растению нейтрализовать последствия засоления. Однако под воздействием активных форм кислорода они могут разрушаться [3].

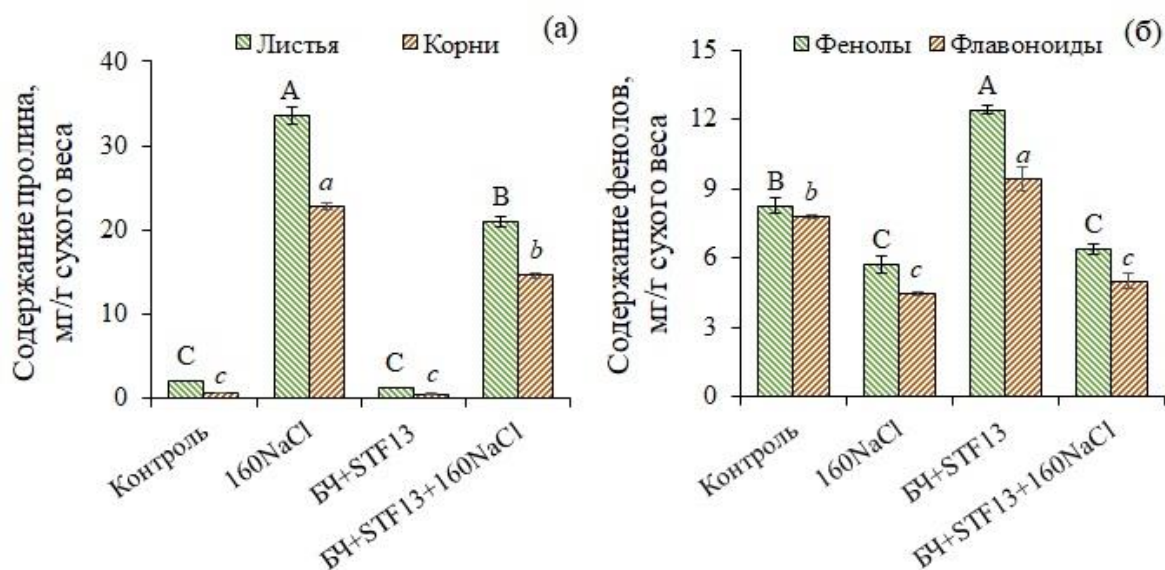


Рис. 2. Содержание пролина (а) и растворимых фенольных соединений (б) в листьях *S. lycopersicum*

В целом результаты исследования позволяют сделать вывод о том, что синергия БЧ и галотолерантных PGP-ризобактерий способствует ослаблению токсического действия NaCl на растения томатов, а, следовательно, повышению их солеустойчивости.

Заключение. Комбинированное применение биочара и галотолерантного штамма PGP-ризобактерий *Pseudomonas* sp. STF13 обеспечило выраженный протекторный эффект в условиях солевого стресса (160 mM NaCl), способствуя улучшению ключевых физиолого-биохимических показателей *S. lycopersicum*: увеличению биомассы и фотосинтетических пигментов, уменьшению водного

дефицита, накопления прооксидантов (H_2O_2 и МДА), а также пролина как одного из маркеров осмотического и окислительного стресса. В дальнейшем целесообразно оценить эффективность использования комбинации БЧ+STF13 в отношении других видов культурных растений и стрессовых воздействий.

Работа выполнена в рамках государственного задания Министерства науки и высшего образования (тема FEUZ-2024-0011).

Библиографический список

1. Аликулов Б.С. Механизмы снижения солевого стресса у растений при помощи солеустойчивых бактерий, выделенных из галофитов // Научное обозрение. Биологические науки. 2023. № 1. С. 98-104.
2. Борисова Г.Г., Малева М.Г., Салата А.А., Тугбаева А.С., Авраменко А.В., Собенин А.В. Композитное биоудобрение на основе биочара и галотолерантного штамма PGPR *Pseudomonas* sp. смягчает NaCl-индуцированный стресс у подсолнечника // Субтропическое и декоративное садоводство. 2026. № 96. С. 137-153.
3. Методы оценки антиоксидантного статуса растений: учеб. пособие / Г.Г.Борисова и др.; отв. ред. Н.В.Чукина. Екатеринбург: Изд-во Уральского ун-та, 2012. 72 с.
4. Lichtenthaler H. K. Chlorophylls and carotenoids: pigments of photosynthetic membranes // Methods in Enzymology. 1987. V. 148. P. 350-382.
5. Mustafa M., Mwangi R.W., Szalai Z., Kappel N., Csambalik L. Sustainable responses to open field tomato (*Solanum lycopersicum* L.) stress impacts // Journal of Agriculture and Food Research. 2025. V. 21(4):101825.
6. Shrivastava P., Kumar R. Soil salinity: a serious environmental issue and plant growth promoting bacteria as one of the tools for its alleviation // Saudi Journal of Biological Sciences. 2015. V. 22. № 2. P. 123-131.

ПЕРВИЧНЫЙ СКРИНИНГ СВОЙСТВ АССОЦИАТИВНЫХ БАКТЕРИЙ ПЛОДОВ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ КУЛЬТУР

Сопрунова О.Б., профессор, доктор биологических наук¹

Чернухина О.С.^{1,2}

¹ФГБОУ ВО «Астраханский государственный технический университет»

²ФГБУ «Федеральный центр оценки безопасности и качества продукции агропромышленного комплекса», Астрахань, Россия

Введение. Микроорганизмы широко распространены в агроэкосистемах и играют важную роль в функционировании растительных организмов. Среди них встречаются как полезные формы, способствующие росту, развитию и повышению устойчивости растений к неблагоприятным условиям среды, так и патогенные микроорганизмы, вызывающие различные заболевания сельскохозяйственных культур. Изучение микробиоты растений имеет важное

значение для понимания биологических процессов, протекающих в растительном организме, а также для выявления потенциальных фитопатогенных бактерий, способных оказывать негативное влияние на урожайность и состояние растений [1].

Целью настоящего исследования являлось выделение бактериальных изолятов из сельскохозяйственных растений (картофель, томат, чеснок), их фенотипическая идентификация и первичный скрининг мацерирующей способности культивируемых *in vitro* изолятов.

Материалы и методы. Объектами исследования являлись ассоциативные бактерии, выделенные из овощных культур (картофель, томат, чеснок), выращенных в Астраханской области. Отбор проб проводили из растительных тканей с характерными признаками поражения [2].

Растительный материал измельчали, растирали в ступке и готовили водную суспензию, которую высевали на поверхность плотных питательных сред с помощью шпателя Дригальского. Посевы инкубировали при температуре 30 °С в течение 7 суток. Для культивирования микроорганизмов использовали питательные среды: картофельный агар, свекольный агар, YDC, TZCA, среду Кинг В и селективную среду YMA [2]. Чистые культуры бактерий получали методом истощающего штриха [5].

Культуральные признаки колоний изучали визуально, морфологические и тинкториальные свойства – методом окраски по Граму с помощью светового микроскопа Микромед Р-1-LED [5]. Предварительную идентификацию бактерий проводили по «Определителю бактерий Берджи» (1997) [4].

Способность бактерий к мацерации растительной ткани определяли на дисках корнеплодов (картофель, свекла, морковь). Предварительно простерилизованные диски помещали в чашки Петри на увлажнённую фильтровальную бумагу и наносили суточные культуры исследуемых бактерий. Посевы инкубировали при температуре 30 °С в течение 3–5 суток. Степень мацерации оценивали визуально по признакам размягчения и потемнения ткани и выражали в процентах как отношение площади поражённого участка к общей площади диска. Полученные данные использовали для оценки мацерирующей активности и потенциальной фитопатогенности выделенных изолятов [2].

Результаты и обсуждение. В ходе выделения ассоциативных микроорганизмов из овощных культур (томат, чеснок, картофель) получено 20 бактериальных изолятов. На основании анализа морфологических, тинкториальных и культуральных признаков, а также с использованием «Определителя бактерий Берджи» (1997), выделенные изоляты были предварительно отнесены к нескольким таксономическим группам (рис.1).

Установлено, что около 70% исследованных изолятов представлены грамположительными спорообразующими бактериями, относящиеся предположительно к представителям семейства Bacillaceae.

Около 20% выделенных изолятов являются грамотрицательными неспорообразующими бактериями. Данная группа представляет наибольший интерес с точки зрения потенциальной фитопатогенности, поскольку

большинство известных бактериальных фитопатогенов относится к семействам *Pseudomonadaceae* и *Enterobacteriaceae*.

Оставшиеся 10% изолятов представлены грамположительными неспорообразующими палочковидными бактериями, которые предположительно отнесены к семейству *Microbacteriaceae*. Представители данной группы сравнительно редко встречаются среди фитопатогенных микроорганизмов, а также значительно реже используются в качестве биологических агентов контроля фитопатогенов.



Рис. 1. Соотношение морфологических форм исследуемых изолятов

Первичный скрининг наличия фитопатогенных свойств проводили по способности выделенных изолятов мацерировать растительную ткань корнеплодов. При оценке мацерирующей активности все выделенные изоляты по-разному проявляли мацерирующую активность ко всем субстратам (рис. 2).

