

Федеральное государственное бюджетное
образовательное учреждение высшего образования
«Ульяновский государственный педагогический университет
им. И.Н. Ульянова»

**ФУНДАМЕНТАЛЬНЫЕ И ПРИКЛАДНЫЕ
ИССЛЕДОВАНИЯ ПО ПРИОРИТЕТНЫМ
НАПРАВЛЕНИЯМ БИОЭКОЛОГИИ
И БИОТЕХНОЛОГИИ**

Сборник материалов
VIII Всероссийской научно-практической конференции
(Ульяновск, 22 мая 2025 г.)

Научное электронное издание

Чебоксары
Издательский дом «Среда»
2025

УДК 57
ББК 28
Ф94

*Рекомендовано к публикации на основании распоряжения
ФГБОУ ВО «УлГПУ» № 05-74 от 01.03.2025 года*

Рецензенты: **Беззубенкова Ольга Евгеньевна**, канд. биол. наук, доцент кафедры биологии и химии ФГБОУ ВО «Ульяновский государственный педагогический университет им. И.Н. Ульянова»
Коняев Игорь Сергеевич, канд. биол. наук, старший научный сотрудник лаборатории клеточных технологий НИЦ ФППББ, доцент кафедры биологии и химии ФГБОУ ВО «Ульяновский государственный педагогический университет им. И.Н. Ульянова»
Масленников Андрей Викторович, канд. биол. наук, старший научный сотрудник лаборатории лабораторией экологии и проблем биоразнообразия НИЦ ФППББ, доцент кафедры биологии и химии ФГБОУ ВО «Ульяновский государственный педагогический университет им. И.Н. Ульянова»

Редакционная

коллегия: **Антонова Елена Ивановна**, главный редактор, д-р биол. наук, директор НИЦ ФППББ, профессор кафедры биологии и химии ФГБОУ ВО «Ульяновский государственный педагогический университет им. И.Н. Ульянова»

Ленгесова Наталья Анатольевна, канд. биол. наук, ведущий научный сотрудник лаборатории морфологии НИЦ ФППББ, доцент кафедры биологии и химии ФГБОУ ВО «Ульяновский государственный педагогический университет им. И.Н. Ульянова»

Фирсова Наталья Викторовна, канд. биол. наук, ведущий научный сотрудник лаборатории клеточных технологий НИЦ ФППББ, ФГБОУ ВО «Ульяновский государственный педагогический университет им. И.Н. Ульянова»

Ф94 **Фундаментальные и прикладные исследования по приоритетным направлениям биоэкологии и биотехнологии:** сборник материалов VIII Всерос. науч.-практ. конф. (Ульяновск, 22 мая 2025 г.) / гл. ред. Е.И. Антонова; Ульяновский государственный педагогический университет им. И.Н. Ульянова. – Чебоксары: Среда, 2025. – 188 с. – 1 CD-ROM. – Загл. с титул. экрана. – Текст: электронный.

ISBN 978-5-907965-64-5

В сборнике представлены статьи участников VIII Всероссийской научно-практической конференции «Фундаментальные и прикладные исследования по приоритетным направлениям биоэкологии и биотехнологии». В материалах сборника приведены результаты теоретических и прикладных изысканий представителей научного и образовательного сообщества в области биологии и медицины. Статьи представлены в авторской редакции.

УДК 57
ББК 28

© ФГБОУ ВО «Ульяновский
государственный педагогический
университет им. И.Н. Ульянова», 2025
© Издательский дом «Среда», 2025

ISBN 978-5-907965-64-5
DOI 10.31483/a-10716

Предисловие

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Ульяновский государственный педагогический университет имени И.Н. Ульянова» представляет сборник материалов по итогам VIII Всероссийской научно-практической конференции **«Фундаментальные и прикладные исследования по приоритетным направлениям биоэкологии и биотехнологии»**.

В сборнике представлены статьи участников VIII Всероссийской научно-практической конференции «Фундаментальные и прикладные исследования по приоритетным направлениям биоэкологии и биотехнологии». В материалах сборника приведены результаты теоретических и прикладных изысканий представителей научного и образовательного сообщества в области биологии и медицины.

По содержанию публикации разделены на основные направления:

1. Актуальные вопросы биоэкологии, систематики, анатомии и морфологии животных и растений.
2. Молекулярная биология, генетика, микробиология.
3. Биохимия. Биомедицинские технологии.
4. Педагогические аспекты преподавания дисциплин естественнонаучного цикла.

Авторский коллектив сборника представлен городами России (Санкт-Петербург, Великий Новгород, Димитровград, Казань, Калининград, Махачкала, Омск, Ростов-на-Дону, Тула, Ульяновск, Уфа, Чебоксары).

Среди образовательных учреждений выделяются университеты и институты России (Балтийский федеральный университет им. И. Канта, Башкирский государственный педагогический университет им. М. Акмуллы, Дагестанский государственный педагогический университет, Донской государственный технический университет, Казанский (Приволжский) федеральный университет, Калининградский государственный технический университет, Национальный исследовательский университет ИТМО, Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ», Новгородский государственный университет им. Ярослава Мудрого, Омский государственный педагогический университет, Ростовский государственный медицинский университет, Тульский государственный

педагогический университет им. Л.Н. Толстого, Ульяновский государственный педагогический университет им. И.Н. Ульянова, Чувашский государственный университет им. И.Н. Ульянова).

Участники конференции представляют собой разные уровни образования и науки: доктора и кандидаты наук, профессора и доценты, научные сотрудники, аспиранты, магистранты, студенты, преподаватели вузов.

Редакционная коллегия выражает глубокую признательность нашим уважаемым авторам за активную жизненную позицию, желание поделиться уникальными разработками и проектами, публикацию в сборнике материалов по итогам проведенной конференции **«Фундаментальные и прикладные исследования по приоритетным направлениям биоэкологии и биотехнологии»**, содержание которого не может быть исчерпано. Ждем Ваши публикации и надеемся на дальнейшее сотрудничество.

Главный редактор
доктор биологических наук,
директор НИЦ ФППББ,
профессор кафедры биологии и химии
ФГБОУ ВО «Ульяновский государственный
педагогический университет им. И.Н. Ульянова»
Е. И. Антонова

ОГЛАВЛЕНИЕ

АКТУАЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ БИОЭКОЛОГИИ, СИСТЕМАТИКИ, АНАТОМИИ И МОРФОЛОГИИ ЖИВОТНЫХ И РАСТЕНИЙ

Малыхина Л.В., Селиванова А.В., Куркина М.В. Использование размола личинок мухи *Hermetia illucens* в кормлении индюшат-бройлеров 8

Масленников А.В., Масленникова Л.А. Редкий и уязвимый вид левзея алтайская (*Leuzea altaica* (Fisch. ex Spreng.) Link) – перспективный вид для Красной книги Ульяновской области 13

Масленников А.В., Масленникова Л.А., Серегин С.А., Кадыров Ф.Ф. Современное эколого-биологическое состояние девясила высокого (*Inula helenium* L.) на территории национального парка «Сенгилеевские горы» 16

Пликина Н.В., Ефремов А.Н. Оценка статуса редких и охраняемых степных видов растений и лишайников Омской области 22

Селиванова А.В., Малыхина Л.В., Казанцева А.В. Внутрипородные различия собак породы немецкая овчарка 28

МОЛЕКУЛЯРНАЯ БИОЛОГИЯ, ГЕНЕТИКА, МИКРОБИОЛОГИЯ

Вавшко А.С., Асеева Ю.Г., Белицкая Т.С., Погосян А.А. Генетические аспекты ольфактогенитальной дисплазии (синдром Каллмана) 33

Давидюк Ю.Н., Губарец Д.С. Молекулярно-генетический анализ генома штаммов *Orthohantavirus puumalaense*, выявленных в Кировской области 36

Давидюк Ю.Н., Степанкова Д.А. Новый генетический вариант *Orthohantavirus puumalaense*, выявленный в Оренбургской области 42

Егорычева С.В., Торутанов П.С., Фирсова Н.В., Антонова Е.И., Ленгесова Н.А. Микробиота кишечника у представителей различных этнических групп (обзорная статья) 48

Яковлева Д.В., Зимнуров А.Р., Анашкина Ю.А., Фирсова Н.В., Фирсов К.Н., Антонова Е.И. FISH-технологии в области клинических и фундаментальных исследованиях (обзорная статья) 56

БИОХИМИЯ. БИМЕДИЦИНСКИЕ ТЕХНОЛОГИИ

Андреева Л.В. Выживаемость борщевика Сосновского: биохимический аспект 69

Гузанова О.В., Фирсова Н.В., Балацук Е.В., Анашкина Ю.А., Антонова Е.И. Сравнительные аспекты гистотопографии диспластического невуса и узловой меланомы (обзорная статья) 72

Ефремова И.М., Курбатова Я.А. Обмен мелатонина и его роль в организме: новый взгляд на гормон 78

<i>Захарова Т.А., Федорова Д.А.</i> Влияние хранения крови в холодильнике на изменение показателей лейкоцитарной формулы (на примере жителей Чувашской Республики).....	81
<i>Кудрова Ю.А., Ерзукова С.В.</i> Аутоантитела и цитокины в патогенезе системной склеродермии: от молекулярных механизмов к клинической терапии	85
<i>Мартынова Е.В.</i> Роль уровня эндотелиального фактора роста сосудов как прогностически значимый маркер тяжести геморрагической лихорадки с почечным синдромом.....	91
<i>Масленников А.В., Масленникова Л.А., Торутанов П.С., Епимахова К.А.</i> Разработка методов микроклонирования хозяйственно значимого декоративного вида кордилины кустарниковой (<i>Cordyline fruticosa</i> (L.) A. Chev).....	94
<i>Масленников А.В., Масленникова Л.А., Торутанов П.С., Черныш О.М.</i> Разработка методов микроклонирования редкого и охраняемого вида ясенника шероховатого (<i>Asperula exasperata</i> V. Krecz. ex Klok.).....	99
<i>Мусалимова Р.С., Сафиуллин И.А.</i> Особенности вегетативных реакций при искусственном раздражении вестибулярного анализатора	103
<i>Прибылова Н.С., Фирсова Н.В., Антонова Е.И., Зимнуров А.Р.</i> Комплексный иммунологический анализ крови детей разных возрастных групп на фоне аллергических реакций.....	107
<i>Суркова А.А., Зимнуров А.Р., Антонова Е.И., Фирсова Н.В.</i> Сравнительный анализ показателей иммуноглобулинов у детей до года больных атопическим дерматитом	113
<i>Торутанов П.С., Зимнуров А.Р., Антонова Е.И., Масленников А.В.</i> Влияние разной концентрации фитогормонов на рост каллусной культуры картофеля (<i>Solanum tuberosum</i>) сорта биоголд.....	120
<i>Федоров Д.А.</i> О возможности создания препарата, замедляющего естественное старение, на основе РНК-интерференции.....	129
<i>Фирсова Н.В., Казанцева Т.Н., Ленгесова Н.А., Антонова Е.И.</i> Влияние DMSO-криопротектора на биологию фибробластов кожи человека в культуре <i>in vitro</i>	132

ПЕДАГОГИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ПРЕПОДАВАНИЯ ДИСЦИПЛИН ЕСТЕСТВЕННОНАУЧНОГО ЦИКЛА

<i>Ашырова Д.</i> Дидактический потенциал междисциплинарных связей при формировании сквозных естественно-научных понятий у обучающихся в рамках реализации проектной деятельности в многопрофильном вузе	136
<i>Бекетова М.А.</i> Игровые технологии как средство формирования терминологической компетентности у обучающихся СПО	

по специальности «Технология аналитического контроля химических соединений»	139
Истомина Е.Ю., Юсупова Д.Р. Учебно-исследовательские школьные проекты эколого-биологической тематики	143
Коняев И.С., Жульков Н.В., Жулькова Н.В. Формирование базовых исследовательских действий обучающихся в рамках школьного внеурочного курса «Основы микробиологии»	150
Краснова О.В., Пырова С.А. Виртуальная экскурсия как инновационная форма обучения биологии детей с ограниченными возможностями здоровья	153
Ленгесова Н.А., Аверьянова А.С. Методические подходы к использованию наглядных средств обучения в школьном курсе биологии	159
Ленгесова Н.А., Гуськова А.А. Опорные конспекты как эффективное средство обучения на уроках биологии	162
Магомедова А.Н. Преобразование миссии педагогического университета в современной России	165
Набиуллина Л.Ю., Пырова С.А. Формирование экологической культуры у школьников 6–7 классов Ульяновской области на семейном обучении	173
Нефедова Е.В., Истомина Е.Ю. Летние профильные смены эколого-биологической тематики как форма организации каникулярного отдыха школьников	178
Сергеева А.А. Формирование естественно-научного мировоззрения у школьников в процессе обучения в курчатовских классах	184

АКТУАЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ БИОЭКОЛОГИИ, СИСТЕМАТИКИ, АНАТОМИИ И МОРФОЛОГИИ ЖИВОТНЫХ И РАСТЕНИЙ

Мальхина Лариса Валериевна

канд. биол. наук, доцент
ФГБОУ ВО «Калининградский государственный
технический университет»
г. Калининград, Калининградская область

Селиванова Анна Владимировна

старший преподаватель
ФГБОУ ВО «Калининградский государственный
технический университет»
г. Калининград, Калининградская область

Куркина Марина Викторовна

канд. биол. наук, доцент
ФГАОУ ВО «Балтийский федеральный университет им. И. Канта»
г. Калининград, Калининградская область

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ РАЗМОЛА ЛИЧИНОК МУХИ *HERMETIA ILLUNCES* В КОРМЛЕНИИ ИНДЮШАТ-БРОЙЛЕРОВ

Аннотация: в статье представлены результаты опыта по введению в рацион индюшат красса *V.U.N.Premium* размола личинок мухи черная львинка. Исследовано содержание аминокислот в кормовой добавке, содержащей энтомопротеин. Изучено влияние рациона с содержанием размола личинки мухи черная львинка на рост и продуктивность сельскохозяйственной птицы. Показано достоверное влияние кормовой добавки этомологического происхождения на прирост живой массы, в среднем на 14%. Выявлено изменение пула общего белка в плазме крови на 7,8%. Содержания в добавке высокоэффективного белка, незаменимых аминокислот позволит в дальнейшем заменить в рационе более дорогую рыбную муку и частично шрот и жмых, а также отказаться от синтетических кормовых аминокислот.

Ключевые слова: сельскохозяйственная птица, кормовые добавки, энтомопротеин, черная львинка.

Одним из важнейших направлений обеспечения национальной безопасности страны является продовольственная безопасность. Рынок мяса птицы относится к наиболее активно развивающимся сегментам производства сельскохозяйственной продукции в России. Набирает популярность индейководство, так по производству в РФ мяса индейки в валовом весе занимает второе место после курятины [2]. По своим биологическим

и хозяйственным признакам мясо индейки одно из наиболее перспективных видов мяса птицы, особенно учитывая растущую популярность здорового образа жизни у населения. Мясо индейки – это низкокалорийный, с оптимальным соотношением белка и жира диетический продукт питания. Содержит незаменимые аминокислоты и витамины группы В. Обладает высокими вкусовыми и питательными свойствами при низком уровне холестерина и жиров.

Кроме этого, необходимо выделить и производственные преимущества – устойчивость птицы к заболеваниям, высокие показатели среднесуточных прибавок в весе, значительный коэффициент между живым и убойным весом, который составляет 81%. Важное значение для успешного развития мясного птицеводства, имеют низкие затраты корма на единицу прироста, мясная скороспелость, высокое качество мяса и мобильность отрасли. По данным анализа мирового производства мяса индейки, Россия в 2020 году показала рекордный рост отрасли почти в 20% и поднялась с пятого на четвертое место в мировом рейтинге крупнейших производителей. В связи с повышенным спросом на продукцию индейководства, ставится задача повышения продуктивности и экономической эффективности производства. Индейки требовательны к кормовой базе. Рацион должен быть разнообразен, с большим количеством витаминов и минеральных комплексов. Протеины из насекомых обладают высоким содержанием незаменимых аминокислот, что делает их подходящими для обогащения рационов различных видов птицы. Эти источники белка не только обеспечивают необходимые питательные вещества, но и помогают поддерживать здоровье животных на высоком уровне. Исследования показывают, что использование насекомых в кормах не только улучшает прирост живой массы, но и способствует повышению здоровья птицы, что является важным аспектом в условиях интенсивного птицеводства. В частности, добавление энтомопротеинов может положительно сказаться на иммунной системе, что особенно критично для молодняка и птицы, которые более уязвимы к заболеваниям [1].