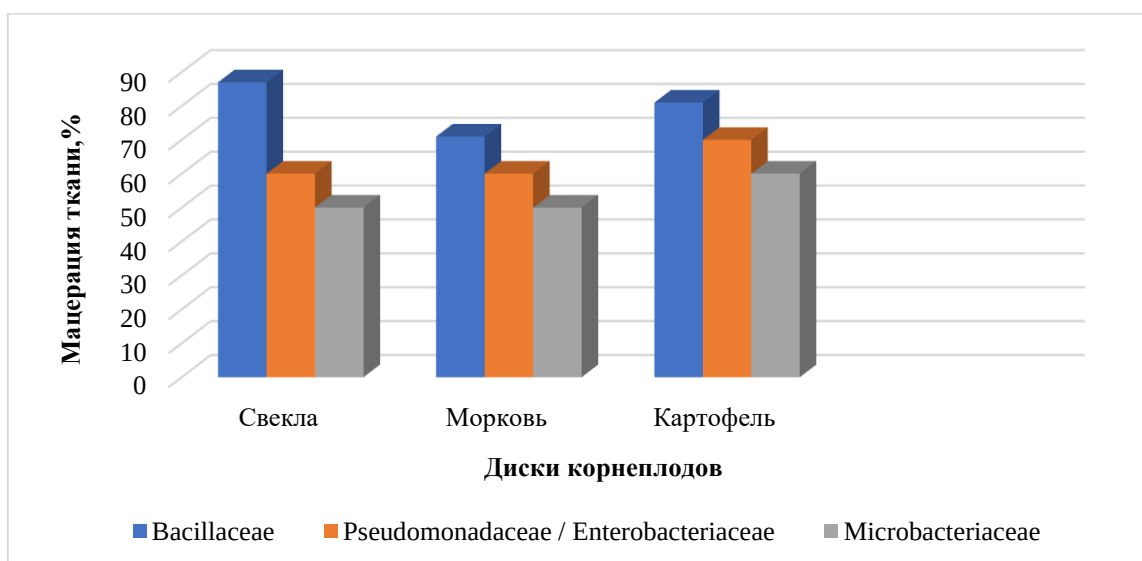


Рис. 2. Мацерирующая активность бактериальных таксономических групп (*Bacillaceae*, *Pseudomonadaceae/Enterobacteriaceae*, *Microbacteriaceae*) на тканях корнеплодов

Мацерация характерна для части грамотрицательных изолятов, отнесённых к семействам *Pseudomonadaceae* и *Enterobacteriaceae*.

Максимальные показатели мацерирующей активности зарегистрированы для изолятов семейства *Bacillaceae* по отношению к тканям исследуемых корнеплодов по сравнению с другими бактериальными группами. Однако, данная способность свидетельствует прежде всего о наличии ферментов (пектиназ, протеаз, целлюлаз и др.), являющиеся специфическими катализаторами, обеспечивающими жизнедеятельность микробной клетки (обмен веществ, рост, размножение и защиту и т.п.) [6].

Бактериальные изоляты, относящиеся к семейству *Microbacteriaceae*, характеризуются более низкой мацерирующей активностью по отношению к растительным тканям, хотя для представителей данного семейства также характерно наличие гидролитических ферментов (протеаз, целлюлаз и др.), играющих важную роль в круговороте биогенных элементов и разложении органики [6].

Заключение. В результате исследования из тканей сельскохозяйственных растений (томат, картофель, чеснок) выделено 20 бактериальных изолятов, культивируемых *in vitro*. Установлено преобладание грамположительных спорообразующих бактерий, предположительно относящихся к семейству *Bacillaceae*. При этом наибольший фитопатологический интерес представляют грамотрицательные неспорообразующие изоляты, относящиеся к семействам *Pseudomonadaceae* и *Enterobacteriaceae*, поскольку именно среди них широко распространены возбудители мягких гнилей и других бактериозов растений [3]. Проведённый тест на мацерацию растительных тканей показал, что все выделенные группы бактерий в той или иной степени способны вызывать размягчение тканей корнеплодов, однако наиболее выраженная активность отмечена для изолятов, отнесённых к семейству *Bacillaceae*, тогда как представители семейства *Microbacteriaceae* характеризовались более низкой мацерирующей способностью. Полученные результаты подтверждают целесообразность дальнейшего углублённого изучения выделенных изолятов с использованием биохимических и молекулярно-генетических методов идентификации для уточнения их филогенетического положения и оценки потенциальной фитопатогенности.

Библиографический список

1. Горшков, В.Ю. Бактериозы растений: молекулярные основы формирования растительно-микробных патосистем. К.: и-во Сергея Бузукина, 2017. 304 с.
2. Желдакова Р.А., Мямин В.Е. Фитопатогенные микроорганизмы: Учебно-методический комплекс для студентов биол. фак. спец. Г - 31 01 01 «Биология». Минск: БГУ, 2006. 116 с.
3. Котляров В. В. Бактериальные болезни культурных растений : учеб. Пособие. Краснодар.: Тип. КубГАУ, 2008. 324 с.

4. Определитель бактерий Берджи. В 2-х т. Т. 2 / под ред. акад. РАН Г. А. Заварзина. М.: Мир, 1997.

5. Практикум по микробиологии / Е.З. Теппер, В.К. Шильникова, Г.И., Переверзева. М.: Дрофа, 2004. 256 с.

6. Ферменты микроорганизмов // Пестициды.ru: справочник. URL: https://www.pesticidy.ru/dictionary/Enzymes_of_microorganisms (дата обращения: 01.04.2026).

РАМАНОВСКИЙ АНАЛИЗ ПРОМЕЖУТОЧНЫХ ПРОДУКТОВ ПРИ БИООКИСЛЕНИИ ЗОЛОТОНОСНОГО ПИРИТА (ХВОСТЫ УГМК) УМЕРЕННО ТЕРМОФИЛЬНЫМИ БАКТЕРИЯМИ

Фурсов А.И.

ФГБОУ ВО Воронежский государственный университет, г. Воронеж, Россия

Введение. Упорные золотые руды составляют около 60% мировых запасов золота. Основная причина трудноизвлекаемости – субмикроскопическое золото, включённое в сульфидные минералы, прежде всего в пирит. По данным рационального анализа хвостов УГМК, 82,1% золота связано с сульфидами, свободное золото составляет лишь 12,8%. Предварительное биоокисление является экономичным и экологичным методом вскрытия сульфидной матрицы, однако его эффективность ограничена замедлением окисления из-за образования промежуточных продуктов (элементарная сера, полисульфиды, ярозит).

Цель работы: идентификация промежуточных продуктов биоокисления золотоносного пирита УГМК методом рамановской спектроскопии.

Материалы и методы. Использована проба золотоносного пирита – хвосты УГМК (содержание Au 0,089–1,119 г/т). Проба измельчена до фракции - 200 меш, дважды промыта 0,1 М H₂SO₄. Умеренно термофильные бактерии культивировали на среде 9К. Биоокисление проводили при 42°C, 125 об/мин, начальный pH 2,0, начальная концентрация клеток 2×10⁷ мл⁻¹. Абиотический контроль – без инокуляции с добавлением тимола. Рамановские спектры (532 нм, 100-600 см⁻¹) регистрировали для исходного пирита и остатков биоокисления на 6-е и 10-е сутки.

Результаты и обсуждение. В таблице 1 представлены характеристики биоокисления золотоносного пирита УГМК. В абиотическом контроле общее Fe достигло 0,69 г/л к 12-м суткам, Fe²⁺ оставалось высоким. При биоокислении общее Fe возросло до 7,50 г/л, тогда как Fe²⁺ не превышало 0,26 г/л, что подтверждает активное окисление Fe²⁺→Fe³⁺ бактериями. pH снизился с 2,00 до 1,17. Численность клеток достигла максимума (5,2×10⁷ мл⁻¹) на 6-е сутки, затем снизилась. Замедление биоокисления после 8-х суток указывает на образование пассивирующих продуктов на поверхности пирита.

Таблица 1 – Характеристики биоокисления золотоносного пирита УГМК
(биоокисление, 42°C)

Время, сутки	Общее Fe, г/л	Fe ²⁺ , г/л	pH	ОВП, мВ	Численность клеток, 10 ⁷ мл ⁻¹
0	0,01	0,01	2,00	380	2,0
2	0,48	0,22	1,85	420	3,1
4	1,85	0,28	1,62	458	4,8
6	4,20	0,27	1,45	485	5,2
8	6,10	0,26	1,32	502	4,9
10	7,05	0,26	1,24	510	4,1
12	7,50	0,26	1,17	515	3,2

Рамановский анализ исходного пирита выявил характеристические пики 337, 373 и 423 см⁻¹, соответствующие FeS₂. В остатках биоокисления на 10-е сутки дополнительно зарегистрированы пики при ~145, ~211 и ~466 см⁻¹, идентичные эталонным пикам элементной серы (S₈). На 6-е сутки эти пики выражены слабо, на 10-е – отчётливо. Пики розита отсутствуют.

Таким образом, накопление элементной серы на поверхности золотоносного пирита УГМК является основной причиной пассивации и замедления биоокисления после 8-х суток.

Таблица 2 – Рамановские пики исходного золотоносного пирита УГМК, элементной серы и остатков биоокисления

Образец	Рамановский сдвиг, см ⁻¹	Отнесение
Исходный золотоносный пирит	337	FeS ₂ (пирит)
	373	FeS ₂ (пирит)
	423	FeS ₂ (пирит)
Элементная сера (эталон)	145	S ₈ (кольцевые колебания)
	211	S ₈ (деформационные колебания)
	466	S ₈ (валентные колебания S–S)
Остатки биоокисления, 6 суток	~145 (слабая интенсивность)	элементная сера (начало накопления)
	~211 (слабая)	элементная сера
	~466 (слабая)	элементная сера
Остатки биоокисления, 10 суток	145 (средняя интенсивность)	элементная сера
	211 (средняя интенсивность)	элементная сера
	466 (средняя интенсивность)	элементная сера

Заключение. При биоокислении золотоносного пирита УГМК умеренно термофильными бактериями скорость окисления замедляется после 8-х суток из-за накопления элементарной серы, что впервые подтверждено рамановской спектроскопией. Полученные результаты обосновывают необходимость разработки комбинированных методов (биоокисление с периодическим удалением серы или кавитационная предобработка) для повышения извлечения золота из упорных хвостов.

Библиографический список

1. Лян Ч.-Л., Цинь В.-Ц., Чэнь Ц.-Х., Чжун Ш.-П., Ян Х.-Ц. Рамановский и моссбауэровский анализ промежуточных продуктов, образующихся при биоокислении золотосодержащего пирита умеренно термофильными бактериями // Материалы 4-й Международной конференции по устойчивой энергетике и экологической инженерии (ICSEEE 2015). 2016. DOI: 10.2991/csee-15.2016.62.
2. Фомченко Н.В., Муравьев М.И., Кондратьева Т.Ф. Двухстадийное бактериально-химическое окисление тугоплавких золотосодержащих сульфидных концентратов // Гидрометаллургия. 2010. Т. 101. С. 28-34.

СЕКЦИЯ 4. МЕЖДИСЦИПЛИНАРНЫЕ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ В РЕШЕНИИ АКТУАЛЬНЫХ ВОПРОСОВ МИКРОБИОЛОГИИ

ИГРА КАК ИННОВАЦИОННЫЙ МЕТОД ОБУЧЕНИЯ

Дегтярёва Е.И., доцент, кандидат биологических наук
УО «Гомельский государственный медицинский университет»,
г. Гомель, Беларусь

Большой объем знаний, усвоение которых предусматривает ВУЗ, требует интенсификации процесса обучения, поиска новых форм и путей совершенствования этой работы. Существует известная закономерность: то, что воспринимается эмоционально, запоминается глубоко и надолго, вызывает дополнительный интерес к событиям, объектам, явлениям. В процессе обучения должно происходить переплетение информационного и эстетического, взаимопроникновение эмоционального и познавательного. Благодаря сочетанию этих компонентов усиливается познавательная активность обучаемых, создаются благоприятные условия для творческого осмысления нового.

В первую очередь запоминается необычное, во вторую очередь – повторяемое. В игре присутствует и то и другое, а, кроме того, появляются удивительные факты, остроумные обороты, живые научные примеры, богатство содержания, радость восприятия и победы команды. Игра создает условия для мотивации на учебу и психологического комфорта, так как сопровождается положительными эмоциями. На таких занятиях вырабатывается уравновешенность, умение сдерживать себя, внимательность, самоконтроль, способность учиться на ошибках, умение соблюдать установленные правила. Благодаря этому, активные методы обучения можно использовать как средство формирования сознания, социальной активности, предприимчивости, широты кругозора обучаемых.

Под активными методами обучения понимаются методы, в которых субъективную, активную позицию обучаемый занимает по отношению к педагогу, другим учащимся или индивидуальным средствам обучения, таким, например, как компьютер, рабочая тетрадь или учебник.

Суть метода: студент из ведомого превращается в управляющего процессом познания, при этом активно задействуется его природная любознательность, обучение из работы превращается в игру, т. е. использование активных методов обучения (АМО) становится элементом положительной мотивации студента [1].

Учитывая многообразие подходов к теоретическому осмыслению сущности и классификации активных методов обучения, представляется целесообразным использовать наиболее очевидный способ их классификации – адресный, т. е. определяющий направление использования того или иного способа на занятии. Исходя из этого, возможно разделить многочисленный перечень педагогических воздействий, причисляемых к АМО, всего на три группы (рис. 1).

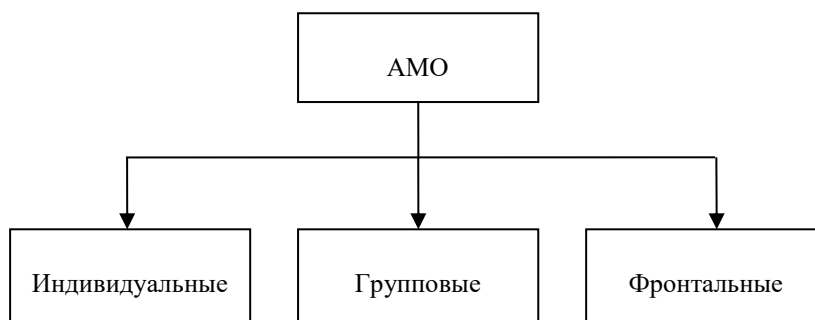


Рис. 1. Активные методы обучения.

Индивидуальные методы (учебник, тетрадь, компьютер) являются активными по характеру действий: студент самостоятельно управляет процессом получения знаний, извлекает из имеющихся источников нужную информацию, разделяет ее на обособленные блоки, распределяет в определенной последовательности, продвигаясь при этом в удобном ему режиме.

Рациональное использование этих методов позволяет:

- развивать прогностические, коммуникативные и организационные навыки работы с информацией;
- обучать логическим приемам обработки информации, алгоритмическим процессам;
- совершенствовать и тренировать мыслительную деятельность личности;
- создавать устойчивые установки на активное восприятие информации.

Групповые методы обучения состоят из обмена сообщениями, в результате которых продуцируется новая учебная информация. Она может быть объективно новой и субъективно новой, т. е. неизвестной ранее учащимся. К групповым методам относятся: работа студентов в группах, анализ конкретных ситуаций, дискуссия, метод проектов.

Фронтальные АМО направлены на работу со всей группой, требуют синхронизации действий студентов и педагога для достижения конкретной учебной цели. Они разделены на две группы: аудиовизуальные деловые игры и тренинги.

Все перечисленные методы расширяют инструментарий педагогических воздействий и позволяют совершенствовать подготовку студентов.

Одним из наиболее эффективных способов интенсификации учебного процесса является сочетание словесно-логического и игрового способов передачи информации, т. е. сочетание слова и игровой деятельности в процессе занятий [2].

Студенты познают окружающий мир с помощью органов чувств, но пропускная способность этих органов различна. Основными каналами получения информации является слуховой и зрительный анализаторы. Система «ухо-мозг» может пропускать в секунду до 50 бит информации. Пропускная способность зрительного анализатора в 100 раз больше. Около 90% всех сведений об окружающем мире студент получает с помощью зрения и только

9% с помощью слуха. У студента, слушающего непрерывную речь, уже через 20 минут начинает ослабевать внимание из-за однообразия раздражителя, каковым в этом случае является голос педагога.

Для сравнения: лишь 10% информации усваивается из того, что учащийся услышал; 50% – из того, что увидел и 90% – в процессе игровой деятельности.

Поскольку способности проявляются, изменяются и развиваются в деятельности, то задача педагога заключается, прежде всего, в том, чтобы организовать построение такой деятельности обучаемых, в процессе которой развивались бы их способности, в особенности творческие. Поэтому основная функция педагогической деятельности состоит не просто в передаче знаний, а в создании проблемно-познавательных ситуаций и управлении процессом познавательной деятельности учащихся с учетом их индивидуальных особенностей.

Постоянное поддержание интереса каждого обучаемого – важная и трудная функция педагога. Это требует подлинного педагогического мастерства.

В педагогической практике игровая деятельность выполняет следующие функции:

- развлекательная (это основная функция игры – развлечь, доставить удовольствие, воодушевить, пробудить интерес);
- коммуникативная (освоение диалектики общения);
- функция самореализации;
- игротерапевтическая (способствует преодолению различных трудностей, возникающих в других видах деятельности);
- диагностическая (выявление отклонений от нормативного поведения, самопознание в процессе игры);
- функция коррекции (внесение позитивных изменений в структуру личностных показателей);
- функция межнациональной коммуникации (усвоение единых для всех людей социально-культурных ценностей);
- функция социализации (включение в систему общественных отношений, усвоение норм человеческого общежития).

В отличие от игр вообще педагогическая игра обладает существенным признаком – четко поставленной целью обучения и соответствующим ей педагогическим результатом, которые могут быть обоснованы, выделены в явном виде и характеризуются учебно-познавательной направленностью. В связи с этим игровая деятельность оказывает существенное воздействие на формирование мировоззрения обучаемых.

Большинству игр присущи следующие особенности:

- свободная развивающая деятельность, предпринимаемая по желанию обучаемого, ради удовольствия от самого процесса деятельности;
- творческий, в значительной мере импровизационный, активный характер деятельности;
- эмоциональная приподнятость, соперничество, состязательность;

- наличие прямых или косвенных правил, отражающие содержание игры, логическую и временную последовательность ее развития;
- самостоятельная выработка решений;
- постоянное взаимодействие обучаемых и педагога;
- обучение в игре осуществляется посредством собственной деятельности учащихся, носящей характер особого вида практики [3].

Все сказанное позволяет сделать вывод: игра – это универсальный элемент всей человеческой культуры, особый вид деятельности, которая имитирует реальную действительность человека в искусственно созданных условиях посредством относительно достоверной модели. Обучение в процессе игры осуществляется посредством организации учебной деятельности самих студентов, которая по своему типу является продуктивной и творческой, а по содержанию – познавательной, практической и ценностно-ориентационной. Игра, игровая деятельность внутренне присуща педагогической деятельности в целом и проявляется, так или иначе, во всех формах учебных занятий. Вместе с тем игра выступает как особый самостоятельный вид учебного занятия, «притягивающий» к себе остальные виды занятий, но не вытесняющий их.

Библиографический список

1. Коковец А.Я. Теория и практика применения активных методов обучения в учебном процессе: Учебно-методическое пособие. Минск: Институт предпринимательской деятельности, 2007. 58 с.
2. Трайнев В.А. Деловые игры в учебном процессе. М.: Изд. дом «Дашков и К», 2002. 360 с.
3. Трофимова З.П., Лутохина Э.А., Наумова С.А. Игра в учебном процессе: Методическое пособие в 2-х частях. Минск: БГПА, изд-во «ВУЗ-ЮНИТИ», 1995. 240 с.

МЕТОДЫ ДИАГНОСТИКИ ЭНДОМЕТРИТА

Захарова О.А., доцент, доктор сельскохозяйственных наук

Гриценко П. В., Гриценко В. В.

ФГБОУ ВО «Рязанский государственный медицинский университет
имени академика И.П. Павлова» Министерства здравоохранения
Российской Федерации, г. Рязань, Россия

Введение. Снижению распространенности эндометрита в настоящее время, когда Правительство Российской Федерации утвердило стратегию демографической политики до 2036 года, придается важное значение в связи с решением проблем увеличения рождаемости и улучшения здоровья населения. В условиях демографической проблемы любые факторы, снижающие фертильность, приобретают особую значимость. Известно, что эндометрит приводит к репродуктивным потерям, его распространённость косвенно влияет на общий уровень рождаемости. Учитывая, что девушки, имеющие данное

заболевание, в большинстве случаев не подозревают о его наличии и вовремя не обращаются к специалистам; заболевание переходит в хроническую форму, которая трудно диагностируется и протекает бессимптомно. Так, острым эндометритом страдает около 2% девушек, в то время как хроническим – до 66%. Хроническая форма заболевания может быть одной из причин бесплодия и неудачной имплантации эмбрионов во время проведения ЭКО. [2, 3].