Важным аспектом является совместимость насекомых с другими кормами и добавками. Это делает их универсальным компонентом для разнообразных рационов для различных видов сельскохозяйственных животных. Более того, наличие белков из насекомых позволяет создать сбалансированные рационы, которые удовлетворяют потребности животных на различных этапах роста и развития. Необходимо отметить, что перед внедрением новых кормов с насекомыми требуется проводить дополнительные исследования и испытания, чтобы обеспечить безопасность и эффективность использования таких добавок. Важно, чтобы отрасль двигалась в сторону повышения стандартов качества, соответствия требованиям безопасности и экологической устойчивости.

Таким образом, исследование, посвященное изучению использования энтомологического белка в кормлении индеек, является перспективным.

Целью данной работы стала оценка влияния кормовой добавки на основе размола из личинок *Hermetia illunces*. Для реализации цели решались следующие задачи: проанализировать биохимический состав кормовой

добавки на основе порошка из личинки черной львинки, оценить влияние кормовой добавки на среднесуточные привесы индюшат и исследовать ее влияние на содержание общего белка в плазме крови. Исследования были проведены на базе КФХ Баранишина А.Н. и лаборатории кафедры ПЭК КГТУ на индюшатах кросса B.U.N.Premium. Методом пар- аналогов (n = 20) было сформировано 2 группы индюшат. Птица содержалась в одном помещении, в одинаковых условиях. В рацион контрольной группы входил комбикорм ПК-11-0 (данные по питательной ценности комбикорма представлены в таблице 1), рацион опытной группы состоял из 97% комбикорма ПК-11-0 и 3% размола личинок черной львинки. Полученные данные обработаны методом вариационной статистики с использованием компьютерных программ «Microsoft office», с вычислением коэффициентов вариации и определением критерия достоверности разницы по Стьюденту-Фишеру.

Таблица 1

Химический состав комбикорма ПК-11-0

<i>Показатели</i>	<i>Содержание, %</i>
Сырой протеин	27,85
Сырой жир	3,82
Сырая клетчатка	5,19
Лизин	1,5
Метионин	1,0

Изменение живой массы учитывали путем взвешивания индюшат ежедневно на 7, 14, 21, 28 день эксперимента. На 14 и 28 день была взята кровь из гребня для проведения анализа по содержанию общего белка в плазме крови. В ходе исследования был проанализирован химический состав размола из личинки черной львинки. Результаты данного анализа представлены в таблице 2.

Таблица 2

Химический состав размола личинки Hermetia illunces

<i>Показатели</i>	<i>Содержание, %</i>
белок	47
жир	23
зола	8,2
лизин	6,25
метионин	1,04
аргинин	4,8
треонин	3,64

Изучение аминокислотного состава кормовой добавки наглядно подтверждает, что содержание незаменимых аминокислот, таких как аргинин, лизин, превышает аналогичные показатели в рыбной, мясокостной муке и шроте соевом. Размол личинки по своему аминокислотному составу удовлетворяет потребность индюшат основным незаменимым аминокислотам [3].

Недостаток или отсутствие одной из них ведет к нарушению обменных процессов, вызывает замедление роста птицы, повышаются затраты

корма на прирост массы выращиваемых индюшат, увеличивается предположенность к заболеваниям [4].

Одним из основных показателей, характеризующих эффективность использования кормовых добавок в рационах сельскохозяйственных птиц является изменение живой массы в процессе выращивания. Данные мониторинга представлены в таблице 3.

Таблица 3

Динамика живой массы индюшат, z ($n = 20$)

<i>Возраст, дни</i>	<i>7</i>	<i>14</i>	<i>21</i>	<i>28</i>	<i>Затраты корма на кг прироста</i>
<i>Контрольная группа</i>	169±3,25	369±2,25	782±4,05	985±12,05	1,94
<i>Опытная группа</i>	171±2,88	459±3,18	848±4,26	1106±14,02	1,62

Следует отметить, что скорость прироста живой массы индюшат имеет максимальные значения в 2–4 недельном возрасте, при этом, результаты исследования показали достоверное влияние кормовой добавки, содержащей размол личинки *Hermetia illunces* на прирост живой массы. Так, живая масса в опытной группе превышала живую массу индюшат в контрольной группе в возрасте 14 дней – на 22%. В возрасте 3-х и 4-х недель на 8,4 и 12,3%, соответственно. Использование муки из личинок мухи черная львинка в количестве 3,0% в составе рациона индюшат на откорме, за счет содержания в ней высокоэффективного белка, незаменимых аминокислот, а также ненасыщенных жирных кислот способствовали повышению интенсивности роста и развития, а также снижению затрат корма. Так как показатели крови являются косвенными показателями физиологического состояния птицы и ее продуктивности, проводилось исследование содержания общего белка в плазме крови индюшат в возрасте 28 дней. Данные представлены на рисунке 1.

Выявлена связь между эффектом от применения энтомологической кормовой добавки и интенсивностью метаболических процессов птицы на откорме. Результаты анализа показали достоверное влияние энтомологической кормовой добавки на содержание общего белка в плазме крови. В среднем, опытные показатели превысили контрольные на 7,8% (рис. 1). Обогащение сыворотки крови белками свидетельствует о наличии пластического материала для наращивания мышечной массы птицы [5].

Таким образом, полученные результаты исследований подтверждают, что размол из личинки *Hermetia illunces* в рационах индюшат кросса V.U.N.Premium оказал существенное влияние на их рост и на мясную продуктивность. Содержания в добавке высокоэффективного белка, незаменимых аминокислот, ненасыщенных жирных кислот, а также повышенного содержания минеральных веществ позволит в дальнейшем заменить в рационе более дорогую рыбную муку и частично шрот и жмых, а также отказаться от синтетических кормовых аминокислот.



Рис. 1. Содержание общего белка в плазме крови

Список литературы

1. Бастраков А.И. Получение биомассы личинок мухи черная львинка *Hermetia illucens* использование ее как кормовой добавки и в составе комплексного пробиотического препарата для животных / А.И. Бастраков, Н.А. Ушакова, Д.С. Павлов // Проектная культура и качество жизни. – 2015. – №1. – С. 538–547. EDN YTZOLR
2. Бурлакова Е. Россия стала самым быстрорастущим рынком индейки / Е. Бурлакова [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.vedomosti.ru/business/articles/2019/01/30/792881-rossiya-rinkom-indeiki> (дата обращения: 30.10.2024).
3. Питательные свойства личинок *Hermetia Illucens L.* – нового кормового продукта для молодняка свиней (*Sus Scrofa Domesticus Erxleben*) / Р.В. Некрасов, М.Г. Чабаев, А.А. Зеленченко, А.И. Бастраков [и др.] // *Сельскохозяйственная биология.* – 2019. – Т. 54. №2. – С. 316–325. DOI: <https://doi.org/10.15389/agrobiology.2019.2.316rus>. – EDN DPVJOU
4. Ребезов Я.М. Сравнительная оценка роста и развития индеек породы хайбрид разных кроссов / Я.М. Ребезов, О.В. Горелик, Т.В. Курмакаева // *Инновации и продовольственная безопасность.* – 2018. – №3 (21). – С. 98–103. EDN YLTDAT
5. Влияние кормовой добавки энтомологического происхождения на биохимические и продуктивные показатели сельскохозяйственной птицы / Г.В. Ильина, Д.Ю. Ильин, Л.Л. Ошкина, С.А. Сашенкова [и др.] // *Нива Поволжья.* – 2021. – №2 (59). – С. 106–109. – DOI 10.36461/NP.2021.59.2.016. – EDN LRDDOD

Масленников Андрей Викторович
канд. биол. наук, доцент, профессор

Масленникова Людмила Анатольевна
канд. биол. наук, доцент, профессор

ФГБОУ ВО «Ульяновский государственный
педагогический университет им. И.Н. Ульянова»
г. Ульяновск, Ульяновская область

DOI 10.31483/r-139096

РЕДКИЙ И УЯЗВИМЫЙ ВИД ЛЕВЗЕЯ АЛТАЙСКАЯ (*LEUZEA ALTAICA* (FISCH. EX SPRENG.) LINK) – ПЕРСПЕКТИВНЫЙ ВИД ДЛЯ КРАСНОЙ КНИГИ УЛЬЯНОВСКОЙ ОБЛАСТИ

Аннотация: в статье сообщается о новом редком виде, левзее алтайской, включенной в красный список для нового издания Красной книги Ульяновской области. Дается описание некоторых особенностей ее биологии и экологии, предлагается природоохранный статус для вида.

Ключевые слова: левзея алтайская, популяция, семенная продуктивность, уязвимый вид, лимитирующие факторы.

Левзея алтайская (*Leuzea altaica* (Fisch. ex Spreng.) Link) [2, с. 522; 7] или Большеголовник серпуховидный (*Stemmacantha serratulooides* (Georgi) Dittrich) [6, с. 195] или Рапонтикум серпуховидный (*Rhaponticum serratulooides* (Georgi) Borb.) [5, с. 256] впервые был отмечен нами при проведении комплексных флористических исследований в ходе полевого сезона 2018 года в пойме реки Терешки близ р.п. Радишево [3, с. 81]. Незадолго до этого, энтомолог Е.А. Артемьева упоминала высокорослое растение, на котором любят сидеть желтые трясогузки. В последующие годы популяция левзеи периодически посещалась, и проводились мониторинговые исследования.

Левзея алтайская – редкий и уязвимый вид, находящийся на территории области, на северной границе своего ареала. Во всех регионах России, где встречается вид, он занесен в региональные Красные книги. Этот еврозападноазиатский степной вид, отмечается для Левобережья Самарской области [4, с. 235], юга Саратовской и Воронежской областей [2, с. 522]. Общий ареал вида приурочен к степной зоне: от венгерской пушты через Приднепровье, Молдавию, Причерноморье, юг Воронежской области и Нижнюю Волгу, Среднюю Волгу (Заволжье), север Средней Азии до юга Западной Сибири [5, с. 256].

Вид является травянистым короткокорневищным многолетником и растет куртинами, образующимися при вегетативном размножении, которое у данного вида в условиях центральной части Приволжской возвышенности очень хорошо выражено. Вегетативному размножению способствует регулярное сенокосение, которым подвергаются заливные луга в пойме р. Терешки [3, с. 82]. Крупные лиловые корзинки на длинных, до

Им цветоносах, далеко заметны и часто служат наблюдательными площадками мелким птицам, типа трясогузок. Цветет левзея с конца мая до середины июня, и на ее цветение сильно влияют погодные условия. Нами уже указывалось, что эффективность семенного размножения у левзеи в данной популяции невелика. Коэффициент семенной продуктивности очень низкий, в 2018 году он составил 16,5% (при учете всех завязавшихся семян, в том числе и шуплых) и 2,3% если учитывать только полноценные семена [3, с. 83]. В 2024 году из-за поздних заморозков во время закладки и развития соцветий у левзеи, они оказались повреждены, и в результате не было встречено ни одного расцветшего растения. Внутренность корзинок была либо черной, либо сухой, то есть семенная продуктивность популяции в 2024 году оказалась равна нулю. Здесь хорошо проявляется более южное происхождение вида, где и расположен его основной ареал. На своей северной границе ареала вид принимает стратегию преимущественно вегетативного размножения, что и позволяет ему выживать в такие критические годы при нулевой семенной продуктивности. Данный факт делает левзею алтайскую уязвимым видом и снижает разнообразие генотипов внутри популяции. Таким образом, популяция левзеи на данной территории поддерживается преимущественно за счет вегетативного размножения. Известная площадь популяции сравнительно невелика, примерно 600 x 150 м². Мы считаем, что уникальность популяции, невысокая семенная продуктивность может быть критерием для присвоения этому виду категории 1 в Красной книге Ульяновской области (вид, находящийся под угрозой исчезновения).

Левзея алтайская растет на солонцеватых лугах в составе злаково-разнотравного сообщества, с общим проективным покрытием 80–98% (рис. 1, 2). В травостое доминируют кострец безостый (*Bromopsis inermis* (Leys.) Holub.) и мятлик узколистый (*Poa angustifolia* L.), местами встречаются пырейно-мятликовые (*Elytrigia repens*+*Poa pratensis*), пырейно-кострецовые (*Elytrigia repens*+*Bromopsis inermis*), лисохвостово-ситниковые (*Alopecurus pratensis*+*Juncus gerardii*) и мятликово-ситниково-кострецовые (*Poa angustifolia*+*Juncus gerardii*+*Bromopsis inermis*) ассоциации. Из разнотравья на отдельных участках обильны пусторебришник обнаженный (*Cenolophium denudatum* (Hornem.) Tutin.), герань холмовая (*Geranium collinum* Steph.), изредка встречаются одуванчик красноплодный (*Taraxacum erythrospermum* Andrz.), бодяк полевой (*Cirsium arvense* (L.) Scop.), тысячелистник обыкновенный (*Achillea millefolium* L.), астрагал нутовый (*Astragalus cicer* L.), редко местами встречаются шавель густой (*Rumex confertus* Wild.), лютик многоцветковый (*Ranunculus polyanthemos* L.), астрагал бороздчатый (*Astragalus sulcatus* L.) [3, с. 81]. Астрагал бороздчатый занесен в Красную книгу Ульяновской области [1, с. 113]. Его наличие здесь повышает природоохранный статус данной территории.

Обилие левзеи алтайской на разных участках популяции очень изменчиво: она может встречаться на разных участках луговых сообществ как изредка, так и очень обильно. Разрастаясь в большом обилии, во время цветения левзея дает характерный аспект.

Лимитирующими факторами для левзеи алтайской будут: распашка почвы, перевыпас скота, пожары в результате поджога прошлогодней сухой травы и поздние заморозки в момент закладки и развития соцветий.



Рис. 1 и 2. Популяция Левзеи алтайской в составе злаково-разнотравного лугового сообщества

Для сохранения популяции левзеи алтайской желательнее создание ООПТ местного значения на этой территории, можно в ранге памятника природы, так как распаханнные поля вплотную подступают к популяции левзеи.

Список литературы

1. Красная книга Ульяновской области / под науч. ред. Е.А. Артемьевой, А.В. Масленникова, М.В. Корепова; Правительство Ульяновской области. – М.: Буки Веди, 2015. – 550 с.
2. Маевский П.Ф. Флора средней полосы европейской части России / П.Ф. Маевский. – М.: Товарищество научных изданий КМК, 2006. – 600 с. EDN QKOUXB
3. Масленникова Л.А. Большеголовник серлуховидный (*Stemmacantha serratuloides* (Georgi) Dittrich) – новый вид для флоры Ульяновской области и Правобережья Средней Волги / Л.А. Масленникова, А.В. Масленников // Природа Симбирского Поволжья: сб. научн. трудов. – Вып. 19. – Ульяновск, 2018. – С. 81–84. – EDN EKJMST
4. Плаксина Т.И. Конспект флоры Волго-Уральского региона / Т.И. Плаксина. – Самара: Самарский университет, 2001. – 388 с. EDN ZONIFT
5. Черепанов С.К. Род Рапонтикум – *Rhaponticum* Hill / С.К. Черепанов // Флора Европейской части СССР. Т. VII / под ред. Н.Н. Цвелева. – СПб.: Наука, 1994. – С. 256.
6. Черепанов С.К. Сосудистые растения России и сопредельных государств / С.К. Черепанов. – СПб.: Мир и семья, 1995. – 992 с. EDN ZBKYNV
7. International Plant Names Index [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://wfpplantlist.org/taxon/wfo-0000086692-2024-06?page=1> (дата обращения: 15.10.2024).

Масленников Андрей Викторович

канд. биол. наук, доцент, профессор

Масленникова Людмила Анатольевна

канд. биол. наук, доцент, профессор

Серегин Савелий Андреевич

аспирант

Кадыров Фарид Фиргатович

Аспирант

ФГБОУ ВО «Ульяновский государственный
педагогический университет им. И.Н. Ульянова»
г. Ульяновск, Ульяновская область

DOI 10.31483/r-139097

**СОВРЕМЕННОЕ ЭКОЛОГО-БИОЛОГИЧЕСКОЕ
СОСТОЯНИЕ ДЕВЯСИЛА ВЫСОКОГО
(*INULA HELENIUM* L.) НА ТЕРРИТОРИИ
НАЦИОНАЛЬНОГО ПАРКА «СЕНГИЛЕЕВСКИЕ ГОРЫ»**

Аннотация: в статье рассматриваются итоги исследований ценопопуляций девясила высокого (*Inula helenium* L.) – ценного лекарственного лугового вида, изучавшегося на открытых луговинах в пойме реки Атцы на территории национального парка «Сенгилеевские горы». Отмечаются особенности эколого-биологического состояния ценопопуляций

Inula helenium L. и приводятся основные морфометрические характеристики, позволяющие оценить тенденции развития его ценопопуляций.

Ключевые слова: девясил высокий, ценопопуляция, возрастной состав, плотность ценопопуляции, семенная продуктивность.

Знание морфометрических и качественных параметров ценопопуляций хозяйственно значимых лекарственных видов растений позволяет оценить состояние и динамику развития их популяций в условиях охраны на территории национального парка «Сенгилеевские горы». В 2021 году в долине реки Атца, входящей в состав национального парка «Сенгилеевские горы» были проведены исследования ценопопуляций ценного лекарственного вида – девясила высокого (*Inula helenium L.*) [5, с. 155]. Ценопопуляции находятся в четырёх километрах к югу от с. Тушна Сенгилеевского района и располагаются по небольшим открытым луговинам, расположенным на берегах реки Атцы [6, с. 41; 7, с. 202].

Девясил высокий – травянистый массивнокорневищный многолетник (рис. 1) из семейства сложноцветные (*Asteraceae*), обладающий лекарственными, пряными, красильными декоративными свойствами. Особенно важно применение девясила в медицине из-за ярко выраженного противовоспалительного действия [1, с. 58; 5, с. 155].



Рис. 1. Девясил высокий на лугах у реки Атца

Именно поэтому изучение популяций этого хозяйственно значимого вида в условиях национального парка при отсутствии обычных антропогенных нагрузок на экосистемы представляет определенный научный интерес.

Изучение ценопопуляций девясила высокого проводилось в течение вегетационного периода 2021 года по общепринятым методикам [2, с. 93; 3, с. 74]. В виде трансекты были заложены геоботанические площадки размерами 1 м² каждая, протянувшиеся через типичные участки луговин, вмещающих популяции девясила высокого, произрастающего на открытых солонцеватых участках лугов. Благодаря заповедному режиму в настоящее время в изученных экосистемах антропогенное воздействие не выражено.

Полевые исследования показали, что ценопопуляции девясила высокого произрастают на вейниково-хвощово-разнотравных и осоково-разнотравных лугах с карбонатным подсолением в пойме реки Атцы (таблица 1).

Таблица 1
Флористический состав растительных сообществ ценопопуляций
девясила высокого (*Inula helenium* L.) в 2021 г.

№ n/n	Названия видов	Площадки				
		№1	№2	№3	№4	№5
1.	Девясил высокий	+	+	+	+	+
2.	Вейник наземный	+	-	-	-	+
3.	Мятлик луговой	+	+	-	+	+
4.	Кострец безостый	+	+	+	+	+
5.	Пырей ползучий	+	-	-	+	-
6.	Лапчатка гусиная	+	+	+	+	-
7.	Будра плющевидная	+	-	+	-	-
8.	Осока омская	-	-	-	+	-
9.	Бодяк полевой	-	-	-	-	+
10.	Одуванчик лекарственный	-	-	+	-	-
11.	Борщевик сибирский	+	+	+	+	+
12.	Тысячелистник обыкновенный	+	+	-	+	+
13.	Шлемник сомнительный	+	-	-	-	-
14.	Полевица тонкая	+	-	+	+	-
15.	Хвощ луговой	+	+	-	+	+
16.	Хвощ полевой	+	-	-	-	-
17.	Тмин обыкновенный	+	-	-	-	+
18.	Дербенник иволистный	+	+	-	-	-
19.	Пастернак лесной	-	+	-	-	-
20.	Астрагал луговой	+	-	-	-	-
21.	Клевер луговой	-	+	+	-	+
22.	Горошек мышиный	+	+	-	-	-

Анализ общего проективного покрытия фитоценозов, вмещающих ценопопуляции *Inula helenium* L., а также учёт обилия девясила на исследуемых учетных площадках, позволяет сделать вывод, что девясил высокий по своим фитоценотическим особенностям в условиях лугов поймы реки Атцы является ценофилем и ассектатором (табл. 2).

Актуальные вопросы биоэкологии, систематики, анатомии и морфологии животных и растений

Анализ биоэкологических особенностей ценопопуляций девясила также показал, что тип эколого-фитоценологической стратегии данного вида в условиях лугов в пойме реки Атцы по Л. Раменскому соответствует пациенту. *Inula helenium* – травянистый короткокорневищный многолетник и образует очень компактный куст, поэтому за счётную единицу у проростков, ювенильных, виргинильных, генеративных и сенильных растений бралась отдельная особь.

Таблица 2

Зависимость обилия Inula helenium L. от общего проективного покрытия в фитоценозах в 2021 г.

№ геоботанической площадки	1	2	3	4	5
Общее проективное покрытие, %	75	80	70	70	75
Обилие в % от существующего проективного покрытия	16	10	17	15	9

Возрастная структура и плотность ценопопуляций девясила изучалась по классическим методикам [4, с. 94, 9, с. 27]. Результаты исследований отображены в таблицах 3 и 4. Средняя плотность популяции девясила высокого в среднем равна 7 особям на 1 м². Такая малая плотность популяции объясняется большими линейными размерами растения (до 220 см в высоту). Кроме того, каждая особь девясила высокого обладает «большим ареалом средообразующего воздействия» [8, с. 72]. Иначе говоря, каждая особь девясила высокого имеет большое «фитогенное поле» [8, с. 72].

Таблица 3

Плотность Inula helenium L. в изучаемых ценопопуляциях (число особей/м²) в 2021 г.

№ площадки	P	P**
1	7	7,2 ≈ 7
2	5	
3	9	
4	7	
5	8	

В данных ценопопуляциях девясила высокого возрастной спектр сдвинут в сторону виргинильных особей (72,2%) и достаточно высоко число генеративных особей (27,8%). Исходя из этого, можно сделать прогноз о возможном последующем росте численности генеративных особей в ценопопуляциях и повышения её полнотности со временем.

Согласно классификации популяций Боденхеймера (1938) [4, с. 9] ценопопуляцию девясила высокого в пойме реки Атцы в 2021 году можно отнести к стационарной со сдвигом в растущую, так как преобладают виргинильные особи и достаточно высоко количество генеративных особей.

Популяция имеет тенденцию к стабилизации, так как велика доля молодых генеративных особей.

Таблица 4

*Возрастные состояния особей в ценопопуляциях *Inula helenium* L.*

№ пло- щадки	J		Im		V		G		Всего осо- бей
	Абс	%	Абс	%	Абс	%	Абс	%	
1	0	-	0	-	4	57,1	3	42,9	7
2	0	-	0	-	4	80,0	1	20,0	5
3	0	-	0	-	7	77,8	2	22,2	9
4	0	-	0	-	5	71,4	2	28,6	7
5	0	-	0	-	6	75,0	2	25,0	8
Σ	0	-	0	-	26	72,2	10	27,8	36

В целом же, преобладание виргинильных и генеративных особей говорит о нормальном состоянии ценопопуляции. Возрастная структура ценопопуляции девясила высокого в данном случае позволяет сделать вывод об отсутствии сильного антропогенного прессинга и о восстановлении численности популяций этого ценного лекарственного вида на территории национального парка «Сенгилеевские горы».

Таким образом, полученные данные о соотношении возрастных групп в изученных ценопопуляциях девясила высокого свидетельствуют о том, что в настоящее время в пойме реки Атцы развиты устойчивые, нормальные (способные к самоподдержанию), но неполночленные ценопопуляции изученного вида (рис. 2).

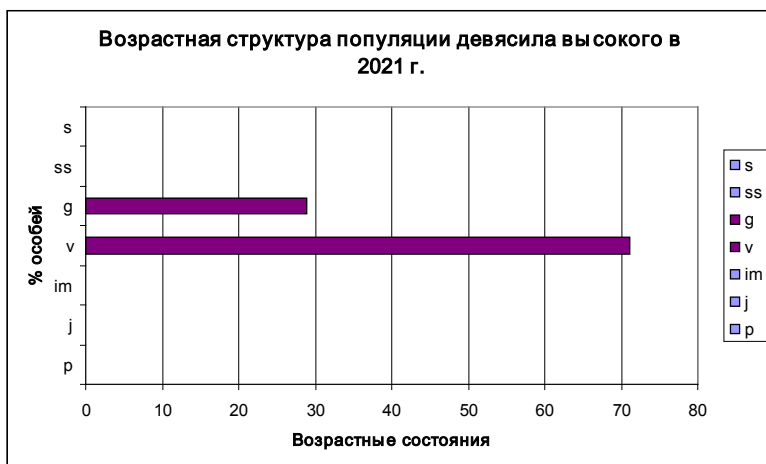


Рис. 2. Возрастная структура ценопопуляций девясила высокого в 2021 г.

В летние месяцы 2021 года во время цветения и плодоношения была проведена оценка потенциальной и реальной семенной продуктивности *Inula helenium* L. и был определен коэффициент семенной продуктивности (таблица 5).

Таблица 5
*Потенциальная (ПСП) и реальная (РСП) семенная продуктивность
Inula helenium L. в 2021 году на лугах в пойме р.Атцы*

Исследуемые параметры	Количество, шт./на одно растение девясила
Потенциальная семенная продуктивность (ПСП)	26249
Реальная семенная продуктивность (РСП)	13451

Потенциальная семенная продуктивность (ПСП) *Inula helenium* L. в 2021 году на лугах в пойме реки Атцы в среднем составила 26249 семян, которые могли завязаться на одном растении.

Реальная семенная продуктивность (РСП) оказалась в среднем всего 13451 семя, которые действительно завязались на одном растении.

Коэффициент семенной продуктивности ($K_{сн}$), который показывает долю реально развившихся семян от потенциально возможной составил в ценопопуляциях девясила высокого 51,2%.

Он довольно высок, из чего следует, что в 2021 году условия для цветения и завязывания семян на лугах в пойме реки Атцы для девясила высокого были достаточно благоприятными.

Таким образом, следует отметить, что изученные в пойме реки Атцы национального парка «Сенгилеевские горы» ценопопуляции ценного лекарственного вида девясила высокого, являются нормальными, неполночленными, с естественным соотношением возрастных состояний, и в будущем следует ожидать стабилизации роста численности ценопопуляций этого вида.

Список литературы

1. Атлас ареалов и ресурсов лекарственных растений СССР / под ред. П. Чикова. – М., 1983. – 340с.
2. Вальтер Г. Общая геоботаника / Г. Вальтер. – М.: Мир, 1982. – 365 с.
3. Заугольнова Л.Б. Методика изучения ценопопуляций редких видов растений с целью оценки их состояния / Л.Б. Заугольнова // Охрана растительных сообществ редких и находящихся под угрозой исчезновения экосистем: матер. I Всес. конф. по охране редких растительных сообществ. – М.: ВНИИ природы МСХ СССР, 1982. – С. 74–76.
4. Злобин Ю.А. Принципы и методы изучения ценогических популяций растений / Ю.А. Злобин. – Казань, 1989. – 148 с.
5. Костин В.И. Лекарственные растения Ульяновской области / В.И. Костин, С.П. Корнилов. – Ульяновск, 1993. – 224 с. EDN RVJEQN
6. Масленников А.В. Флора кальциевых ландшафтов Приволжской возвышенности / А.В. Масленников. – Ульяновск, 2008. – 136 с.

7. Масленников А.В. Особо охраняемые территории зон развития кальциевых ландшафтов – центры сохранения биоразнообразия флоры и растительного покрова Ульяновского Предволжья / А.В. Масленников, Л.А. Масленникова // Вопросы степеведения. №XV. – Оренбург: ИС УрО РАН, 2019. – С. 201–204.

8. Работнов Т.А. Фитоценология / Т.А. Работнов. – М.: Изд-во МГУ, 1978. – 240 с.

9. Ценопопуляции растений / под ред. Ю.А. Злобина – Л.: Наука, 1988. – 183 с.

Пликина Наталья Владимировна

канд. биол. наук, доцент

ФГБОУ ВО «Омский государственный педагогический университет»

г. Омск, Омская область

Ефремов Андрей Николаевич

канд. биол. наук, старший научный сотрудник

Научно-исследовательский центр фундаментальных
и прикладных проблем биоэкологии и биотехнологии

ФГБОУ ВО «Ульяновский государственный
педагогический университет им. И.Н. Ульянова»

г. Ульяновск, Ульяновская область

DOI 10.31483/r-138813

ОЦЕНКА СТАТУСА РЕДКИХ И ОХРАНЯЕМЫХ СТЕПНЫХ ВИДОВ РАСТЕНИЙ И ЛИШАЙНИКОВ ОМСКОЙ ОБЛАСТИ

Аннотация: по результатам полевых исследований (2015–2022 гг.) выполнена оценка угрозы исчезновения охраняемых степных видов растений и лишайников Омской области. Выделены 14 видов растений и 5 видов лишайников в критическом состоянии (CR), 25 видов в опасном состоянии (EN), 19 видов растений и 2 вида лишайников в уязвимом состоянии (VU), 4 вида отнесены к категории недостаточной изученности (DD), 1 – вызывающий наименьшее опасение (LC). Предложено включить в новое издание Красной книги 4 вида сосудистых растений (*Astragalus sareptanus*, *Atraphaxis decipiens*, *Galatella divaricata*, *Limonium suffruticosum*) и 1 вид гриба (*Battarrea phalloides*).

Ключевые слова: категории редкости, МСОП, Красная книга, редкие виды, растения, лишайники, Омская область.

Степные биомы региона, согласно районированию биомов России [6], относятся к Заволжско-Кулундинскому типу, подтипу зауральско-западносибирских дерновиннозлаковых степей. Характерны разнотравно-типчаково-ковыльные (*Stipa zaleskii*, *S. capillata*, *S. tirma*, *S. lessingiana*, *S. pennata*, *S. korshinskyi*, *Festuca valesiaca*, *Koeleria cristata*, *Helictotrichon schellianum*) с участием корневищных злаков (*Phleum phleoides*, *Bromopsis inermis*, *Calamagrostis epigeios*) и мезоксерофильного разнотравья (*Salvia dumetorum*, *Filipendula vulgaris*, *Gypsophila altissima*, *Xanthoselinum alsaticum*, *P. morisonii*, *Medicago romanica*, *Pulsatilla flavescens*, *Carex praecox*) степи. В связи с интенсивным сельскохозяйственным освоением территории Омской области степные сообщества в регионе сохранились фрагментарно, в основном на участках, непригодных или ограниченных

Актуальные вопросы биоэкологии, систематики, анатомии и морфологии животных и растений

для сельскохозяйственного использования: берега рек, балки, овраги и пр. Несмотря на то, что степные биомы в регионе (степи, южная лесостепь) занимают небольшие площади, в них сосредоточено значительное разнообразие редких и охраняемых видов [7; 10]. Для объективности и прозрачности оценки статуса охраны редких видов, чрезвычайно важно использованные единых подходов, основанных на количественных долговременных данных [5; 9].

Материалами для исследования послужили результаты полевых исследований, выполненных авторами в 2015–2022 г., частично обнародованные ранее [2–4; 8]. В ходе полевых исследований оценивалось состояние популяций охраняемых видов, их численность, плотность, площадь местообитания. Оценка угроз и рисков выполнена согласно «Инструкции по использованию Категорий и критериев Красного списка МСОП» [9], с учётом региональной составляющей [5] и положений ГОСТ Р 59783-2021 [1].