Цель исследования: проанализировать современные методы диагностики эндометрита при проведении обзора научной литературы.

Материалы и методы. Работа представляет собой теоретическое исследование, основанное на изучении доступных для анализа источников научной литературы. Основные научные методы – логика, сравнение, обобщение, анализ.

Результаты и обсуждение. Борьба с острым эндометритом сводится к выявлению возбудителя и предотвращении осложнений, в том числе переход в хронический эндометрит – форма заболевания, которая наиболее часто проявляется при отсутствии лечения острого эндометрита. В этом случае ключевыми задачами диагностики является подтверждение наличия хронического воспаления.

Методы исследования эндометрита условно делятся на клинические, инструментальные и лабораторные.

К первым относятся: сбор анамнеза (связь с родами, абортами, выскабливаниями, внутриматочными вмешательствами), гинекологический осмотр, оценка жалоб (боли, характер выделений, нарушения менструального цикла). [1, 3]. На основе собранного материала обосновывается необходимость дальнейшего лабораторно-инструментального обследования.

Ко вторым относятся: ультразвуковая диагностика (УЗИ), гистероскопия (диагностическая с прицельной биопсией) и другие. Эти методы способствуют визуализации полости матки, оценке состояния эндометрия (толщина, контуры, эхогенность, кровоток при УЗИ; цвет, сосудистый рисунок, наличие микрополипов и синехий при гистероскопии) и обеспечению получения биоптата для последующего лабораторного (морфологического и молекулярно-биологического) исследования. [4].

Третьи методы – лабораторные – включают общий анализ крови (лейкоцитоз, СОЭ, сдвиг формулы влево), микроскопию мазка (бактериоскопия), бактериологический посев (с определением чувствительности к антибиотикам), гистологическое исследование (стандартная микроскопия биоптата), полимеразную цепную реакцию (ПЦР) микробиоты полости матки (включая вирусы) и иммуногистохимию (ИГХ) с CD138. [1, 2]. Цель – подтвердить наличие воспалительного процесса, идентифицировать возбудителя или его ДНК, а при хроническом эндометрите – верифицировать диагноз на клеточном и тканевом уровне (гистология, иммуногистохимия с CD138) для назначения этиотропной и патогенетической терапии.

В современной медицине очень быстро развиваются лазерные технологии, фототехники и программные алгоритмы обработки данных, способствующие появлению новых методов диагностики.

Рассмотрим некоторые современные методы диагностики.

К примеру, оптическая спектральная диагностика состояния эндометрия базируется на различной способности тканей поглощать и отражать свет. Сегодня проведение оптической спектроскопии *in vivo* выполняется с использованием современного высокоинформативного прибора «ФОТОН-БИО». В процессе диагностики применяются одноразовые стерильные световодные насадки с оптически прозрачной поверхностью. Они обеспечивают асептический контакт между спектрометром и пациентом, предотвращают загрязнение оптического световодного инструмента и гарантируют воспроизводимость результатов измерений.

Для работы и управления прибором использовалась программа PHOTON-BIO, основными функциями которой являются проведение диагностики (спектроскопии отражения белого света, фотолюминесцентной спектроскопии и романовской спектроскопии) состояния внутренней оболочки матки; создание и хранение базы данных пациенток; хранение амплитудно-спектральных характеристик тканей эндометрия; вычисление индексов насыщенности тканей эндометрия кислородом, микроциркуляции, пролиферативной активности, структурированности, антиоксидантной защиты и метаболизма. Данные выдаются в виде числовых значений и графиков, что позволяет обнаружить отклонения, отследить динамику состояния эндометрия в процессе лечения. Метод позволяет оценить морфофункциональные параметры эндометрия: структуру, толщину, уровень кровоснабжения и оксигенации, показатели тканевого обмена веществ, а также выявить патологический индекс – маркер патологии.

Альтернативным методом является ультразвуковая эластография, в основе которой лежит различная реакция тканей на механическое воздействие ультразвуковых волн. Ткани повышенной жёсткости (например, при воспалительных процессах) поглощают ультразвук в большей степени, чем здоровые мягкие ткани, что позволяет визуализировать патологические очаги и оценивать их природу. Эластография относится к современным ультразвуковым методикам, дающим возможность количественно и качественно оценивать упругость и эластичность тканей. При исследовании матки она позволяет выявить структурные изменения, что имеет значение для диагностики миомы матки, эндометриоза, кист, опухолевых образований, а также воспалительных реакций. В отличие от стандартного ультразвукового исследования, эластография предоставляет дополнительные сведения о механических свойствах тканей, повышает диагностическую точность. Различают два основных типа эластографии: эластография сжатия использует механическое давление на ткань с помощью ультразвукового датчика; сдвиговая волновая эластография (SWE) применяет акустические сдвиговые волны, которые передаются через ткани и позволяют измерить их жёсткость на

разных глубинах. Метод позволяет диагностировать хронический эндометрит и дифференцировать различные его формы. У пациенток с данным заболеванием показатели жёсткости эндометрия достоверно выше, чем у здоровых женщин. Эластография матки может проводиться трансабдоминально (через переднюю брюшную стенку) или трансвагинально (с введением датчика во влагалище). Однако данная методика пока не используется рутинно и требует квалифицированной интерпретации опытным специалистом. Таким образом, ультразвуковая эластография может выступать в роли дополнительного метода, повышающего информативность диагностики за счёт оценки механических свойств тканей.

«Золотым стандартом» диагностики хронического эндометрита является выявление в его тканях скопления плазматических клеток (CD138-мембранные белки плазматических клеток, в норме отсутствуют). Кроме того, при хроническом эндометрите качественное окрашивание на CD20 (маркер, индуцирующий В-лимфоциты) выявлено в 53,5%, на CD8 (маркер цитотоксических Т-лимфоцитов) и CD4 (маркер Т-хелперов) – в 55,8%, CD56 (маркер натуральных киллеров) – в 51,2%. Таким образом, подтверждено, что при хроническом эндометрите в ткани эндометрия значительно превышен уровень цитотоксических Т-лимфоцитов, Т-лимфоцитов хелперов, естественных киллеров и В-лимфоцитов [2].

Так, распространены такие лабораторные методы, как полимеразная цепная реакция (ПЦР) в режиме реального времени (ПЦР-РВ), с помощью которой можно оценить наличие и количество микроорганизмов в биоматериале. С его помощью можно выявить ДНК облигатно-патогенных возбудителей инфекций, передающихся половым путём (ИППП), а также условно-патогенных микроорганизмов (УПМ). Тест-система позволяет провести количественную оценку 24 групп микроорганизмов, например: *Staphylococcus* spp., *Streptococcus* spp., *Corynebacterium* spp., *Gardnerella* spp., *Leptotrichia* spp. и др. Количество каждого микроорганизма или группы микроорганизмов рассчитывается по пороговому циклу амплификации (первый цикл ПЦР, при котором интенсивность флуоресценции достигает заданного порогового уровня), затем определяется его доля относительно общей бактериальной массы (ОБМ). В качестве отрицательных контрольных образцов (ОКО) используется стерильная деионизированная вода. В ОКО положительные сигналы по некоторым микробным агентам в ПЦР-РВ фиксировали не ранее 35-го цикла амплификации (что соответствовало микробной нагрузке менее 10^3 геном-эквивалентов на образец). На основании этого значимым считали количество микроорганизмов не менее 10^3 ГЭ/образец, что соответствовало положительному сигналу в ПЦР-РВ до 35-го цикла. Меньшие показатели рассматривали как отрицательные с учетом высокой чувствительности метода и невозможности дифференцировать положительные сигналы, получаемые в ОКО и образцах с крайне низким содержанием бактериальной ДНК. Исключение составляли *Ureaplasma* spp., *Mycoplasma* spp., по которым положительный сигнал в ОКО отсутствовал. При получении

сигнала на любом цикле амплификации результат ПЦР-РВ по этим группам микроорганизмов расценивали как положительный [1].

Используется метод рН-метрии, являющийся важным инструментом диагностики и мониторинга различных гинекологических состояний. Измерение кислотности влагалищной среды позволяет комплексно оценить репродуктивное здоровье пациенток и своевременно выявить патологические изменения. У здоровых женщин репродуктивного возраста уровень рН влагалища составляет 3,8-4,5, что свидетельствует о кислой среде, обусловленной продукцией молочной кислоты лактобактериями – основными представителями нормальной микрофлоры влагалища. В кислой среде создаются неблагоприятные условия для роста и размножения патогенных микроорганизмов, что тормозит развитие инфекционных заболеваний. В настоящее время уровень рН влагалища измеряется с использованием специализированных медицинских инструментов. В частности, некоторые гинекологические зеркала Куско оснащены индикаторами, позволяющими определить рН непосредственно в ходе осмотра пациентки. Такие зеркала содержат два индикатора – активный и контрольный. Изначально оба индикатора имеют схожую окраску: активный индикатор отображается синим цветом, контрольный – сине-зеленым. При значении $\text{pH} \leq 4,5$ активный индикатор меняет цвет с синего на желтый или желто-зеленый. Если после осмотра оба индикатора остаются близкими по цвету (синий или сине-зеленый), это указывает на рН влагалищной среды выше 4,5 и наличие воспалительных процессов. Дополнительно применяют методику измерения рН с помощью зонда, оснащенного рН-метром. Зонд последовательно продвигают от влагалища до полости матки, фиксируя уровень рН во влагалище, области наружного зева, канале шейки матки, в области внутреннего зева и полости матки. Затем зонд перемещают в обратном направлении. После выведения его датчик прикасается к слизистой оболочке заднего свода влагалища для окончательной фиксации показаний. Таким образом, установлены нормативные значения рН для различных анатомических зон. Применение гинекологических зеркал, зондов и тест-полосок с рН-индикаторами является одним из современных и инновационных методов экспресс-диагностики состояния влагалищной среды. Такие методы позволяют оперативно выявлять воспалительные процессы, что способствует повышению качества диагностики заболеваний у женщин [5].