Результаты оценки категорий редкости и категории угрозы исчезновения приведены в таблице.

Таблица

Оценка текущей категории и угроз исчезновения объектов растительного мира

Вид	Текущая категория охраны	Предложения по изменению категории охраны	Категория угрозы исчезновения согласно критериям МСОП
<i>Magnoliophyta</i>			
<i>Adonis villosa</i> Ledeb.	3 (R)	-	EN (B1ab(i,ii,iii,iv,v); B2ab(i,ii,iii,iv,v))
<i>Adonis volgensis</i> Steven ex DC.	3 (R)	2 (V)	EN (B1ab(i,ii,iii,iv,v); B2ab(i,ii,iii,iv,v))
<i>Allium flavescens</i> Besser	2 (V)	-	EN (B1ab(i,ii,iii,iv,v); B2ab(i,ii,iii,iv,v))
<i>Allium pallasii</i> Murray	1 (E)	-	CR (D1)
<i>Allium ramosum</i> L.	1 (E)	-	VU (D1)
<i>Althaea officinalis</i> L.	3 (R)	-	EN (B1ab(i,ii,iii,iv,v); B2ab(i,ii,iii,iv,v))
<i>Abyssum lenense</i> Adams	2 (V)	-	EN (B1ab(i,ii,iii,iv,v); B2ab(i,ii,iii,iv,v))
<i>Artemisia gmelinii</i> Weber ex Stechm.	2 (V)	3 (R)	VU (D1)
<i>Aster alpinus</i> L.	3 (R)	-	EN (B1ab(i,ii,iii,iv,v); B2ab(i,ii,iii,iv,v))
<i>Astragalus buchtormensis</i> Pall.	3 (R)	-	EN (B1ab(i,ii,iii,iv,v); B2ab(i,ii,iii,iv,v))
<i>Astragalus kustanaicus</i> Попов (<i>A. macropus</i> Bunge)	2 (V)	-	VU (D2)

Вид	Текущая категория охраны	Предложения по изменению категории охраны	Категория угрозы исчезновения согласно критериям МСОП
<i>Astragalus stenoceras</i> C.A. Mey.	1 (E)	-	CR (D1)
<i>Astragalus tenuifolius</i> L. (<i>A. austriacus</i> Jacq.)	2 (V)	-	EN (B1ab(i,ii,iii,iv,v); B2ab(i,ii,iii,iv,v))
<i>Atraphaxis frutescens</i> (L.) K. Koch	2 (V)	-	EN (B1ab(i,ii,iii,iv,v); B2ab(i,ii,iii,iv,v))
<i>Bupleurum bicaule</i> Helm	1 (E)	-	EN (B1ab(i,ii,iii,iv,v); B2ab(i,ii,iii,iv,v))
<i>Centaurea scabiosa</i> subsp. <i>adpressa</i> (Ledeb.) Gugler (<i>C. adpressa</i> Ledeb.)	TB	И	LC
<i>Clausia aprica</i> (Stephan ex Willd.) Korn.-Trotzky	1 (E)	-	EN (B1ab(i,ii,iii,iv,v); B2ab(i,ii,iii,iv,v))
<i>Delphinium dictyocarpum</i> DC.	2 (V)	-	VU (D2)
<i>Dianthus acicularis</i> Fisch. ex Ledeb	2 (V)	-	EN (B1ab(i,ii,iii,iv,v); B2ab(i,ii,iii,iv,v))
<i>Dianthus leptopetalus</i> Willd	1 (E)	-	CR (D1)
<i>Dianthus ramosissimus</i> Pall. ex Poir.	1 (E)	3 (R)	EN (B1ab(i,ii,iii,iv,v); B2ab(i,ii,iii,iv,v))
<i>Frankenia hirsuta</i> L.	3 (R)	-	VU (B1b(i,ii,iii,iv,v)c(i,ii,iii,iv); B2b(i,ii,iii,iv,v) c(i,ii,iii,iv))
<i>Fritillaria meleagroides</i> Patrln ex Schult. & Schult.f.	3 (R)	-	VU (B1b(i,ii,iii,iv,v)c(i,ii,iii,iv); B2b(i,ii,iii,iv,v) c(i,ii,iii,iv))
<i>Gagea fedtschenkoana</i> Pascher	1 (E)	-	CR (D1)
<i>Gentiana cruciata</i> L.	3 (R)	-	DD
<i>Gratiola officinalis</i> L.	2 (V)	-	DD
<i>Halocnemum strobilaceum</i> (Pall.) M. Bieb. (<i>H. cruciatum</i> Tod.)	2 (V)	-	CR (D1)
<i>Hedysarum gmelinii</i> Ledeb.	2 (V)	-	EN (B1ab(i,ii,iii,iv,v); B2ab(i,ii,iii,iv,v))
<i>Helichrysum arenarium</i> (L.) Moench	TB	3 (R)	DD
<i>Iris glaucescens</i> Bunge (<i>I. scariosa</i> auct.)	1 (E)	-	VU (D2)
<i>Iris humilis</i> Georgi	3 (R)	-	VU (B1ab(i,ii,iii,iv,v); B2ab(i,ii,iii,iv,v))
<i>Krascheninnikovia ceratoides</i> (L.) Gueldenst.	1 (E)	-	DD
<i>Kalidium foliatum</i> (Pallas) Moq.	2 (V)	-	EN (D1)
<i>Linum perenne</i> L.	2 (V)	-	VU (D2)
<i>Nitraria sibirica</i> Pall.	TB	1 (E)	CR (B1bi,iii; B2bii,iii); D1)

**Актуальные вопросы биоэкологии, систематики, анатомии и
морфологии животных и растений**

Вид	Текущая категория охраны	Предложения по изменению категории охраны	Категория угрозы исчезновения согласно критериям МСОП
<i>Nitraria schoberi</i> L.	1 (E)	-	CR (B1ab(i,ii,iii); B2ab(i,ii,iii); D1)
<i>Odontarrhena obovate</i> C.A. Mey. (<i>Alyssum obovatum</i> (C.A. Mey.) Turcz.)	1 (E)	-	EN (B1ab(i,ii,iii,iv,v); B2ab(i,ii,iii,iv,v))
<i>Ofaiston monandrum</i> (Pall.) Moq.	2 (V)	3 (R)	VU (B1b(i,ii,iii,iv,v)c(i,ii,iii,iv); B2b(i,ii,iii,iv,v)c(i,ii,iii,iv))
<i>Onosma borysthena</i> Klokov	3 (R)	2 (V)	EN (B1ab(i,ii,iii,iv,v); B2ab(i,ii,iii,iv,v))
<i>Orostachys spinosa</i> (L.) Sweet	2 (V)	-	EN (B1ab(i,ii,iii,iv,v); B2ab(i,ii,iii,iv,v))
<i>Prunus cerasus</i> L. (<i>Cerasus fruticosa</i> Pallas)	1 (E)	2 (V)	VU (D1)
<i>Psephellus turgaicus</i> (Klokov) A.L.Ebel (как <i>Centaurea sibirica</i> L.)	2 (V)	1 (E)	EN (B1ab(i,ii,iii,iv,v); B2ab(i,ii,iii,iv,v))
<i>Ranunculus pedatus</i> subsp. <i>silviteppaceus</i> (Dubovik) Elenevsky & Derv.-Sok. (<i>R. silviteppaceus</i> Dubovik)	2 (V)	-	VU (D2)
<i>Rhaponticum serratuloides</i> (Georgi) Bobr.	2 (V)	-	VU (D1)
<i>Ruppia maritima</i> L.	1 (E)	2 (V)	EN (B1ab(i,ii,iii,iv,v); B2ab(i,ii,iii,iv,v))
<i>Scorzonera ensifolia</i> M. Bieb.	1 (E)	-	CR (D1)
<i>Sporobolus aculeatus</i> (L.) P.M. Peterson (<i>Crypsis aculeata</i> (L.) Aiton)	2 (V)	-	CR (B1ab(i,ii,iii,iv,v)c(i,ii,iii,iv); B2ab(i,ii,iii,iv,v) c(i,ii,iii,iv))
<i>Stipa korshinskyi</i> Roshev.	1 (E)	-	EN (A2(c,d);C1)
<i>Stipa lessingiana</i> Trin. & Rupr.	2 (V)	-	VU (A2(c,d);B1ab(i,ii,iii,iv,v); B2ab(i,ii,iii,iv,v))
<i>Stipa pennata</i> L.	3 (R)	-	VU (B1ab(i,ii,iii,iv,v); B2ab(i,ii,iii,iv,v))
<i>Stipa praecapillata</i> Alechin	1 (E)	-	EN (A2(c,d);C1)
<i>Stipa zalesskii</i> Wilensky ex Grossh.	2 (V)	-	VU (B1ab(i,ii,iii,iv,v); B2ab(i,ii,iii,iv,v), C1)
<i>Tanacetum millefolium</i> (L.) Tzvelev	2 (V)	-	EN (A2(c,d);C1)
<i>Valeriana tuberosa</i> L.	3 (R)	-	VU (B1b(i,ii,iii,iv,v)c(i,ii,iii,iv); B2b(i,ii,iii,iv,v)c(i,ii,iii,iv))
<i>Gnetophyta</i>			

Вид	Текущая категория охраны	Предложения по изменению категории охраны	Категория угрозы исчезновения согласно критериям МСОП
<i>Ephedra distachya</i> L.	1 (E)	-	EN (B1ab(i,ii,iii,iv,v); B2ab(i,ii,iii,iv,v))
<i>Polypodiophyta</i>			
<i>Salvinia natans</i> (L.) All.	2 (V)	-	EN (B1ab(i,ii,iii,iv,v)c(i,ii,iii,iv); B2ab(i,ii,iii,iv,v)c(i,ii,iii,iv))
<i>Ascomycota</i>			
<i>Cladonia foliacea</i> (Huds.) Willd.	2 (V)	3 (R)	VU (B1ab(i,ii,iii,iv); B2ab(i,ii,iii,iv))
<i>Diploschistes scruposus</i> (Schreb.) Norman	1 (E)	-	CR (D1)
<i>Neofuscelia ryssolea</i> (Ach.) Nyl.	2 (V)	-	CR (D1)
<i>Psora decipiens</i> (Hedw.) Hoffm.	1 (E)	-	CR (D1)
<i>Toninia sedifolia</i> (Scop.) Timdal	1 (E)	-	CR (D1)
<i>Xanthoparmelia camtschadalis</i> (Ach.) Hale	3 (R)	-	VU (B1ab(i,ii,iii,iv); B2ab(i,ii,iii,iv))
<i>Verrucaria nigrescens</i> Pers.	3 (R)	-	CR (D1)
<p><i>Примечание:</i> статус охраны в Красной книге Омской области: 1 (E) – вид, находящийся под угрозой исчезновения; 2 (V) – уязвимый вид; 3 (R) – редкий вид; ТВ – виды, нуждающиеся в особом внимании к их состоянию в природной среде. Степени угроз исчезновения в списке IUCN (МСОП): CR – Critically Endangered (в критической опасности); EN – Endangered (в опасности); VU – Vulnerable (в уязвимом положении); NT – Near Threatened (близки к уязвимому положению); LC – Least Concern (находятся под наименьшей угрозой); DD – Data Deficient (данных недостаточно); NE – Not Evaluated (угроза не оценивается); «-» – категория не изменяется, И – исключение.</p>			

Таким образом, для 14 видов растений может быть рекомендована категория CR (в критической опасности), 25 вида – EN (в опасности), 19 – VU (в уязвимом положении) и 4 – DD (данных недостаточно для принятия решения) и 1 вид – LC (находится под наименьшей угрозой). Среди лишайников 2 вида соответствуют категории VU (в уязвимом положении) (*Xanthoparmelia camtschadalis*, *Cladonia foliacea*) и 5 видов (*Diploschistes scruposus*, *Neofuscelia ryssolea*, *Psora decipiens*, *Toninia sedifolia*, *Verrucaria nigrescens*) – CR (в критической опасности). На основании полученных фактических данных предлагаем изменить категории у следующих видов: *Psephellus turgaicus* с 2 (V) на 1 (E), *Adonis volgensis* и *Onosma borysthena* – с 3 (R) на 2 (V), *Prunus cerasus* и *Ruppia maritima* – с 1 (E) на 2 (V), *Artemisia gmelinii*, *Ofaiston monandrum*, *Cladonia foliacea* – с 2 (V) на 3 (R), *Dianthus ramosissimus* – с 1 (E) на 3 (R). У включенных в перечень, нуждающихся в особом внимании к их состоянию в природной среде растений рекомендуем изменить статус: *Helichrysum arenarium* – на

3 (R), *Nitraria sibirica* – на 1 (E) и исключить из перечня *Centaurea scabiosa* subsp. *Adpressa* – как вид, находящийся под наименьшей угрозой (LC).

По результатам мониторинга в следующее издание Красной книги Омской области рекомендуется включить следующие виды растений.

Astragalus sareptanus A.K. Becker – астрагал сарептский. Категории: 1 (E); VU (D1). Вид обнаружен в опустыненной петрофитной степи Русско-Полянского района (надпойменная терраса р. Тлеусай).

Atraphaxis decipiens (L.) K. Koch – курчавка обманчивая. Категории: 1 (E); VU (D1). Обитает в Нововаршавском и Русско-Полянском (надпойменная терраса р. Тлеусай, окрестности с. Жуковка) районах.

Galatella divaricata (M. Bieb.) Novopokr. – солонечник растопыренный. Категории: 1 (E); VU (D1). Вид обнаружен в опустыненной петрофитной степи Русско-Полянского района (надпойменная терраса р. Тлеусай).

Limonium suffruticosum (L.) Kuntze – кермек полукустарниковый. Категории: 1 (E); VU (D1). Обнаружен в Москаленском районе в котловине оз. Эбейты на территории государственного природного комплексного заказника регионального значения «Озеро Эбейты».

Battarrea phalloides (Dicks.) Pers. – батгарея веселковидная. Категории: 1 (E); CR (B1ab(i,ii,iii,iv); B2ab(i,ii,iii,iv)). Вид обнаружен в Черлакском районе, Омском и Русско-Полянском районах.

В связи с тем, что значительная часть редких видов сосредоточена в долине и на надпойменных террасах р. Тлеусай (Русско-Полянский район) здесь предлагается организовать особо охраняемую природную территорию ботанического профиля для сохранения коренных степных сообществ [7].

Работы частично выполнены в рамках государственных контрактов (№Ф.2021.4721801 и №Ф.2022.4722958), заключенных между Министерством природных ресурсов и экологии Омской области и ФГБОУ ВО «Омский государственный педагогический университет».

Список литературы

1. ГОСТ Р 59783-2021 Охрана окружающей среды. Биологическое разнообразие. Критерии оценки редких и находящихся под угрозой исчезновения видов животных, растений и грибов. Введ. 01.04.2022 Приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии №1236-ст от 21.10.2021.

2. Ефремов А.Н. Природоохранный статус видов рода *Allium* L. в Омской области / А.Н. Ефремов, Н.В. Пликина // Фундаментальные и прикладные исследования по приоритетным направлениям биоэкологии и биотехнологии: материалы VI Всерос. науч.-практич. конф. с международным участием. – Чебоксары: Среда, 2023. – С. 23–29. DOI 10.31483/t-106875. EDN AZMTPY

3. Ефремов А.Н. Род *Astragalus* L. (Fabaceae) в Омской области / А.Н. Ефремов, Н.В. Пликина // Фундаментальные и прикладные исследования по приоритетным направлениям биоэкологии и биотехнологии: материалы IV Всерос. науч.-практич. конф. с международным участием. – Чебоксары: Среда, 2021. – С. 70–76. EDN YQWWUL

4. Ефремов А.Н. Род *Nitraria* L. в Омской области: экология, распространение, природоохранный статус / А.Н. Ефремов, Н.В. Пликина // Фундаментальные и прикладные исследования по приоритетным направлениям биоэкологии и биотехнологии: материалы VII Всерос. науч.-практич. конф. – Чебоксары: Среда, 2024. – С. 14–19. EDN RPRSF A

5. Заварзин А.А. Возможности применения глобальных категорий и критериев красного списка Всемирного союза охраны природы на региональном уровне / А.А. Заварзин, Е.Э. Мучник // Ботанический журнал. – 2005. – Т. 90. №1. – С. 105–118. EDN HRVGJJ
6. Карта «Биомы России». – Масштаб 1:7 500 000. 2-е изд. – М.: Географический факультет МГУ им. М.В. Ломоносова, Русское Географическое общество, Всемирный фонд дикой природы, 2018.
7. Пликина Н.В. К организации особо охраняемой природной территории ботанического профиля в степной зоне Омской области / Н.В. Пликина, А.Н. Ефремов // Современные проблемы ботаники, микробиологии и природопользования в Западной Сибири и на сопредельных территориях: материалы Всеросс. науч. конф. с междунар. участием. – Сургут: ИЦ СурГУ, 2015. – С. 78–80.
8. Пликина Н.В. Род *Iris* L. (Iridaceae) в Омской области: распространение и охрана / Н.В. Пликина, А.Н. Ефремов, Б.Ф. Свириденко // Фундаментальные и прикладные исследования по приоритетным направлениям биоэкологии и биотехнологии: материалы V Всерос. науч.-практич. конф. с международным участием. – Чебоксары: Среда, 2022. – С. 28–33. EDN GETAJ
9. Подкомитет стандартов и петиций МСОП. 2013. Инструкции по использованию Категорий и критериев Красного списка МСОП. Версия 10.1. Подготовлено Подкомитетом стандартов и петиций МСОП [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.iucnredlist.org/documents/RedListGuidelines.pdf> (дата обращения: 19.05.2025).
10. Постановление Правительства Омской области от 06.07.2005 г. №76-п «Об утверждении Порядка ведения Красной книги Омской области и отдельных перечней животных, растений и других организмов» (с изм. на 15.06.2022 г.).

Селиванова Анна Владимировна
старший преподаватель
Малыхина Лариса Валериевна
канд. биол. наук, доцент
Казанцева Алина Вячеславовна
студентка

ФГБОУ ВО «Калининградский государственный
технический университет»
г. Калининград, Калининградская область

ВНУТРИПОРОДНЫЕ РАЗЛИЧИЯ СОБАК ПОРОДЫ НЕМЕЦКАЯ ОВЧАРКА

Аннотация: в статье проанализированы внутрипородные различия немецких овчарок, выявлены последствия современного шоу-разведения, такие как увеличение размеров и ухудшение рабочих качеств. Методы исследования включали измерения, бонитировку и оценку дрессировочных навыков, что подтвердило снижение работоспособности у собак шоу-направления. Сделаны выводы о необходимости корректировки селекции для сохранения баланса между экстерьером и функциональностью.

Ключевые слова: немецкая овчарка, шоу-направление селекции, бонитировка, рабочие качества.

Актуальность исследования обусловлена необходимостью выявления и анализа экстерьерных, поведенческих и рабочих отличий между двумя направлениями разведения – рабочим и шоу (выставочным). В современных условиях наблюдается увеличение численности собак шоу-направления, что ставит под угрозу сохранение рабочих качеств данной породы.

Целью работы является комплексное изучение внутривидовых различий немецких овчарок, оценка их экстерьерных и поведенческих характеристик на базе кинологического подразделения УФСИН России по Калининградской области. Были изучены и проанализированы результаты бонитировки, тип конституции, индексы телосложения и рабочие качества собак породы немецкая овчарка двух направлений разведения – рабочего и шоу (выставочного).

Немецкая овчарка является универсальной породой, широко применяемой в различных сферах служебной деятельности, таких как розыск, обнаружение взрывчатых веществ, наркотиков, человеческих остатков, патрульно-постовая служба, караульная служба и поисково-спасательные операции [1].

Исторически сложилось, что с конца XIX века немецкая овчарка использовалась преимущественно как рабочая собака, обладающая высокой работоспособностью, скоростью и выносливостью. Однако с развитием выставочной деятельности в XIX веке и последующим превращением выставок в шоу, отношение к породе стало сдвигаться от функциональных характеристик к экстерьерным. В процессе этого сформировалась тенденция к свертипизации, при которой доминируют отдельные породные признаки, зачастую в ущерб рабочим качествам собак. В результате подобного селекционного крена появились особи, отличающиеся чрезмерно крупными размерами, ухудшенной координацией движений, сниженной прыгучестью и потенциальными проблемами опорно-двигательного аппарата [2]. Из-за того, что произошла тенденция увеличения собак, часто встречаются крупные особи сырой или рыхлой конституции. Они слишком громоздкие, их движения хуже координированы, они не могут быстро тормозить или резко менять направление движения. Их существенная проблема – дисплазия тазобедренных и локтевых суставов [3; 4].

Исходя из того, что немецкая овчарка – рысак, стали отбирать собак с слишком низко посаженным корпусом. Это привело к проблемам с опорно-двигательным аппаратом у шоу-направления. Это было сделано, чтобы собаки не переходили на галоп в ринге. Для этого отбирали особей с заниженной линией крупа и повышали углы задних конечностей. Такие собаки путаются в своих же конечностях [4].

Исследования проводились на базе УФСИН России по Калининградской области. Основная цель работы – изучение внутривидовых различий немецкой овчарки, для ее реализации необходимо провести бонитировку собак (а именно - проверку рабочих качеств, конституции и экстерьер, исключая оценку по потомству и происхождению собаки).

Для исследования были отобраны десять собак, 5 особей рабочего разведения и 5 особей шоу-направления (по 3 суки и 2 кобеля).

Первым критерием оценки был выбран тип конституции. Собаки крепкого-сухого типа достаточно возбудимы, имеют хороший механизм торможения. Движения сильные, уверенные. Сухожильно-связочный аппарат хорошо развит. Кожа не свисает, эластичная.

Крепкий-грубый тип достаточно спокойный, уравновешенный. Навыки вырабатываются быстро и хорошо сохраняются в памяти. Суставы хорошо выражены, сухожильно-связочный аппарат развит хорошо. Кожа плотная, натянутая. Крепкий нежный тип, собаки с повышенной возбудимостью. Обладают слабоватым костяком, выражены слабые суставы. Кожа нежная, без складок [1].

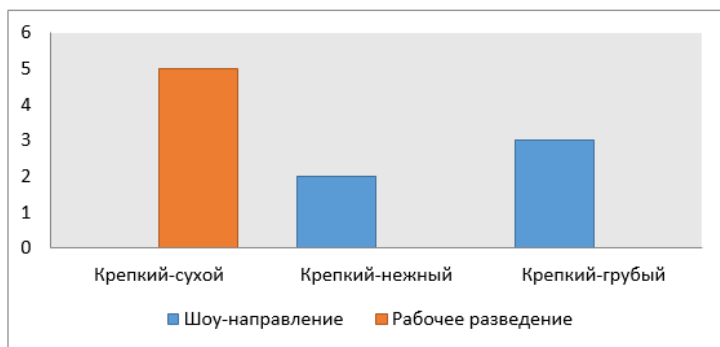


Рис. 1. Соотношение типов конституции собак

По результатам бонитировки все собаки рабочего направления относятся к промежуточному типу – крепкий-сухой; шоу-разведение: крепкий грубый, и крепкий нежный (рис. 1).

Основными промерами, наиболее важными для оценки являются: высота в холке, косая длина туловища, обхват груди и обхват пясти. Результаты измерения изучаемых особей представлены на рисунке 2, в котором представлены средние показатели по направлениям разведения.

В результате замеров установлено: собаки шоу-класса в холке выше собак рабочего разведения в среднем на 2,8 см; косая длина туловища «шоу» особей превышает данный показатель рабочих собак на 7,9 см; в объёме груди собаки рабочего разведения объемнее на 6,8 см. Обхват пясти «шоу» овчарок в среднем меньше на 0,5 см.

Для более точного представления о типе телосложения собак была проведена индексация по следующим пунктам: индекс растянутости – если показатель выше 100 – растянутый формат, менее 100 – укороченный; индекс костистости характеризует относительное развитие костяка; индекс массивности характеризует относительное развитие корпуса и физическое развитие груди [6].

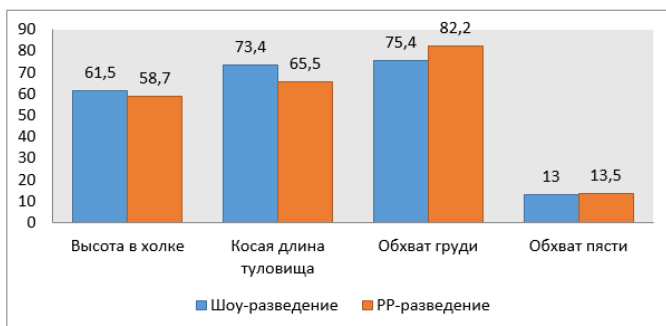


Рис. 2. Соотношение среднего параметра промеров особей PP и ШР

Таблица 1
Средний результат вычисления индексов телосложения собак ШР и PP

<i>Название индекса</i>	<i>Среднее значение у собак шоу разведения</i>	<i>Среднее значение у собак рабочего разведения</i>
Индекс растянутости	119,4	111,6
Индекс костистости	21,1	23
Индекс массивности	122,6	140

По результатам измерения рабочие собаки оказались менее растянутыми, но более массивными и костистыми, чем овчарки «шоу» разведения.

Для испытания по ОКР (общему курсу дрессировки) выбраны следующие навыки (рис. 3): демонстрация зубной системы, отношение к наморднику и переход в свободное состояние; реагирование на команду «Фу» и отношение к корму; апортировка предмета; возвращение на место; подход к дрессировщику; выполнение команд стойка, сидеть, укладка; движение рядом; преодоление препятствий; а также реакция на выстрел.

По результатам оценки ОКД, как одного из самых главных показателей рабочих качеств служебных собак, группа PP набрали 98 из 100 баллов, «шоу» – собаки 87 из 100.

Значительный разрыв баллов наблюдался в преодолении препятствий, где «шоу» – собаки задевали барьеры и стенку, так же им сложнее было воздержаться от корма при запрещающей команде. Возвращение на место было замедлено. Собаки шоу-разведения дольше включались в работу.

Современное шоу-разведение немецких овчарок приводит к формированию особей с отклонениями от породных стандартов, ухудшающими их рабочие возможности и здоровье. Увеличивается число крупных с низким индексом костистости собак, страдающих дисплазией суставов и недостатками координации движений. Основные морфологические различия между группами проявляются в размерах, типе конституции и индексах телосложения: шоу-собаки крупнее, имеют более длинное туловище и меньший объем груди, а их тип конституции чаще выражен как грубый или нежный.

Рабочие собаки, обладающие более сбалансированной конституцией (крепкий сухой), отличаются высокой работоспособностью и выносливостью, что подтверждается результатами дрессировочных испытаний.

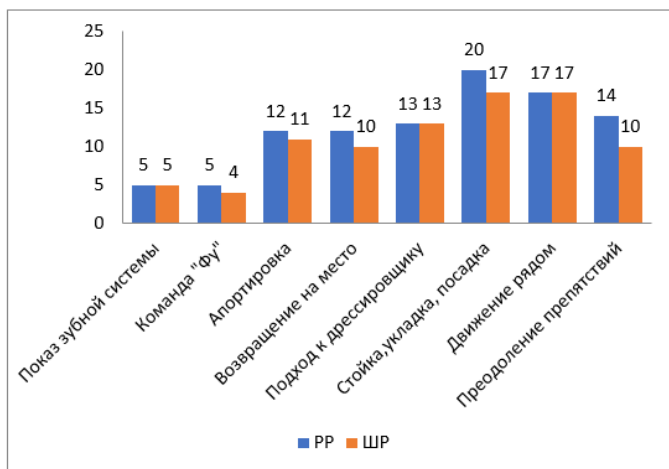


Рис. 3. Оценка навыков по общему курсу дрессировки. Сравнение PP и ШР на уровне минимальных и максимальных баллов

Список литературы

1. Бедель В.В. *Немецкая овчарка: энциклопедия* / В.В. Бедель; пер. с франц. Л.В. Комкова, В.Д. Румянцева, Е.В. Трапезова. – М.: Жизнь, 2004. – 448 с.
2. Дмитриева Ю.И. Экстерьерно-конституциональные особенности собак породы немецкая овчарка / Ю.И. Дмитриева, Т.В. Шеремета // *Пермский период: сборник материалов VI международного научно-спортивного фестиваля курсантов и студентов*. – Пермь: Пермский институт Федеральной службы исполнения наказаний, 2019. – С. 194–196. EDN NULAUU
3. Мухачева Е.В. Рабочие качества немецкой овчарки / Е.В. Мухачева, В.А. Горячев // *Научные труды студентов Ижевской ГСХА / отв. за вып. Н.М. Итешина*. – Ижевск: Ижевская государственная сельскохозяйственная академия, 2020. – С. 712–714. EDN NEKQFA
4. Тимофеева О.А. Проблема увеличения роста в породе немецкая овчарка / О.А. Тимофеева // *Евразийское научное объединение*. – 2019. – №1–7 (47). – С. 407–408. EDN VURKYM
5. Федорова М.Ф. Влияние различных линий на экстерьерные и рабочие качества немецкой овчарки / М.Ф. Федорова // *Молодые исследователи агропромышленного и лесного комплексов – регионам (Вологда; Молочное, 21 апреля 2016 г.)*. – Вологда: Вологодская государственная молочнохозяйственная академия им. Н.В. Верещагина, 2016. – С. 237–241. EDN WAWRGR

**МОЛЕКУЛЯРНАЯ БИОЛОГИЯ, ГЕНЕТИКА,
МИКРОБИОЛОГИЯ**

Вавикко Анна Станиславовна

студентка

ФГБОУ ВО «Ростовский государственный медицинский университет»

г. Ростов-на-Дону, Ростовская область

Асеева Юлия Грантовна

ординатор

ФГБОУ ВО «Ростовский государственный медицинский университет»

г. Ростов-на-Дону, Ростовская область

Белицкая Татьяна Станиславовна

канд. мед. наук, врач анестезиолог-реаниматолог

ФГБУЗ «Южный окружной медицинский центр

Федерального медико-биологического агентства»

г. Ростов-на-Дону, Ростовская область

Погосян Ашот Ардашесович

врач

ГБУ РО «Станция переливания крови»

г. Ростов-на-Дону, Ростовская область

DOI 10.31483/r-138206

**ГЕНЕТИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ОЛЬФАКТОГЕНИТАЛЬНОЙ
ДИСПЛАЗИИ (СИНДРОМ КАЛЛМАНА)**

Аннотация: синдром Каллмана (ольфактогенитальная дисплазия) является редким наследственным заболеванием, характеризующимся нарушением полового развития и аносмией, возникающим вследствие дефектов миграции нейрональных клеток, вырабатывающих гонадотропин-рилизинг-гормон (ГнРГ). В статье рассматриваются генетические аспекты заболевания, включая идентификацию гена *KALIG-1*, который играет ключевую роль в регуляции миграции нейронов, и его связь с наследуемыми формами заболевания. Описание клинических проявлений синдрома включает первичную аменорею у женщин и гипогонадизм у мужчин, а также сопутствующие аномалии, такие как гипоплазия яичек, нарушения развития мочеполовой системы и неврологические расстройства. Обсуждаются также гормональные особенности синдрома, включая снижение уровней лютеинизирующего гормона (ЛГ), фолликулостимулирующего гормона (ФСГ) и половых стероидов, а также статистика распространенности заболевания.

Ключевые слова: синдром Каллмана, ольфактогенитальная дисплазия, ген *KALIG-1*, гипоосмия, аносмия, половая дисфункция, генетические аномалии, гормональные нарушения, наследование, гипогонадизм.

В 1944 году F. J. Kaliman в своей работе «Генетические аспекты первичного евнухоидизма» впервые описал синдром, характеризующийся задержкой или отсутствием полового развития и аносмией, который позже стал известен как синдром Каллмана (ольфактогенитальная дисплазия) [1; 2].