Иммуногистохимическое (ИГХ) исследование проводится для дополнительной оценки состояния эндометрия и выявления воспалительных изменений [2].

Культуральное исследование – традиционный метод этиологической лабораторной диагностики инфекционных процессов. Включает посев биоптата эндометрия на специальные питательные среды для выявления аэробных и анаэробных микроорганизмов, а также определения их чувствительности к антибиотикам. Для культивирования разных типов микроорганизмов могут использоваться специальные среды: например, сахарный агар с добавлением

5% донорской крови для факультативно-анаэробных микроорганизмов, прeredуцированный агар Schaedler с добавками для строгих анаэробов.

Масс-спектрометрия микробных маркеров (МСММ) – еще один метод, основанный на идентификации и количественной оценке специфических молекул микробного происхождения в биоптатах эндометрия.

Заключение. Анализируя проведенный обзор научной литературы, можно сделать вывод о необходимости диагностирования заболевания на ранних этапах его развития. Для понимания полной клинической картины в разных ситуациях требуется применение различных диагностических методов. В то же время клинические методы являются обязательными при любой форме эндометрита. Выбор же дополнительных (инструментальных, лабораторных) методов зависит от формы заболевания и конкретной клинической ситуации.

Библиографический список

1. Биоценоз влагалища с точки зрения количественной полимеразной цепной реакции: что есть норма? / Е.С. Ворошилина, Л.В. Тумбинская, А.Е. Донников, Э.Е. Плотко, Л.В. Хаютин // Акушерство и гинекология. 2011. №1. С. 57-65.

2. Клинико-иммунологические параллели у пациенток с бесплодием и хроническим эндометритом до и после экзогенной цитокинотерапии / Ю.Э. Доброхотова, Е.И. Боровкова, В.С. Скальная, Т.К. Ильязов, О.В. Рассохина // Акушерство и гинекология. 2019. №12. С. 154-60.

3. Лещенко О.Я. Хронический эндометрит и репродуктивные нарушения: версии и контраверсии // Бюллетень сибирской медицины. 2020. №19(3). С. 166-176.

4. Озерская И.А., Семилетова А.А., Казарян Г.Г. Ультразвуковая диагностика эндометрита: особенности гемодинамики матки // Медицинская визуализация. 2018. №22(6). С. 82-96.

5. Роль рН-метрии в диагностике и профилактике гинекологических заболеваний: обзор литературы и анализ клинических случаев / Е.В. Сибирская, А.Ю. Курмангалеева, П.О. Никифорова и др. // Эффективная фармакотерапия. 2024. №20 (45). С. 48-55.

МИКРОБИОТА ПОЛОСТИ РТА КАК МАРКЕР СОЦИАЛЬНОЙ БЛИЗОСТИ ПРИ ПОЦЕЛУЕ

Захарова О.А., доцент, доктор сельскохозяйственных наук

Жукова Л.В.

ФГБОУ ВО «Рязанский государственный медицинский университет имени академика И.П. Павлова» Министерства здравоохранения Российской Федерации, г. Рязань, Россия

Введение. Американские исследователи обнаружили древнеегипетские и древнешумерские записи о поцелуях, сделанные 4500 лет назад (ранее считалось, что первые поцелуи у людей появились около 3500 лет назад на территории современной Индии).

Романтический поцелуй является одним из факторов обмена микробными сообществами. Известно, что за 10-ти секунднй поцелуй передается до 80 миллионов бактерий, а содержание маркерных штаммов с идентифицированными генетическими составляющими возрастает в три раза. Проведенный нами обзор научной литературы показал критически малый объем информации как отечественных, так и зарубежных исследователей, хотя интерес к данной теме достаточно велик у людей всех возрастов. Ведь, несмотря на изменения в проявлении чувств между людьми до и после 1990-х гг., поцелуй остается формой социальных взаимоотношений. В современном мире человек имеет представление и о возбудителях заболеваний, передаваемых при контакте людей в процессе поцелуя.

В 2009 году сформировалась наука о поцелуе – филематология, которая носила описательный характер и только сейчас стала экспериментальной. Всемирный день поцелуев отмечается 6 июля.

Исходя из этого, тема является своевременной и актуальной.

Цель: на основе теоретического обзора научной информации ознакомиться с изменениями микробиоты полости рта при романтическом поцелуе.

Рабочая гипотеза: романтический поцелуй обеспечивает микробный обмен и усиливает микробное сходство партнеров.

Материалы и методы. С помощью научных методов анализа, логики, сравнения и заключения на основе обзора научной литературы раскрыть вопрос влияния поцелуя влюбленных на микробиоту полости рта. Полученные нами сведения были статистически обработаны на компьютерной программе Statistika 10. Обоснованием выбранной темы явились опубликованные результаты исследований голландской группы ученых под руководством R. Kort, которые не только измерили объём бактериального трансфера, но и показали, что регулярные поцелуи ведут к значимому сходству микробиоты партнёров. Для оценки микробного состава ими использовались методы секвенирования 16S рРНК и количественной ПЦР. Анкетирование молодежи с целью решения вопроса о информированности о изменениях микробиома полости рта проведено в нашей стране, к примеру, Т.А. Стрельцовой и И.А. Числовой.

Результаты и обсуждение. В норме полость рта заселена обильной и разнообразной микробиотой, которая относится к такой экологической группе как комменсализм. Постоянно на слизистую оболочку ротовой полости воздействуют факторы внешней среды, что изменяет ее состав. Организм человека приспособлен к собственным постоянным представителям микробиоты полости рта, и, имея защитные механизмы, невосприимчив к ней. С другой стороны, микробиота адаптирована к полости рта, при этом существует определенное соотношение между микробиотой и условиями, определяющими ее жизнеспособность в данном биотопе.

Проведенное анкетирование 140 человек в возрасте 16-25 лет позволило оценить уровень знаний об инфекционных агентах, передаваемых с поцелуями, а также актуальность данной темы среди молодежи [4]. Результаты обобщены

нами и представлены в виде поверхности отклика (рис. 1). Так, большинство участников опроса (97%) имеют сведения о возможной опасности передачи микроорганизмов при поцелуе, причем каждый 6-ой участник имел опыт или знал от друзей о возможном заражении инфекционными заболеваниями. Однако, несмотря на это, 88% молодежи акцентировали внимание на отсутствии информации об этом в СМИ. 91% анкетированных лиц проявили желание иметь более четкую информацию по теме.

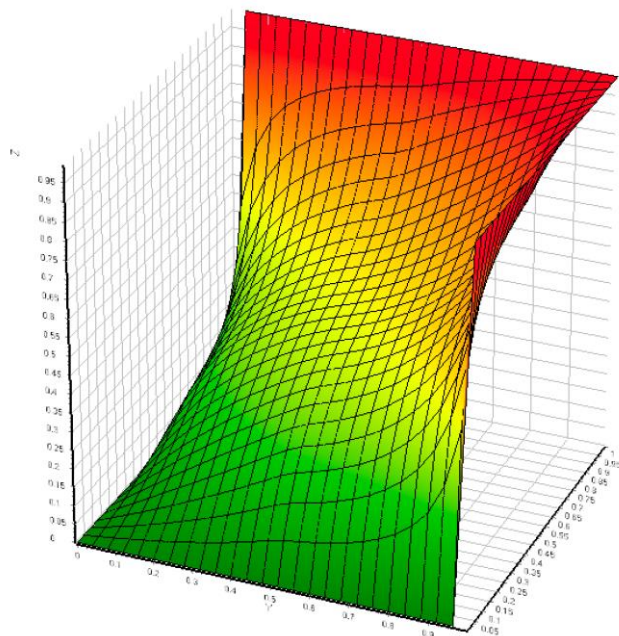


Рис. 1. Поверхность отклика между осведомленными участниками опроса о возможной передаче инфекции при поцелуе (x), желающими получить информацию больше (y) и мнением анкетированных о раскрытии вопроса СМИ(z)

Интерпретация графика на рисунке 1 следующая: большинство респондентов желают получить научнообоснованные сведения о влиянии романтического поцелуя на микробиоту ротовой полости (красный цвет) при этом одни участники имеют сведения о возможном инфицировании (желтый цвет), а другие – владеют информацией в большей степени при личном интересе к проблеме (зеленый цвет).

Обобщая полученные ответы участников анкетирования, нами сделано заключение о возрастающем интересе молодежи к данной теме.

Мало того, многих интересовал вопрос о благоприятных последствиях поцелуя и выработке иммунитета.

В организме человека живут около 100 трлн. микроорганизмов. Их масса составляет до 3 кг, а их суммарный геном в разы больше нашего. На состав микрофлоры влияют возраст, пол, особенности диеты и много других факторов. Рот – это входные ворота в мир наших микробов, в ротовой полости проживает

более 700 разновидностей бактерий. Неудивительно, что поцелуи влияют на это население.

В эксперименте, проводимом группой R. Kort [5], приняла участие 21 пара, у которых отбирались пробы слюны и мазки с дорсальной поверхности языка до и после поцелуя, а также эксперимент с пробиотическими маркерами (*Lactobacillus* и *Bifidobacterium*) для количественной оценки трансфера. Полученные результаты показали, что партнеры имеют на дорсальной поверхности языка 38% общих штаммов оральной микробиоты, а при совместном проживании этот процент еще возрастает. Это в несколько раз выше, чем у родителей и детей: с матерью совпадает до 30% бактерий, отцом – 24%.

Интересные сведения приводятся R. Kort с соавт. [5]: 74% мужчин сообщили о более частых глубоких поцелуях, чем их партнерши. Мужчины целуются в среднем десять раз в день, а женщины – пять.