Синдром развивается вследствие нарушения миграции нейрональных клеток, вырабатывающих гонадотропин-рилизинг-гормон (ГнРГ), из медиальной ольфакторной зоны головного мозга в преоптические ядра гипоталамуса. На сегодняшний день установлена связь между развитием ольфактогенитальной дисплазии и мутацией гена, расположенного в области р.22.3 X-хромосомы. Выяснилось, что этот регион, длина которого составляет 67 тыс. пар оснований, значительно уменьшен у пациентов с синдромом Каллмана, и позднее его назвали ADMLX (adhesion molecule-like from X-chromosome) [3]. Позднее был выделен комплементарный участок ДНК для этой области, и ген был идентифицирован как KALIG-1 (Kaliman syndrome interval gene 1) [4]. Анализ аминокислотной последовательности предполагаемого белка показал его гомологию с молекулами адгезии нервных клеток, которые играют важную роль в регуляции развития и морфогенеза нервной ткани. Предполагается, что KALIG-1 может кодировать новый тип нейrogenного миграционного фактора. Заболевание имеет три варианта наследования: X-сцепленный, аутосомно-доминантный и аутосомно-рецессивный [5; 6].

Клинически ольфактогенитальная дисплазия у женщин проявляется первичной аменореей и, как следствие, первичным бесплодием. При осмотре может быть выявлено телосложение евнухоидного типа, а также редко – умеренное развитие молочных желез. У мужчин наблюдается гипоплазия яичек, к подростковому возрасту формируется евнухоидная внешность (высокий рост, яички маленького размера, инфантильный половой член, отсутствие вторичных половых признаков).

Гипоосмия или аносмия – это сопутствующие симптомы заболевания, обусловленные частичной или полной агенезией обонятельных лукович и ольфакторного тракта. Нейроны, вырабатывающие ГнРГ, также, как и обонятельные нейроны, в процессе эмбриогенеза развиваются в зоне ольфакторной пластинки, после чего мигрируют, пересекают этмоидальную пластину и направляются в различные участки мозга. Для нормального формирования обонятельных лукович важно, чтобы ольфакторные нейроны контактировали с передними отделами мозга. Нейроны, вырабатывающие ГнРГ, мигрируют на значительно большие расстояния. Исследования, проводившиеся на эмбрионах с синдромом Каллмана, показали, что и нейроны, секретирующие ГнРГ, и аксоны ольфакторного тракта формируются нормально, однако их миграция завершается преждевременно, в пределах оболочек мозга, и нейроны не достигают своих нормальных конечных расположений [7].

Клинические проявления синдрома Каллмана могут значительно варьироваться. Пациенты из одной семьи могут иметь разные симптомы, от легкой аноσμии, обнаруживаемой только с помощью специальных тестов, и нормального полового развития, до выраженной аноσμии и глубокого гипогонадизма. В редких случаях гипогонадизм и аносмия могут сопровождаться другими генетическими аномалиями, такими как спастическая параплегия, глухота, горизонтальный нистагм, нарушения цветового

зрения, незаращение неба и верхней челюсти, а также задержка умственного развития. Многие из этих аномалий связаны с нарушениями развития миндалевидного тракта. Также возможны симптомы, связанные с аномалиями мочеполовой системы, такие как агенезия почек, подковообразная почка и крипторхизм у мужчин [8; 9].

При гормональном исследовании у женщин отмечается пониженный уровень лютеинизирующего гормона (ЛГ), фолликулостимулирующего гормона (ФСГ) и эстрадиола, а у мужчин – тестостерона, при этом уровень пролактина в крови остается в пределах нормы.

По данным различных исследователей, синдром встречается преимущественно у мужчин. Частота его распространенности в популяции по данным разных авторов составляет 1 случай на 10 000 у мужчин и от 1 случая на 50 000 до 1 на 80 000 у женщин.

Синдром Каллмана представляет собой сложное заболевание с множеством клинических проявлений и генетических аспектов. Диагностика включает не только гормональные исследования, но и генетическое тестирование для выявления мутаций в гене KALIG-1, что может помочь в определении наследственных форм болезни. Несмотря на редкость заболевания, его своевременная диагностика и лечение имеют важное значение для улучшения качества жизни пациентов, особенно женщин, страдающих от первичной аменореи и бесплодия. Понимание молекулярных механизмов заболевания способствует разработке более эффективных методов терапии и генетического консультирования, что особенно важно для семей с риском передачи синдрома.

Список литературы

1. Bick D., Franco B., Sherins R.J. [et al.]. Intragenic deletion of the KALIG-1 gene in Kallmann's syndrome // N. Engl. J. Med. 1992. Vol. 326. Pp. 1752–1755.
2. De Roux N., Young J., Misrahi M. [et al.]. A Family with Hypergonadotropic Hypogonadism and Mutations in the Gonadotropin-Releasing Hormone Receptor // N. Engl. J. Med. 1997. Vol. 337. Pp. 1597–1602.
3. Семичева Т.В. Дифференциальная диагностика конституциональной задержки пубертата и гипогонадотропного гипогонадизма у мальчиков / Т.В. Семичева, Т.Д. Баканова // Проблемы эндокринологии. – 2004. – №3. – С. 21–24. DOI 10.14341/probl11410. EDN KPVJFC
4. Baird David T. Amenorrhoea. The Lancet. 1997. Vol. 350. Iss. 9073. Pp. 275–279. ISSN 0140-6736. [https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(97\)06297-1](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(97)06297-1). EDN COWJMF
5. Dissanevate P., Warne G.L., Zacharin, M.R. Clinical evaluation in isolated hypogonadotropic hypogonadism (Kallmann syndrome) // J. Pediatr. Endocrinol. Metab. 1998. Vol. 11. No 5. Pp. 631–638.
6. Fox K.M., Swan L. // J. Clin. Endocrinol Metab. 1999. Vol. 72. Pp. 808–813.
7. Nakayama Y., Wondisford F.E., Lash R.W. [et al.]. Analysis of gonadotropin-releasing hormone gene structure in families with familial central precocious puberty and idiopathic hypogonadotropic hypogonadism // J. Clin. Endocrinol. Metab. 1990. Vol. 70. Pp. 1233–1238.
8. Hardelin J-P., Levilliers J., Young J. [et al.]. Xp22.3 deletions in isolated familial Kallmann's syndrome // J. Clin. Endocrinol. Metab. 1993. Vol. 76. Pp. 827–831.
9. Silvera L., Tanriverdi F., Maccol G. [et al.] // 12-th International Congress of Endocrinology. Lisbon, Aug.-Sep., 2004.

Давидюк Юрий Николаевич

канд. биол. наук, доцент, старший научный сотрудник
Научно-клинический центр прецизионной
и регенеративной медицины ФГАОУ ВО «Казанский
(Приволжский) федеральный университет»
г. Казань, Республика Татарстан
ведущий научный сотрудник
Научно-исследовательский центр фундаментальных
и прикладных проблем биоэкологии и биотехнологии
ФГБОУ ВО «Ульяновский государственный
педагогический университет им. И.Н. Ульянова»
г. Ульяновск, Ульяновская область

Губарец Дарья Сергеевна
студентка

ФГАОУ ВО «Казанский (Приволжский) федеральный университет»
г. Казань, Республика Татарстан

DOI 10.31483/r-138807

МОЛЕКУЛЯРНО-ГЕНЕТИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ ГЕНОМА ШТАММОВ ORTHOHANTAVIRUS PUUMALAENSE, ВЫЯВЛЕННЫХ В КИРОВСКОЙ ОБЛАСТИ

Аннотация: проведен молекулярно-генетический анализ нуклеотидных последовательностей участков трех сегментов генома штаммов *Orthohantavirus puumalaense* (PUUV), выявленных у рыжих полёвок в Кировской области. Установлено, что штаммы принадлежат к сублинии East-FIN финской генетической линии PUUV.

Ключевые слова: геморрагическая лихорадка с почечным синдромом, *Orthohantavirus puumalaense*, S-сегмент, M-сегмент, L-сегмент, вариабельность генома, молекулярно-генетический анализ.

Геморрагическая лихорадка с почечным синдромом (ГЛПС) – опасная зоонозная инфекция, широко распространённая в России. Только в 2024 году в стране было зарегистрировано 3 396 случаев заболевания [11]. Следует отметить, что более 84,6% от всех отмеченных случаев ГЛПС приходится на Приволжский федеральный округ (ПФО), где эндемичными являются все 14 субъектов [12]. При этом Кировская область занимает 7-е место в округе по показателям заболеваемости [10].

Ортохантавирусы – оболочечные вирусы с трёхсегментным отрицательным одноцепочечным РНК-геномом. Сегменты S, M, и L кодируют белок нуклеокапсида (N), предшественника гликопротеинов оболочки Gp и Gc (GPC) и РНК-зависимую РНК-полимеразу (RdRp), соответственно [4].

Основным возбудителем ГЛПС в России является *Orthohantavirus puumalaense* (PUUV), циркулирующий в популяциях рыжей полёвки (*Clethrionomys glareolus*). На сегодня выявлено восемь генетических линий вируса PUUV, среди которых наиболее распространены на территории России финская (FIN) и русская (RUS) линии [2]. Внутри генетиче-

ских линий также наблюдается значительная вариативность генома. Генетическое разнообразие PUUV, включая появление новых вариантов, связано с точечными мутациями, рекомбинацией и реассортацией генома [8]. Однако механизмы эволюции вируса, определяющие возникновение в том числе патогенных для человека штаммов, изучены недостаточно, в особенности на неисследованных территориях. Поэтому целью работы была идентификация штаммов PUUV в Кировской области и анализ их геномов.

Образцы лёгочной ткани рыжих полёвок, отловленных в 2023 году в Кировской области, были предоставлены ФБУЗ «Центр гигиены и эпидемиологии в Республике Татарстан (Татарстан)». Выделение общей РНК из легочной ткани проводили с использованием реагента «ExtractRNA» («Евроген», Россия) согласно протоколу производителя. Для детекции вирусной РНК в полученных образцах выполняли ОТ-ПЦР с набором «БиоМастер ОТ-ПЦР-Премиум (2×)» («Биолабмикс», Россия). На этапе синтеза кДНК использовали обратную транскриптазу «RNAscribe RT» («Биолабмикс», Россия). Для проведения ПЦР применяли «5× Screen-it» («Евроген», Россия) и праймеры собственной разработки. Разделяли ПЦР-продукты в 1,0% агарозном геле. Очистку ПЦР-продуктов выполняли набором «Cleanup S-Cap» («Евроген», Россия). Секвенирование амплифицированных фрагментов S- и L-сегментов проводили по методу Сэнгера в Междисциплинарном центре коллективного пользования Казанского федерального университета (КФУ). Для участков M-сегмента применяли нанопоровое секвенирование, выполненное в ФБУН «Казанский научно-исследовательский институт эпидемиологии и микробиологии». Для обработки результатов нанопорового секвенирования использовалась программа Unipro UGENE v51.0 [7]. Для выравнивания нуклеотидных последовательностей (НП) и построения филогенетических деревьев использовался метод Maximum Likelihood и модель Tamura-Nei из программы MEGA v12.0.7 [6]. В качестве референсных были использованы НП, размещённые в электронной базе данных GenBank. Последовательности участков сегментов генома *Orthohantavirus tulaense* (TULV) использовали в качестве внешней группы.

Всего в работе были исследованы образцы лёгочной ткани 58 особей рыжих полёвок. В 7 образцах от полёвок, отловленных в Юрьянском и Слободском р-нах, была выявлена вирусная РНК. Для этих образцов были получены НП S-сегмента длиной 618 нд для 5 штаммов, M-сегмента длиной 740 нд для 7 штаммов и L-сегмента длиной 574 нд для 6 штаммов.

В результате сравнительного анализа НП участков S-, M- и L-сегментов наименьшие значения различий (5–8%) были получены при сравнении исследованных штаммов со штаммом Arkhangelsk/Cg8594 из окрестностей д. Мотоусовская, Устьянского района Архангельской области, относящимся к генетической линии FIN, к сублинии East-FIN по классификации Блиновой с соавт [1]. Несколько большие значения разницы НП (8–11%) были получены при сравнении со штаммом Tuumen/Cg8928 из окрестностей с. Преображенка, Тобольского района Тюменской области, также принадлежащим к сублинии East-FIN. При этом значения дивер-

генции с RUS, CE, N-SCA, LAT генетическими линиями PUUV и сублинией West-FIN оказались более значительными: 18–27% для S-сегмента, 20–24% для M-сегмента и 19–24% для L-сегмента (табл. 1).

Таблица 1

Значения различий НП участков S-, M- и L-сегментов и АП белка N, полипептида GPC и белка RdRp исследуемых и референсных штаммов различных генетических линий и сублиний (%)

	Генетическая линия/сублиния PUUV							
	RUS		CE	N-SCA	LAT	FIN		
	Volga-RUS	W-RUS				West-FIN	East-FIN	
							Arkhangelsk/Cg8594	Tyumen/Cg8928
S-сегмент, поз. 727–1344*								
НП	23–27	24–25	21	24	22	18–21	5–6	8–9
АП	5–6	4	4	4	3	2–3	0,5–1,5	0,5–1,5
M-сегмент, поз. 1910–2649*								
НП	20–21	21–22	22	24	24	21–23	7	8–9
АП	4–5	5	8	8	9	4–5	0,4–0,8	0,8–1,2
L-сегмент, поз. 1561–2134*								
НП	19–23	20–21	21	24	20	22	7–8	10–11
АП	1–3	1–2	3–4	6	2	3–4	0,5–1,1	1,6–2,1

*– Позиции указаны по референсным последовательностям штамма Puu/Kazan Z84204, Z84205 и EF405801 для S-, M- и L-сегментов, соответственно.

По результатам сравнительного анализа АП установлено, что значения дивергенции между исследованными штаммами и генетическими линиями RUS (сублиниями Volga-RUS, W-RUS), CE, N-SCA, LAT и FIN (сублинией West-FIN) составляют для S-, M- и L-сегментов 2–6%, 4–9%, 1–6%, соответственно. Между тем, с генетической линией FIN (сублинией East-FIN) исследуемые штаммы различались значительно меньше – 0,5–1,5% для S-сегмента, 0,4–1,2% для M-сегмента и 0,5–2,1 для L-сегмента (табл. 1).

Таким образом, результаты сравнительного анализа НП и АП исследованных штаммов из Кировской области позволяют сделать вывод об их принадлежности к сублинии East-FIN финской генетической линии PUUV.

В результате филогенетического анализа установлено, что исследованные штаммы из Кировской области и референсные штаммы сублинии East-FIN содержат в геноме S-сегмент, близкородственный сублинии West-FIN, и M- и L-сегменты, менее родственные с сублинией West-FIN (рис. 1, рис. 2, рис. 3).

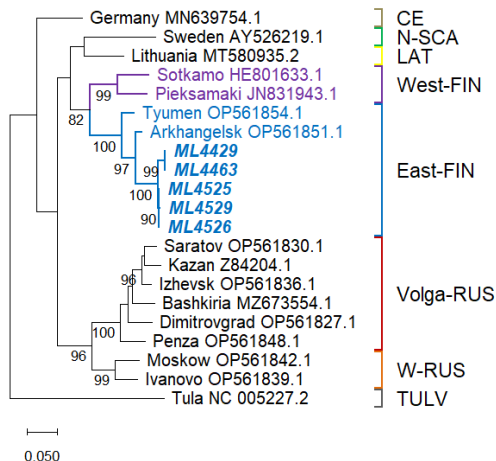


Рис. 1. Филогенетическое дерево, построенное для НП участка S-сегмента PUUV. Исследованные штаммы выделены голубым цветом и жирным курсивным шрифтом. Референсные штаммы сублинии West-FIN выделены фиолетовым цветом

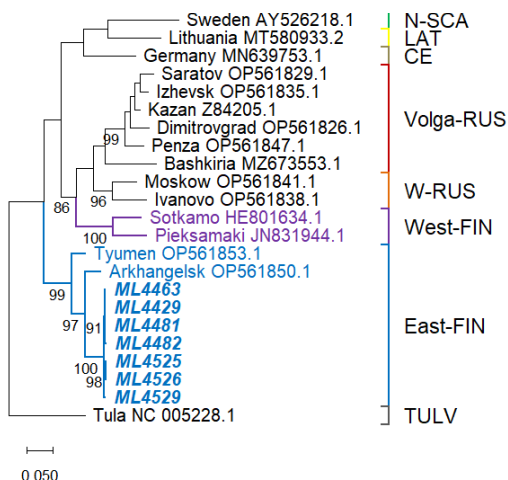


Рис. 2. Филогенетическое дерево, построенное для НП участка M-сегмента PUUV. Исследованные штаммы выделены голубым цветом и жирным курсивным шрифтом. Референсные штаммы сублинии West-FIN выделены фиолетовым цветом

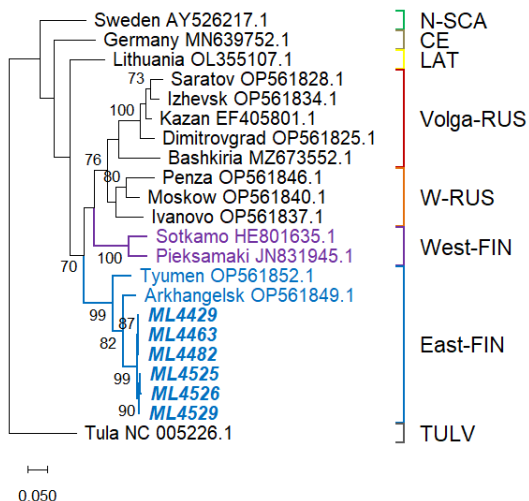


Рис. 3. Филогенетическое дерево, построенное для НП участка L-сегмента PUUV. Исследованные штаммы выделены голубым цветом и жирным курсивным шрифтом. Референсные штаммы сублинии West-FIN выделены фиолетовым цветом

Можно предположить, что сублинии East-FIN и West-FIN происходят от общего предка, который в процессе эволюции разделился на две группы штаммов. Первая группа эволюционировала независимо и сформировала сублинию East-FIN. Вторая группа в результате миграции рыжей полёвки из уральского рефугиума в направлении Финляндии (поток 3), согласно гипотезе Castel *et al.*, пересеклась с группой штаммов линий RUS и/или LAT, переносимых потоком 2 из района Карпатских гор в направлении Прибалтики и южной Финляндии [2]. В результате процессов рекомбинации и реассортации произошёл обмен генетическим материалом M- и L-сегментов с русской и/или латвийской линией вируса и сформировалась сублиния West-FIN. При этом исходный S-сегмент, общий с сублинией East-FIN, сохранился в геноме. Однако для проверки этого предположения требуются дополнительные исследования и сравнительный анализ геномов штаммов PUUV из разных регионов, прежде всего с северо-запада европейской части России.

Нужно отметить, что штаммы PUUV сублинии East-FIN обнаружены на территории ПФО впервые. На большей части ПФО распространены штаммы генетической линии RUS: причём в Республике Татарстан, Республике Башкортостан, Удмуртской Республике, Ульяновской, Пензенской, Самарской, Саратовской областях циркулируют штаммы сублинии Volga-RUS [1; 3; 5], а в Республике Мордовия – штаммы сублинии W-RUS [9]. Штаммы, исследованные в данной работе, обнаружены в локациях, расположенных приблизительно в 50 км севернее и северо-восточнее г. Киров. Ранее было установлено, что штаммы, выявленные в окрестностях г. Ижевск, относятся к генетической линии RUS [5]. Поэтому

можно предположить, что на территории между г. Киров и г. Ижевск располагается «зона контакта» между финской и русской генетическими линиями PUUV, где возможно возникновение гибридных генетических вариантов вируса. Однако для её обнаружения необходимы дальнейшие исследования.

Работа выполнена в рамках Программы стратегического академического лидерства Казанского (Приволжского) федерального университета (Приоритет 2030).

Список литературы

1. Blinova E. Evolutionary Formation and Distribution of Puumala Virus Genome Variants, Russia / E. Blinova, A. Deviatkin, M. Makenov [et al.] // Emerging infectious diseases. 2023. Vol. 29. Pp. 1420–1424. DOI 10.3201/eid2907.221731. EDN BOADFE
2. Castel G. Phylogeography of Puumala orthohantavirus in Europe / G. Castel, F. Chevenet, M. Razzauti [et al.] // Viruses. 2019. Vol. 11. P. 679. DOI 10.3390/v11080679. EDN YYRSDB
3. Davidiyuk Y. Prevalence of the Puumala orthohantavirus strains in the pre-kama area of the Republic of Tatarstan, Russia / Y. Davidiyuk, A. Shamsutdinov, E. Kabwe [et al.] // Pathogens. 2020. Vol. 9. P. 540. DOI 10.3390/pathogens9070540. EDN TMAUFS
4. Jiang H. Hemorrhagic fever with renal syndrome: pathogenesis and clinical picture / H. Jiang, X. Zheng, L. Wang [et al.] // Frontiers in Cellular and Infection Microbiology. 2016. Vol. 6. P. 1. DOI 10.3389/fcimb.2016.00001. EDN YWLWKF
5. Kabwe E. Analysis of Puumala orthohantavirus genome variants identified in the territories of Volga federal district / E. Kabwe, W. Al Sheikh, A. F. Shamsutdinov [et al.] // Tropical Medicine and Infectious Disease. 2022. Vol. 7. P. 46. DOI 10.3390/tropicalmed7030046. EDN OWBQNB
6. Kumar S. MEGA12: Molecular Evolutionary Genetic Analysis version 12 for adaptive and green computing / S. Kumar, G. Stecher, M. Suleski [et al.] // Molecular Biology and Evolution. 2024. Vol. 41. P. 263. DOI 10.1093/molbev/msae263. EDN XJLZTL
7. Okonechnikov K. Unipro UGENE: a unified bioinformatics toolkit / K. Okonechnikov, O. Golosova, M. Fursov // Bioinformatics. 2012. Vol. 28. Pp. 1166–1167. DOI 10.1093/bioinformatics/bts091. EDN PDNJNV
8. Razzauti M. Microevolution of Puumala hantavirus in its host, the bank vole (*Myodes glareolus*): dis. M. Razzauti PhD; 24.02.12 / M. Razzauti, Haartman Institute Faculty of Medicine. Helsinki, 2012. 88 l.
9. Елбоева П.И. Молекулярно-генетический анализ нуклеотидных последовательностей генома Puumala orthohantavirus, выявленных в Республике Мордовия: сборник трудов конференции / П.И. Елбоева, Ю.Н. Давидюк // Фундаментальные и прикладные исследования по приоритетным направлениям биологии и биотехнологии. – 2023. – С. 57–65. DOI 10.31483/r-106903. EDN WPSFEI
10. Зырянов П.М. Обзор численности носителей и переносчиков зоонозов, эпизоотической и эпидемиологической обстановки в Приволжском федеральном округе в 2024 г. и прогноз на I полугодие 2025 г. / П.М. Зырянов, А.Н. Матросов, А.В. Иванова // ФКУН «Российский противочумный институт «Микроб» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://microbe.ru/files/PFO_rev2024_prog2025_1.pdf (дата обращения: 12.04.2025).
11. Геморрагическая лихорадка с почечным синдромом // Официальный портал органов власти Чувашской Республики [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://zivil.car.ru/news/2025/03/17/gemorragicheskaya-lihoradka-s-pochechnim-sindromom> (дата обращения: 12.04.2025).
12. Савицкая Т.А. Хантавирусные болезни: обзор эпидемиологической ситуации в мире. Анализ эпидемиологической ситуации по геморрагической лихорадке с почечным синдромом в Российской Федерации в 2023 г. и прогноз на 2024 г. / Т.А. Савицкая, А.В. Иванова, А.А. Зубова [и др.] // Проблемы особо опасных инфекций. – 2024. – С. 113–124. DOI 10.21055/0370-1069-2024-1-113-124. EDN WVTEWS

Давидюк Юрий Николаевич

канд. биол. наук, доцент, старший научный сотрудник
Научно-клинический центр прецизионной
и регенеративной медицины ФГАОУ ВО «Казанский
(Приволжский) федеральный университет»
г. Казань, Республика Татарстан
ведущий научный сотрудник

Научно-исследовательский центр фундаментальных
и прикладных проблем биоэкологии и биотехнологии
ФГБОУ ВО «Ульяновский государственный
педагогический университет им. И.Н. Ульянова»
г. Ульяновск, Ульяновская область

Степанкова Дарья Андреевна

младший научный сотрудник
ФГАОУ ВО «Казанский (Приволжский) федеральный университет»
г. Казань, Республика Татарстан

DOI 10.31483/r-138904

НОВЫЙ ГЕНЕТИЧЕСКИЙ ВАРИАНТ *ORTHOHANTAVIRUS PUUMALAENSE*, ВЫЯВЛЕННЫЙ В ОРЕНБУРГСКОЙ ОБЛАСТИ

Аннотация: в статье проведён сравнительный и филогенетический анализ нуклеотидных последовательностей участков S-, M- и L-сегментов генома штаммов *Orthohantavirus puumalaense*, выявленных на территории Оренбургской области. У данных штаммов обнаружен новый вариант генома, возможно, относящийся к отдельной сублинии русской генетической линии вируса.

Ключевые слова: геморрагическая лихорадка с почечным синдромом, *Orthohantavirus puumalaense*, геном, S-сегмент, M-сегмент, L-сегмент.

Одним из самых распространенных природно-очаговых заболеваний, представляющих угрозу для населения на территории Российской Федерации, является геморрагическая лихорадка с почечным синдромом (ГЛПС), возбудителями которой служат вирусы из рода *Orthohantavirus*. На протяжении последних десятилетий Приволжский Федеральный округ (ПФО) лидирует по заболеваемости ГЛПС в стране, в среднем на его долю приходится 85% всех зарегистрированных случаев. Основным возбудителем ГЛПС на территории ПФО является *Orthohantavirus puumalaense* (PUUV), переносимый рыжей полёвкой (*Clethrionomys glareolus*), поэтому изучение генома вируса является актуальной задачей для разработки мер по снижению уровня заболеваемости на территории округа и повышению эффективности лечения [9].

Геном ортохантавирусов представлен сегментированной одноцепочечной «минус»-РНК, заключенной в сферы диаметром 120–160 нм [5]. Он включает в себя три сегмента: S (малый), M (средний) и L (большой), кодирующих нуклеокапсидный белок (N-белок), предшественника оболочечных гликопротеинов G_n и G_c (GPC) и РНК-зависимую РНК-полимеразу (RdRp), соответственно [5]. Генетическое разнообразие PUUV,

обусловленное как замена нуклеотидов, так и процессами рекомбинации и реассортации, привело к формированию у вируса 8 генетических линий, две из которых – русская (RUS) и финская (FIN) – выявлены на территории России [2; 6].

Заболеемость ГЛПС в Оренбургской области относительно невысока [8] и до настоящего времени эта область оставалась одним из регионов ПФО, в которой не проводилось исследований по выявлению PUUV, поэтому целью работы было определение генетических вариантов вируса, распространённых на территории области.

Замороженные образцы лёгочной ткани особой рыжей полевки, отловленных в Оренбургской области в 2024 году, были получены из ФБУЗ «Центр гигиены и эпидемиологии в Республике Татарстан (Татарстан)». Выделение РНК проводили с использованием реагента «ExtractRNA» («Евроген», Россия). Для синтеза кДНК применяли обратную транскриптазу «RNAscribe RT» («Биолабмикс», Россия). ПЦР проводили с использованием «5× Screen Mix» («Евроген», Россия) и праймеров собственной разработки. ПЦР-продукты разделяли методом электрофореза в 1% агарозном геле. Очистку полученных ПЦР-продуктов проводили с использованием набора «Cleanup S-Cap» («Евроген», Россия). Секвенирование ПЦР-продуктов по Сэнгеру проводилось в Междисциплинарном центре коллективного пользования КФУ. Выравнивание и анализ нуклеотидных последовательностей (НП) выявленных штаммов PUUV проводили в программе MEGA6.0 [7]. Построение филогенетических деревьев проводили методом Maximum Parsimony с использованием Tamura Nei model в программе MEGA6.0, количество бутстреп-повторений – 1000 [7]. Для сравнительного и филогенетического анализа использовали референсные последовательности штаммов PUUV, относящихся к разным генетическим линиям, из базы данных GenBank. НП сегментов генома *Orthohantavirus tulaense* (TULV) использовали в качестве внешней группы.

Ортохантавирусная РНК была выявлена в одном образце ткани рыжей полёвки из Медногорского городского округа (с. Русаево) и трёх образцах из Кувандыкского городского округа (с. Новокурск). Для четырёх штаммов были определены НП полной кодирующей области (CDS) S-сегмента, для двух штаммов – участка CDS M-сегмента длиной 495 нуклеотидов (нд) и для одного штамма – участка CDS L-сегмента длиной 533 нд.

По результатам сравнительного анализа было установлено, что значения идентичности НП S-сегмента не превышали 90,9% при сравнении исследованных штаммов со всеми референсными (табл. 1). Для сравниваемого участка M-сегмента эти значения составили 94,4–95,2% при сравнении с референсными штаммами из центральной Башкирии («DTK/Ufa-97», «strain K27», «CG1820» и «CG17 Baskiria-2001») и не превышали 86,6% при сравнении с остальными референсными штаммами. В случае участка L-сегмента значения идентичности НП равнялись 94,7% при сравнении с референсными штаммами из центральной Башкирии, 90,8–91,2% при сравнении со штаммами из Туймазинского района Башкирии и менее 87,8% при сравнении с остальными штаммами генетической линии RUS (табл. 1). Значения идентичности с НП штаммов финской, се-

веро-скандинавской (N-SCA) и центральноевропейской (CE) линий находились в интервале 82,0–84,6%. При сравнении НП участков генома выявленных штаммов с штаммом TULV эти значения были меньшими, чем 76%. Таким образом, можно сделать вывод, что выявленную в образцах лёгочной ткани ортохантавирусную РНК можно идентифицировать как РНК PUUV.

Результаты сравнительного анализа соответствующих аминокислотных последовательностей (АП) продемонстрировали, что значения идентичности АП N-белка находились в интервале 98,2–99,1% при сравнении со штаммами генетической линии RUS и менее 97,0% при сравнении со штаммами из других генетических линий. При сравнении АП участка GPC установлено, что значения идентичности исследованных штаммов с референсными штаммами из центральной Башкирии составили 98,2–100,0%, а с остальными референсными штаммами: 96,4–98,2% – при сравнении со штаммами генетической линии RUS, 95,8–98,2% – при сравнении со штаммами линии FIN и 93,3–95,2% – при сравнении со штаммами из других линий. Похожая картина наблюдалась при сравнении АП участка RdRp: значения идентичности составили 99,4% – при сравнении со штаммами из центральной Башкирии, 96,0–98,9% – при сравнении со штаммами русской генетической линии, 93,8–96,6% – при сравнении со штаммами финской линии и 91,0–94,4% при сравнении со штаммами других линий (табл. 1).

Филогенетические деревья, построенные для участков S-, M- и L-сегментов, заметно топологически отличаются. Так, на дереве S-сегмента, выявленные штаммы хотя и находятся на отдельной ветке, отдалённой от референсных штаммов из Башкирии и соседней по отношению к субкладе Volga-RUS (по классификации Блиновой с соавт [1]), однако относятся к кладе RUS (рис. 1), возможно представляя собой отдельную сублинию. В то же время на дереве L-сегмента ветка штамма из Оренбургской области находится внутри субклады, объединяющей штаммы из центральной (субклада «Башкирия») и западной (Туймазинский район) Башкирии, что свидетельствует об их близком родстве. Эта субклада расположена между субкладами Volga-RUS и W-RUS, что позволяет отнести L-сегмент исследованного штамма к русской генетической линии, возможно, к отдельной сублинии (рис. 2). Однако на дереве M-сегмента исследованные штаммы и штаммы из центральной Башкирии объединены в отдельную субкладу, расположенную вне клады, объединяющей штаммы сублиний Volga-RUS и W-RUS (рис. 3). Это даёт основания для предположения, что M-сегмент исследованных штаммов имеет реассортантное и/или рекомбинантное происхождение и может относиться как к отдельной сублинии в линии RUS, так и к отдельной линии вируса.