R. Kort с соавт.[5] считают, что существует положительная обратная связь: микробный обмен может влиять на высвобождение окситоцина, укрепляя эмоциональную привязанность в единой цепи «микробиота–кишечник–мозг»

Изучение микробного сходства в динамике, определение культурных различий, исследование роли специфических таксонов в модуляции иммунных процессов, разработка методов анализа оральной микробиоты как потенциального биомаркера является темой для изучения с целью оповещения молодежи и установления взаимосвязи перечисленных процессов. Топ-15 основных представителей микробиоты полости рта и ее изменения при поцелуе продемонстрированы на авторском рисунке 2. R. Kort [5] показывает сравнение микробиоты полости рта до и после поцелуя. Так, к основным представителям он относит стрептококков, порфиромонад, актиномицетов, лакто- и бифидобактерий и др.

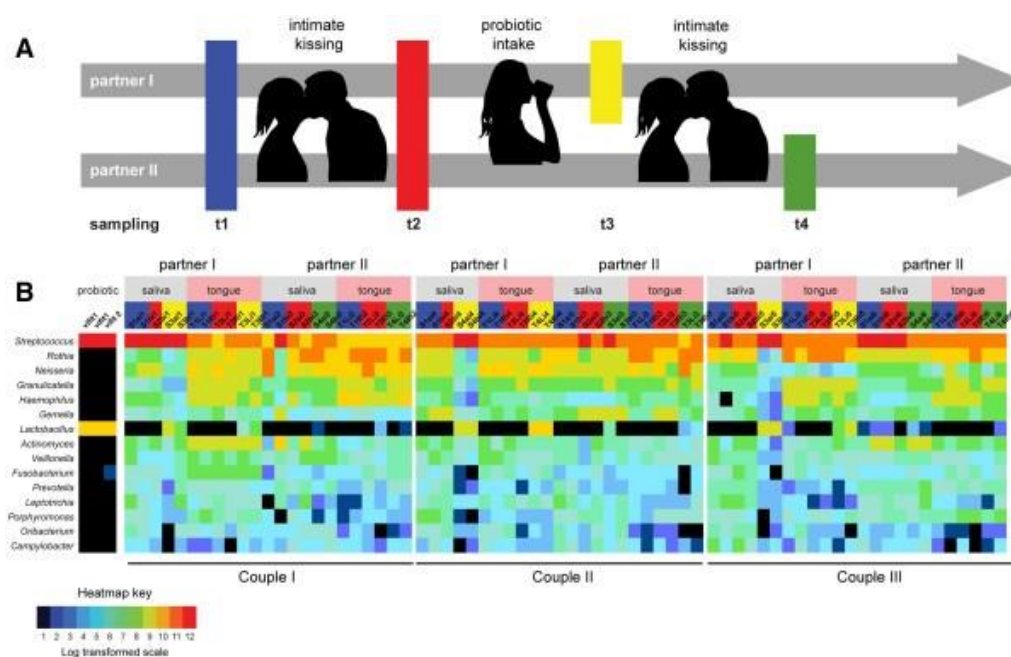


Рис. 2. Топ-15 основных представителей микробиоты полости рта и ее изменения при поцелуе (по Р.Корт, 2024)

Исследователи из Пермского университета [1] указывают на благоприятное влияние поцелуя, который «достался нам эволюционно». Во время поцелуя задействовано множество нервных окончаний, которые активизируют дофаминовую и окситациновую системы головного мозга, вырабатывают гормоны, определяющие степень нашей привязанности. С одной стороны, поцелуи снижают кровяное давление, тонизируют организм, улучшают кровообращение, снимают стресс, а с другой – происходит передача возбудителей заболеваний как вирусных (моновуклеоз и др.), так и бактериальных (гингивит и др.) и вызванных грибами (кандидоз полости рта и др.) [2, 3].

Заключение. Таким образом, поцелуй, являясь формой социального взаимодействия, представляет собой уникальный механизм обмена микробными сообществами. Рабочая гипотеза, выдвинутая нами, подтверждена: романтический поцелуй обеспечивает микробный обмен и усиливает микробное сходство партнеров.

Библиографический список

1. В Пермском политехе рассказали о вреде и пользе поцелуев. Режим доступа: <https://naked-science.ru/article/column/o-vrede-i-polze-potseluev>. Дата обращения 29.03.2026.
2. Захарова О.А., Евдокимова О.В., Бирюков В.В. История кафедры микробиологии ФГБОУ ВО РязГМУ Минздрава России: Монография. Рязань: Book Jet, 2025. 108 с.
3. Кариесогенные микроорганизмы (медицинские и эколого-биологические аспекты) /О.А. Захарова, О.В.Евдокимова, Д.Е. Кучер, А.И. Новак, О.Д. Кучер, В.В. Бирюков, М.А. Подоляк. Рязань, ОТСиОП, 2024. 205 с.
4. Стрельцова Т.А., Числова И.А. Осведомленность современной молодежи о возможности передачи микроорганизмов при поцелуе // Вестник российского университета дружбы народов. Серия: Медицина, 2022. Т. 26, № 2. С. 180-187.
5. Kort R. et al. A sweet kiss with a bacterial touch: a potential positive feedback loop involved in shaping the oral microbiota. *Evolution and Human Behavior* // Микробиом, 2025. №2(41). С. 12-48.

ИССЛЕДОВАНИЕ АНТИБАКТЕРИАЛЬНОГО ДЕЙСТВИЯ ЭКСТРАКТОВ *CENTELLA ASIATICA*, *PINUS SYLVESTRIS* И *HAMAMELIS VIRGINIANA* НА ПРИМЕРЕ *STAPHYLOCOCCUS AUREUS*

Прутникова М.А.^{1,2}

Кузнецова Т.А., кандидат биологических наук²

¹ООО «Арнест ЮниРусь», г. Екатеринбург, Россия

²ФГАОУ ВО «Санкт-Петербургский политехнический университет
Петра Великого», г. Санкт-Петербург, Россия

Введение. Антибиотикорезистентность – одна из ключевых проблем здравоохранения, которая приводит к росту заболеваемости и смертности от инфекционных заболеваний. Такая устойчивость микроорганизмов формируется за счет ряда механизмов: ферментативной инактивации антибиотиков; снижения проницаемости клеточной стенки бактерий; эффлюксные насосы (*Staphylococcus aureus*, устойчивый к фторхинолонам через *NorA*). Горизонтальный перенос генов играет важную роль в распространении резистентности [1].

Вследствие этого поиск новых природных антимикробных средств является перспективным направлением фармакогностических исследований. Растения синтезируют широкий спектр вторичных метаболитов, многие из которых обладают доказанной антибактериальной активностью. Для исследования использовались препараты на основе экстрактов *Centella asiatica*, *Pinus sylvestris* и *Hamamelis virginiana*, содержащие вторичные метаболиты (тритерпеновые сапонины (азиатикозид), монотерпеновые спирты (α -терпинеол), кетоны (вербенон), дубильные вещества), которые проявляют антимикробную активность за счет различных механизмов: нарушения целостности бактериальной мембраны; ингибирования образования биопленки [2]; нарушение синтеза клеточной стенки [3]; образование комплексов с белками клеточной стенки бактерий; ингибирование ферментов, участвующих в энергетическом обмене (например, NADH-дегидрогеназы) [4].

Цель работы – оценка антимикробной активности трех растительных экстрактов и определение характера их действия в отношении грамположительного тест-микроорганизма *Staphylococcus aureus* NCTC 10788.

Материалы и методы. Пропиленгликолевый комплекс с экстрактом коры *Hamamelis virginiana* (производитель: @Камелия НПП): 0,1% экстракта. Основные соединения: гидролизуемые дубильные вещества (гамамелис), флавоноиды (кверцетин, кемпферол) [4].

Водный экстракт древесины *Pinus sylvestris* «Клеточная вода золотой сосны» (производитель @GreenExt), содержит монотерпеновые спирты (α -терпинеол 40%, терпинен-4-ол 13%), кетоны и фенольные кислоты. Сухой остаток 0,05-0,07% [3].

Комплекс β -циклодекстрина с экстрактом из листьев *Centella asiatica* «Redumatte ASC-II» (производитель @JakaBiotech) – 83-86% циклодекстрина,

14-17% этанольного экстракта. Ключевые сапонины: азиатикозид, мадекассозид [2].

Staphylococcus aureus – это грамположительная кокковая бактерия, условно-патогенный микроорганизм, который является частью нормальной микрофлоры кожи и слизистых оболочек человека. Рабочую суспензию готовили из суточной культуры, выращенной на TSA при температуре 37°C. Исходная концентрация культуры составляла 7×10^9 КОЕ/мл. Для экспериментов был приготовлен посевной материал с конечной концентрацией 10^6 КОЕ/мл.

Определение минимальной ингибирующей концентрации (МИК). МИК определяли путем последовательного разведения в жидкой питательной среде TSB в соответствии с рекомендациями CLSI с модификацией, связанной с применением в качестве ингибирующего агента растительных экстрактов [5, 6]. Серийные разведения экстрактов готовили в стерильных пробирках на жидкой питательной среде TSB объемом 5 мл. Концентрации экстрактов подбирались в диапазоне, который позволял определить точку перехода «рост – отсутствие роста». Для варианта с использованием препарата *H. virginiana* использовали разведения, содержащие 12, 15, 18, 22, 25% исследуемого препарата; для экстракта *P. sylvestris* – 25, 30, 35, 40, 45, 50%; для препарата *C. asiatica* – 50, 60, 70, 80, 90, 100%. В качестве контроля сделали серию разведений с использованием пропиленгликоля в тех же концентрациях, что и для варианта с препаратом *H. virginiana*. В каждую пробирку добавляли 0,1 мл бактериальной суспензии с концентрацией 10^6 КОЕ/мл. Инкубацию проводили в течение 24 часов при температуре 37°C. Контрольные образцы: контроль роста (5 мл TSB + 0,1 мл бактериальной суспензии), контроль стерильности (5 мл TSB без бактерий).

Определение характера антимикробного действия. Характер действия (бактериостатический или бактерицидный) определяли путем посева на твердую питательную среду [3, 8]. Из пробирок отбирали аликвоту (0,1 мл) с концентрацией ингибирующего агента, соответствующей МИК (без видимого роста), и высевали на чашки с TSA. Посев осуществляли методом «газона». Чашки инкубировали в течение 24 часов при температуре 37°C. Отсутствие роста после посева – это бактерицидный эффект (необратимая гибель клеток); наличие роста вызывает бактериостатический эффект (обратимое ингибирование).

Оценка логарифмического уменьшения популяции (Log reduction). Эффективность экстрактов оценивалась количественно путем определения логарифмического уменьшения количества жизнеспособных клеток [5]. Из пробирки с концентрацией экстракта, предшествующей МИК (на одну ступень ниже, при которой наблюдался видимый рост), отбирали пробу (0,5 мл) и готовили серию десятикратных разведений в стерильном физиологическом растворе (до 10^{-4}). Аликвоты по 0,1 мл каждого разведения высевали на чашки TSA и инкубировали в течение 24 часов при температуре 37°C. После

инкубации подсчитывали количество выросших колоний. Концентрацию жизнеспособных клеток (КОЕ/мл) рассчитывали по формуле:

$$\text{КОЕ/мл} = (N \times D) / V, \quad (1)$$

где N – количество колоний, D – коэффициент разведения, а V – объем посева (мл). Логарифмическое уменьшение было рассчитано по формуле:

$$\text{Log reduction} = \log_{10}(N_0) - \log_{10}(N), \quad (2)$$

где N_0 – начальная концентрация микроорганизмов ($\approx 10^6$ КОЕ/мл), N – концентрация после обработки препаратом.

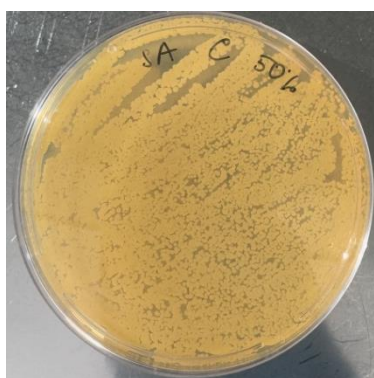
В эксперименте концентрацию каждого препарата выражали в виде объемной доли (%) исходного коммерческого образца в конечном объеме питательной среды (5 мл). Препарата *C. asiatica* перед использованием был растворен в стерильной воде в соотношении 1:2. Конечная концентрация пропиленгликоля указана так же для препарата *H. virginiana*, т.к. он является растворителем.

Результаты и обсуждение. Экстракт коры *H. virginiana* показал наибольшую активность – МИК 15% (табл.1). МИК экстракта *H. virginiana* был ниже, чем МИК чистого пропиленгликоля (18%). Снижение МИК с 18% до 15% указывает на наличие собственной антимикробной активности компонентов коры *H. virginiana* (дубильные вещества, флавоноиды), что усиливает действие экстрагента.

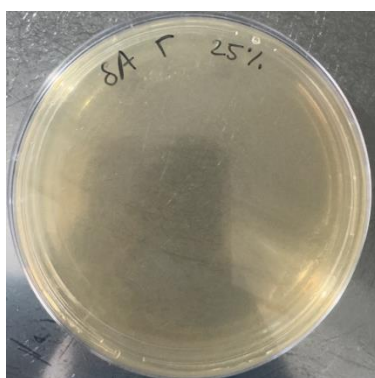
Таблица 1 – Минимальные ингибирующие концентрации (МИК) исследованных экстрактов в отношении *S. aureus* NCTC 10788

Образец	МИК, %
Препарат <i>H. virginiana</i>	15
Экстракт <i>P. sylvestris</i>	45
Препарат <i>C. asiatica</i>	90
Пропиленгликоль (контроль)	18

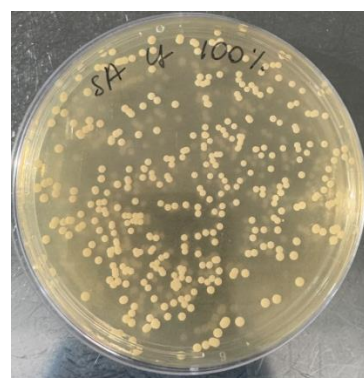
Характер антимикробного действия. Результаты определения характера действия показаны на рисунке 1. Экстракт *H. virginiana* проявил бактерицидный эффект в отношении *S. aureus*. Экстракт *P. sylvestris* и экстракт *C. asiatica* проявили только бактериостатический эффект.



а



б



в

Рис. 1. Определение бактерицидных и бактериостатических свойств на культуре *S. aureus*

Количественная оценка эффективности экстрактов путем определения логарифмического снижения представлена в таблице 2.

Таблица 2 – Логарифмическое снижение числа колоний *S. aureus* после воздействия экстрактов

Образец	Концентрация после обработки, КОЕ/мл	Log reduction	Эффективность ингибирования, %
Препарат <i>H. virginiana</i> (12%)	$7,6 \times 10^2$	3,12	99,92
Экстракт <i>P. sylvestris</i> (40%)	$1,2 \times 10^4$	1,92	98,80
Препарат <i>C. asiatica</i> (80%)	$1,44 \times 10^5$	0,84	85,50

Заключение. Исследование позволило количественно оценить антибактериальную активность трех растительных экстрактов в отношении *Staphylococcus aureus* NCTC 10788.

Препарат *H. virginiana* проявил наибольшую активность: МИК 15%, бактерицидное действие, снижает количество *S. aureus* на log reduction 3,12 (99,92% клеток). Он обладает самостоятельной антимикробной активностью в дополнение к действию пропиленгликоля.

Экстракт *P. sylvestris* обладает умеренной активностью: МИК 45%, log reduction 1,92) и бактериостатическим действием.

Препарат *C. asiatica* характеризуется слабым бактериостатическим действием (МИК = 90%, log reduction = 0,84), что делает его неперспективным в качестве самостоятельного антимикробного средства в исследованных концентрациях.

Таким образом, экстракт *H. virginiana* является наиболее перспективным для дальнейшей разработки антимикробных композиций, направленных на подавление грамположительной микрофлоры, в том числе резистентных штаммов *S. aureus*.

Библиографический список

1. Halawa E.M., Fadel M., Al-Rabia M. W., Behairy A., Nouh N. A., Abdo M., Olga R., Fericean L., Atwa A. M., El-Nablaway M., Abdeen A. Antibiotic action and resistance: updated review of mechanisms, spread, influencing factors, and alternative approaches for combating resistance // FrontPharmacol. 2024. URL: <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC10820715/> (дата обращения: 01.05.2026). DOI: 10.3389/fphar.2023.1305294
2. James J.T., Dubery I.A. Pentacyclic Triterpenoids from the Medicinal Herb *Centella asiatica* (L.) Urban. //Molecules, 2009. Vol. 14. P. 3922-3941. DOI: 10.3390/molecules14103922.
3. Metsämuuronen S., Sirén H. Bioactive phenolic compounds, metabolism and properties: a review on valuable chemical compounds in Scots pine and Norway spruce // Industrial Crops and Products. 2019. Vol. 133. P. 244-258. DOI: 10.1016/j.indcrop.2019.03.005.

4. Wójciak M., Pacuła W., Sowa I., Feldo M., Graczyk F., Załusk D. Hamamelis virginiana L. in Skin Care: A Review of Its Pharmacological Properties and Cosmetological Applications // Pharmaceuticals. 2023. Vol. 16 (3). DOI: 10.3390/ph16030398.

5. Gonzalez-Pastor R., Carrera-Pacheco S. E., Zúñiga-Miranda J. [et al.] Current Landscape of Methods to Evaluate Antimicrobial Activity of Natural Extracts // Molecules. 2023. DOI: 10.3390/molecules28031086.

6. CLSI. Methods for Dilution Antimicrobial Susceptibility Tests for Bacteria That Grow Aerobically; Approved Standard – Ninth Edition. CLSI document M07-A9. Wayne, PA: Clinical and Laboratory Standards Institute. 2012. 68 p.

НЕОЖИДАННЫЕ ПЕДАГОГИЧЕСКИЕ ЭФФЕКТЫ ПРИ ИИ-ВИЗУАЛИЗАЦИИ В ПРЕПОДАВАНИИ МЕДИЦИНСКОЙ МИКРОБИОЛОГИИ

Соболева О.М., кандидат биологических наук

ФГБОУ ВО «Кемеровский государственный медицинский университет»
Министерства здравоохранения Российской Федерации, г. Кемерово, Россия

Введение. В условиях активной цифровизации системы здравоохранения и медицинского образования искусственный интеллект превращается из гипотетической перспективы в реальный повседневный инструмент преподавателя и врача. Согласно систематическому обзору, вышедшему в декабре 2025 года, технологии видеогенерации на базе ИИ все чаще применяются в медицинских вузах, однако вопросы их результативности, достоверности и безопасности остаются дискуссионными [3]. Проанализировав 103 работы, авторы обзора заключили, что, несмотря на рост вовлеченности студентов при использовании ИИ-видео, подобные материалы пока проигрывают традиционным по точности передачи информации и нуждаются в строгой проверке.

В обзоре, посвященном использованию нейросетей в патологической анатомии, морфологической диагностике и подготовке врачей-патологоанатомов, сделан вывод, что нейросети могут быть полезным дополнением к традиционным образовательным ресурсам, но при обязательном жестком контроле качества и соблюдении этико-правовых норм [2].

Крупный обзор 2024 года детально анализирует спектр применений ИИ в медицинском образовании. Авторы выявили множество направлений и конкретных примеров: генерация контента (создание учебных и контрольных материалов); использование чат-ботов; разработка обучающих клинических рекомендаций (например, в виде систем поддержки принятия решений); симуляторы виртуальных пациентов, способствующие формированию и развитию клинического мышления; внедрение автоматизированного анализа

успеваемости студентов; платформы персонализированного обучения, в том числе интеллектуальные обучающие системы и другое [4].

Материалы и методы. Осенью 2025 года на кафедре микробиологии и вирусологии Кемеровского государственного медицинского университета в рамках работы студенческого научного кружка (СНК) была проведена серия проектов, посвященных применению нейросетей в деятельности медицинского микробиолога, а также в учебном процессе по дисциплине «Микробиология, вирусология». Всего по данной тематике прозвучало восемь докладов, подготовленных тринадцатью студентами лечебного, педиатрического и стоматологического факультетов. В настоящей статье мы подробно рассматриваем две работы по визуализации с помощью искусственного интеллекта, делая акцент не только на технической стороне, но и на педагогическом осмыслении полученных результатов.

Результаты и обсуждение. Первая работа была направлена на создание учебного видеофильма для студентов-медиков на тему «Чума. Возбудитель чумы». Ее выполнили студенты третьего курса лечебного факультета Грицан А.С. и Ионин И.Р. Задача состояла в том, чтобы оценить принципиальную возможность сделать образовательный видеоролик о чуме (сочетающий историческую и научную части) с помощью общедоступных ИИ-инструментов. На начальном этапе будущие авторы использовали платформу Lumen5, ориентированную на быстрое прототипирование. Результат оказался неудачным: генерировались лишь анимированные статичные картинки, которые не могли передать биологическую динамику. Однако этот негативный первичный опыт позволил четко сформулировать требования к подходящему инструменту: способность к плавной генерации видео, высокий уровень детализации и поддержка сложных динамических процессов.

На втором этапе студенты перешли к нейросети Sora v2 (OpenAI). Качество визуального ряда заметно улучшилось, но возникли технические ограничения, также описанные в международной литературе: лимиты на генерацию, невозможность точного управления параметрами сцены, нестабильность закадрового голоса, политика безопасности, затрудняющая редактирование [3].

Главный педагогический вывод, сделанный в процессе работы над видео, можно обозначить как феномен «дидактики неидеальности» – по сути, аналог хорошо известного приема «лекция с запрограммированными ошибками». Когда готовый ролик был показан на заседании СНК, проявился неожиданный эффект. Монтажные артефакты: резкие склейки, «прыгающие» персонажи, нестабильность изображения, не снизили образовательной ценности материала, а, наоборот, превратились в сильные когнитивные «крючки». Студенты непроизвольно включались в критический разбор, активно обсуждали несоответствия, отделяли научные факты от визуальных искажений. Это обеспечило очень высокий уровень вовлеченности и глубину запоминания. Данное наблюдение созвучно выводам исследователей из Пенсильванского университета, которые в рамках проекта CRISP (Clinical Reasoning Insights for

Shaping Performance) подчеркивают, что становление клинического мышления требует не пассивного восприятия информации, а активного рефлексивного анализа, в том числе через обнаружение ошибок и нестыковок [6].

Вторая работа была посвящена профориентационному потенциалу ИИ-анимации. Ее автор – студентка лечебного факультета О.Т. Биче-оол. Проект адресовался школьникам 8-11 классов, занимающимся на кафедре микробиологии и вирусологии в рамках «Медицинских классов» и «Малой медицинской академии». Задачей стала разработка анимационного мультфильма об иммунном ответе на примере инфекции, вызванной *Streptococcus pyogenes*. В набор используемых инструментов вошли: Veo3 Magic Studio (для анимации отдельных иммунных клеток), PixVerse (для создания фонов), ChatGPT (помогал формулировать промпты) и CapCut (для финального монтажа мультфильма).

В итоге был получен короткий мультфильм, который наглядно демонстрирует ключевые иммунологические процессы на клеточном уровне и адаптирован для восприятия школьниками. Работа подтвердила, что ИИ дает возможность быстро и недорого создавать сложный визуальный контент, который невозможно получить обычной съемкой.

Проведенные студентами изыскания, их апробация на заседаниях СНК и последующий анализ позволяют сформулировать несколько принципиальных положений о роли ИИ в становлении клинического мышления будущих врачей.

Как показал наш опыт, несовершенство ИИ и порождаемые им ошибки могут целенаправленно использоваться как ценный дидактический ресурс. Когда студент сталкивается с заведомо неидеальным материалом, он вынужден запускать механизмы верификации, сопоставлять увиденное с эталонными знаниями (учебник, лекции, разбор темы на практических занятиях), критически оценивать и переосмысливать информацию. Это перекликается с концепцией «когнитивных искажений» в клиническом мышлении: будущий врач должен научиться видеть ошибки не только в поступающих данных, но и в собственном восприятии. Возможно, именно необходимость проверять ИИ-контент станет дополнительным стимулом для углубленного изучения предмета.

ChatGPT и DeepSeek продемонстрировали разные, но взаимодополняющие свойства: первый дает более доступный язык для новичков, второй – бóльшую грамматическую точность и формальную структурированность клинического мышления. В контексте нашей работы анимационный мультфильм об иммунитете выполняет схожую функцию: он делает невидимые клеточные взаимодействия видимыми и понятными, закладывая фундамент для последующего формирования клинических компетенций. Аналогичные выводы о важности визуализации в медицинском образовании подтверждаются и данными рандомизированных контролируемых исследований [5].

Проект CRISP Пенсильванского университета, поддержанный грантом Американской медицинской ассоциации [6], показывает, как ИИ может

обеспечивать индивидуализированную объективную обратную связь в реальном времени. Анализируя речь студента, его клиническую документацию и характер взаимодействия с электронной медицинской картой, система выявляет сильные и слабые стороны клинического мышления, которые ранее не поддавались объективной оценке. Наши проекты пока далеки от такого уровня сложности, однако вектор развития очевиден: от простой визуализации к интеллектуальному анализу компетенций.

В ходе работы над проектами неизбежно возникают этические сложности и вопрос о месте преподавателя. Многие исследователи справедливо отмечают необходимость этического регулирования и экспертного контроля при применении нейросетей в образовании [1]. Наш опыт полностью подтверждает это утверждение. Ни один ИИ-инструмент не способен заменить преподавателя в таких задачах, как валидация контента, интерпретация сложных клинических ситуаций и, что самое важное, воспитание клинической интуиции и эмпатии. Как подчеркивается в систематическом обзоре, на современном этапе ИИ-инструменты могут лишь дополнять, но не замещать стандартные образовательные ресурсы [3]. Руководство Всемирной организации здравоохранения также делает акцент на необходимости строгого этического регулирования применения ИИ в медицинском образовании [7]. В российской педагогической практике эти вопросы тоже активно обсуждаются, причем подчеркивается важность сохранения ведущей роли преподавателя.

Заключение. Таким образом, нейросетевые инструменты являются эффективным средством для прототипирования учебного видео и создания наглядных материалов, которые визуализируют невидимые биологические процессы. Обязательное условие – экспертная валидация контента специалистом в соответствующей предметной области. Артефакты и несовершенства ИИ-генерации могут целенаправленно использоваться как педагогический ресурс, стимулирующий критическое мышление студентов, что особенно ценно для формирования клинического мышления будущего врача. Анимационные ролики на основе ИИ обладают высоким профориентационным потенциалом и могут служить действенным инструментом популяризации медицины среди школьников. Дальнейшее развитие этого направления требует интеграции визуальных инструментов с системами адаптивного обучения и объективной оценки клинических компетенций, подобными тем, которые разрабатываются в ведущих международных медицинских школах. В итоге современные нейросети становятся не просто вспомогательным средством, но и источником новых дидактических приемов, позволяющих не только передавать знания, но и вырабатывать важнейшие компетенции будущего врача – критическое мышление, способность к анализу и рефлексии собственных действий. Обобщенный опыт работы СНК кафедры микробиологии и вирусологии, включающий и другие проекты в этой области, подтверждает перспективность рассматриваемых технологий.

Библиографический список

1. Худик В.А. Роль искусственного интеллекта в оптимизации учебного процесса в медицинском вузе //Вестник Санкт-Петербургского научно-исследовательского института педагогики и психологии высшего образования. 2025. Т. 1. С. 5-18.
2. Швороб Д.С., Хрюкин Е.А., Папкина А.В. Применение искусственного интеллекта в патологической анатомии // Сибирский журнал клинической и экспериментальной медицины. 2025. Т. 20. №. 2. С. 211-217.
3. Artsi Y. et al. AI-generated videos in medical education: systematic review //BMJ Open Quality. 2025. Т. 14. №. 4.
4. Gordon M. et al. A scoping review of artificial intelligence in medical education: BEME Guide No. 84 //Medical teacher. 2024. Т. 46. №. 4. С. 446-470.
5. Li J. et al. Effectiveness of generative artificial intelligence-based teaching versus traditional teaching methods in medical education: a meta-analysis of randomized controlled trials //BMC Medical Education. 2025. Т. 25. №. 1. С. 1175.
6. Wolf I. Artificial Intelligence in Clinical Reasoning: The CRISP Project at the University of Pennsylvania / I. Wolf, R. Patel, S. Kapoor // Medical Education Online. 2025. Vol. 30, № 1. Art. 2456789.
7. World Health Organization. Ethics and Governance of Artificial Intelligence for Health: Guidance on Large Multi-Modal Models [Электронный ресурс] / WHO. Geneva, 2025. Режим доступа: <https://www.who.int/publications/i/item/9789240074752> (дата обращения: 12.02.2026).

Научное издание

МАТЕРИАЛЫ
V МЕЖДУНАРОДНОЙ КОНФЕРЕНЦИИ
«ФУНДАМЕНТАЛЬНЫЕ И ПРИКЛАДНЫЕ АСПЕКТЫ
МИКРОБИОЛОГИИ В НАУКЕ И ОБРАЗОВАНИИ»,
ПОСВЯЩЕННОЙ 100-ЛЕТИЮ СО ДНЯ РОЖДЕНИЯ
РИММЫ НИКОЛАЕВНЫ РЕБРОВОЙ

Рязань, 4 июня 2026 г.

Подписано в печать 29.06.2026. Дата выхода в свет 30.06.2026.

Формат 60x84/16. Усл. печ. л. 10,18. Уч.-изд. л. 10,5.

Бумага ксероксная. Печать ризографическая. Тираж 100 экз.

ФГБОУ ВО РязГМУ Минздрава России
390026, г. Рязань, ул. Высоковольтная, 9

Отпечатано в типографии Book Jet
390005, г. Рязань, ул. Пушкина, д. 18
Сайт: <http://bookjet.ru> e-mail: info@bookjet.ru
Тел.: +7(4912) 466-151