Таблица 1

Значения идентичности НП участков S-, M- и L-сегментов и АП соответствующих белков исследованных штаммов PUUV из Оренбургской области

Генетическая линия/сублиния PUUV							
	RUS			CE	N-SCA	FIN	
	Volga-RUS	Башкирия	W-RUS			West-FIN	East-FIN
S-сегмент, поз. 43–1344*							
НП	89,2–90,9		87,2–88,8	83,5–83,7	85,1–85,3	86,6–87,1	86,1–86,6
АП	98,2–99,1		98,4–98,6	95,9–96,3	96,1	96,5–97,0	96,5
M-сегмент, поз. 2018–2512*							
НП	83,8–86,6	84,6–95,2	83,4–84,8	81,2–82,8	81,2	82,8–83,2	82,6–84,4
АП	97,0–97,6	96,4–100	97,0–97,6	94,5–95,2	93,3–93,9	97,6–98,2	95,8–97,0
L-сегмент, поз. 1030–1562*							
НП	87,1–89,9	90,8–94,7	83,9–87,8	83,9–84,4	82,0	83,9–84,6	83,7–84,1
АП	96,0–97,7	98,9–99,4	96,6–98,3	93,8–94,4	91,1	93,8	96,0–96,6

* – Позиции указаны по референсным последовательностям штамма Puu/Kazan Z84204, Z84205 и EF405801 для S-, M- и L-сегментов, соответственно.

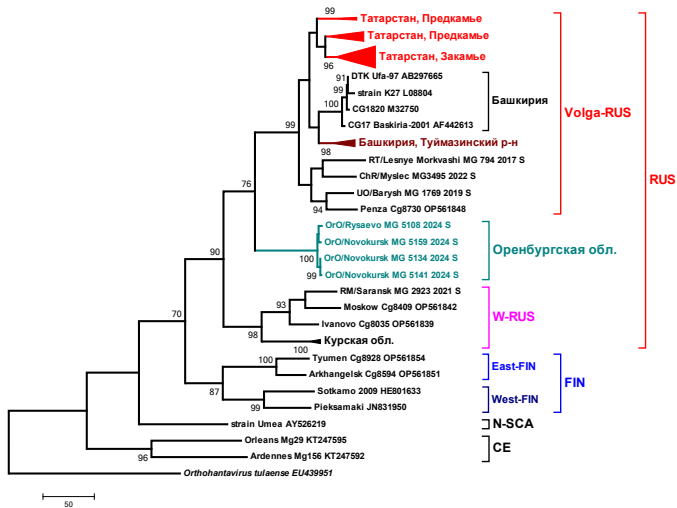


Рис. 1. Филогенетическое дерево, построенное для участка S-сегмента штаммов PUUV. Исследованные штаммы из Оренбургской области выделены бирюзовым цветом

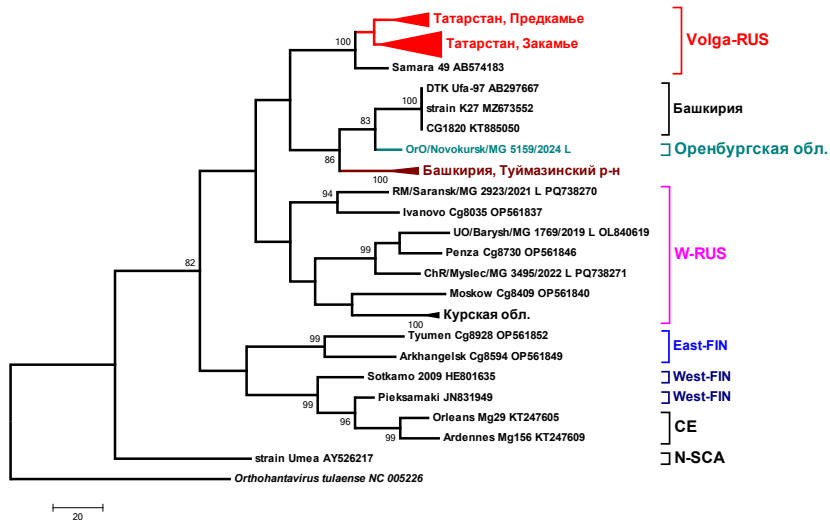


Рис. 2. Филогенетическое дерево, построенное для участка L-сегмента штаммов PUUV. Исследованные штаммы из Оренбургской области выделены бирюзовым цветом

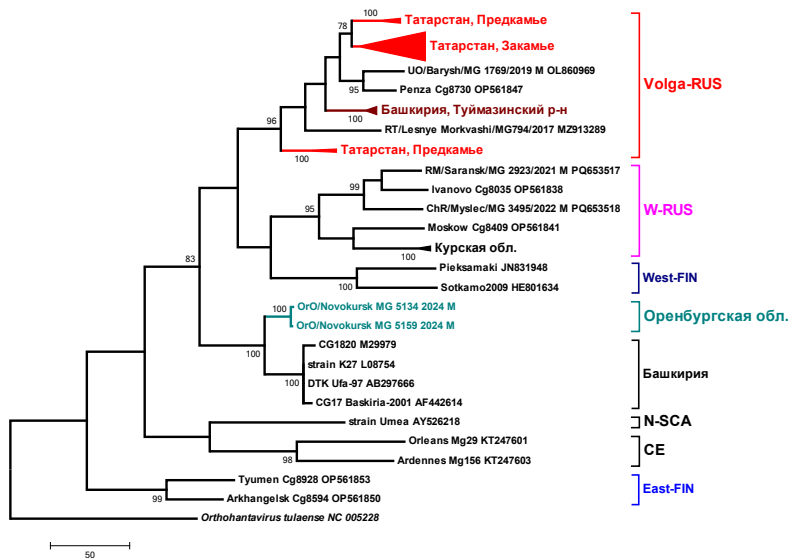


Рис. 3. Филогенетическое дерево, построенное для участка M-сегмента штаммов PUUV. Исследованные штаммы из Оренбургской области выделены бирюзовым цветом

Таким образом, результаты сравнительного и филогенетического анализа протестировали, что выявленные в Оренбургской области штаммы PUUV, по всей видимости, относятся к генетической линии RUS, однако содержат новый вариант генома. Для этого варианта характерны относительно низкие значения идентичности НП проанализированных участков генома при сравнении с большинством референсных штаммов русской генетической линии: менее 91% для S-сегмента, менее 87% для M-сегмента и менее 89% для L-сегмента. Исключения составляют только M-сегмент штаммов из центральной Башкирии и L-сегмент всех референсных штаммов из Башкирии. Согласно Dashian с соавт. [3] такие значения позволяют отнести исследованные штаммы к отдельному кластеру. В данном случае, по-видимому, речь может идти об отдельной сублинии в русской генетической линии вируса, а, возможно, и об отдельной линии. Можно предположить, что происхождение выявленного в Оренбургской области генетического варианта PUUV может быть связано с гипотетическим Уральским рефугиумом, по мнению ряда авторов, существовавшим во время последнего ледникового периода [2; 4]. То есть выявленный вариант генома, возможно, образовался вследствие как независимой эволюции штаммов в популяциях рыжей полёвки, сформировавшихся в ходе миграций из Уральского рефугиума в постледниковый период, так и в результате рекомбинации и/или реассортации исходного генетического варианта PUUV со штаммами русской генетической линии. Однако более точное определение происхождения, обнаруженного в Оренбургской области, генетического варианта вируса требует дальнейших исследований.

Работа выполнена в рамках Программы стратегического академического лидерства Казанского (Приволжского) федерального университета (Приоритет 2030).

Список литературы

1. Blinova E. Evolutionary Formation and Distribution of Puumala Virus Genome Variants, Russia / E. Blinova, A. Deviatkin, M. Makenov [et al.] // Emerging infectious diseases. 2023. Vol. 29. Pp. 1420–1424. DOI 10.3201/eid2907.221731. EDN BOADFE
2. Castel G. Phylogeography of Puumala orthohantavirus in Europe / G. Castel, F. Chevenet, M. Razzauti [et al.] // Viruses. 2019. Vol. 11. P. 679. DOI 10.3390/v11080679. EDN YYRSDB
3. Dashian M.A. Genotypic differentiation and evolutionary dynamics of puumala orthohantavirus (PUUV) / M.A. Dashian, I.A. Volkhin, P.Y. Volchkov, A.A. Deviatkin // Acta Virol. 2024. Vol. 68. A. 13168. DOI 10.3389/av.2024.13168. EDN GQDONS
4. Deffontaine V. Beyond the Mediterranean Peninsulas: Evidence of Central European Glacial Refugia for a Temperate Forest Mammal Species, the Bank Vole (*Clethrionomys glareolus*) / V. Deffontaine, R. Libois, P. Kotlík, R. Sommer, C. Nieberding, E. Paradis, J.B. Searle, J.R. Michaux // Mol. Ecol. 2005. Vol. 14. Pp. 1727–1739.
5. Kabwe E. Orthohantaviruses, Emerging Zoonotic Pathogens / E. Kabwe, Y. Davidyuk, A. Shamsutdinov [et al.] // Pathogens. 2020. Vol. 9. A. 775. DOI 10.3390/pathogens9090775. EDN VKOBXG
6. Razzauti M. Microevolution of Puumala hantavirus in its host, the bank vole (*Myodes glareolus*): dis. M. Razzauti PhD; 24.02.12 / M. Razzauti, Haartman Insti-tute Faculty of Medicine. Helsinki, 2012. 88 l.

7. Tamura K. Estimation of the number of nucleotide substitutions in the control region of mitochondrial DNA in humans and chimpanzees / K. Tamura, M. Nei // Molecular Biology and Evolution. 1993. Vol. 10. Pp. 512–526. EDN ITKNLD

8. Зырянов П.М. Обзор численности носителей и переносчиков зоонозов, эпизоотической и эпидемиологической обстановки в Приволжском федеральном округе в 2024 г. и прогноз на I полугодие 2025 г. / П.М. Зырянов, А.Н. Матросов, А.В. Иванова, Н.В. Попов; ФКУН «Российский противочумный институт «Микроб» Роспотребнадзора. – 2025. – 21 с.

9. Хантавирусные болезни: обзор эпидемиологической ситуации в мире. Анализ эпидемиологической ситуации по геморрагической лихорадке с почечным синдромом в Российской Федерации в 2023 г. и прогноз на 2024 г. / Т.А. Савицкая, А.В. Иванова, А.А. Зубова [и др.] // Проблемы особо опасных инфекций. – 2023. – №1. – С. 113–124.

Егорычева Светлана Васильевна¹
магистрант

Торутанов Павел Сергеевич²
младший научный сотрудник

Фирсова Наталья Викторовна²
канд. биол. наук, ведущий научный сотрудник

Антонова Елена Ивановна²
д-р биол. наук, профессор, директор

Ленгесова Наталья Анатольевна²
канд. биол. наук, доцент, заведующая кафедрой,
ведущий научный сотрудник

¹ФГБОУ ВО «Ульяновский государственный педагогический университет им. И.Н. Ульянова»
г. Ульяновск, Ульяновская область

²Научно-исследовательский центр фундаментальных и прикладных проблем биоэкологии и биотехнологии
ФГБОУ ВО «Ульяновский государственный педагогический университет им. И.Н. Ульянова»
г. Ульяновск, Ульяновская область

DOI 10.31483/r-138848

МИКРОБИОТА КИШЕЧНИКА У ПРЕДСТАВИТЕЛЕЙ РАЗЛИЧНЫХ ЭТНИЧЕСКИХ ГРУПП (ОБЗОРНАЯ СТАТЬЯ)

Аннотация: в настоящем обзоре представлены данные о микробиоте кишечника различных этнических групп, методах его исследования, а также связи микробиома различных этносов со здоровьем.

Ключевые слова: микробиота кишечника, микробиом, методы исследования, этнические группы и микробиота кишечника, диета, заболевания и микробиом.

Россия включает в себя широкий спектр природных условий и этногеографических когорт. Изучение микробиома кишечника славянских

групп является актуальным, в связи с тем, что многие когорты славян до конца не идентифицированы, а ряд из них вообще не изучен [15].

Микробиота, микробиом – аспекты эволюции, терминология

Микробные сообщества обычно определяются как совокупность микроорганизмов – многовидовые сообщества, в пределах которого микроорганизмы взаимодействуют друг с другом в непрерывной среде. *Микробиом* (микробный метагеном) – хорошо сбалансированная и специфичная экосистема из триллиона микроорганизмов и в первую очередь бактерий. Состав микроорганизмов варьируется в зависимости от географии проживания людей [13; 23]. Термин же *микробиота* относится к широкому спектру микроорганизмов (бактерии, археи, вирусы, грибы, простейшие), населяющие определенный участок в организме [9].

Микробиом человека обеспечивает развитие и поддержание гомеостаза, развития иммунной системы и устойчивости к колонизации патогенными микроорганизмами организм хозяина, участвует в пищеварении [23]. *Bacteroidetes* и *Firmicutes* составляют основную часть сообщества микробиома взрослого человека. Присутствуют также метаногенные археи (*Methanobrevibacter smithii*), эукариоты, дрожжи. Одними из наиболее распространенных видов грибов являются *Saccharomyces cerevisiae*, *Malassezia restricta* и *Candida albicans*. Некоторые типы простейших, а именно *Blastocystis*, *Entamoeba* и *Enteromonas*, были обнаружены в большинстве популяций человека по всему миру. Козэволюция привела к взаимозависимости микробиома и организма человека, в связи с этим микробиом выполняет широкий спектр жизненно важных функций для человека-хозяина и влияет на различные физиологические, иммунологические и метаболические процессы [19; 23].

Определено, что функциональная диверсификация и специализация микробной ниши отмечается уже на 4–6 неделе жизни [5]. Первые микробы обычно колонизируют человека вскоре после рождения. Вагинальные роды приводят к тому, что микробиом младенца будет похож на микробиом влагалища его матери, в то время как кесарево сечение приводит к тому, что микробиом младенца будет напоминать микробиом человеческой кожи. После рождения ЖКТ человека продолжает колонизироваться на протяжении всей жизни человека, чаще всего в течение первых нескольких лет [23]. В пожилом возрасте композиционная нестабильность и потеря разнообразия сообщества коррелируют со снижением иммунокомпетентности [30].

Исследования условно-патогенных микроорганизмов показали, что взаимодействие хозяина и микроба зависит не только от хозяина, но и от всего микробиома [4]. Нарушения в микробиоте человека связаны со многими заболеваниями, включая воспалительные заболевания кишечника, диабет, рак, сердечно-сосудистые заболевания, аллергические заболевания и устойчивые к антибиотикам инфекции, неврологические, метаболические, печеночные, респираторные и аутоиммунные расстройства. Кроме того, микробиом человека также может служить биомаркером раннего обнаружения и мишенью для лечения опасных заболеваний [1]. Микробиом уникален для каждого человека, разница между людьми со-

ставляет от 80 до 90%. Существует не только изменчивость между разными людьми, но и вариативность внутри одного и того же человека с течением времени и на разных участках тела, даже у монозиготных близнецов, что подчеркивает индивидуальность микробиома [23].

Методы исследования микробиоты

Культурозависимые методы характеристики микробиома человека. Традиционным и самым первым методом *in vitro* для изучения микроорганизмов, является микробная культура. Для изучения взаимодействий микроорганизмов, получения метаболитов, химических воздействий, структуры и функции микробиома, кинетики микроорганизмно-химических превращений, используются биореакторы, в пределах которых создаются сложные микробные сообщества [4; 13]. Микроорганизмы могут быть выращены также с использованием специализированных методов культивирования, таких как метод рулонной трубки, метод мягких агаровых пластин и т. д. Он был разработан для выращивания как многочисленных, так и редких видов микроорганизмов (<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK481559/>).

Культуромика обеспечивает рост привередливых бактерий, в том числе для выявления различия патогенов и комменсалов [17]. Принято считать, что 80% видов бактерий, обнаруженных молекулярными инструментами в кишечнике человека, являются некультивируемыми. В связи с этим в последнее время вновь возрос интерес к методам культивирования «некультивируемых» видов.

Модельные системы в микробиологии. Различные модельные системы представляют возможность для получения информации о молекулярных путях, физиологических процессах, микробных генотипах хозяина и микробно-химических стимулах, которые могут быть актуальны в аспекте понимания этиологии заболеваний [13; 28]. Различные экспериментальные подходы, были использованы на широком спектре видов животных, включая мышей, *Danio rerio*, *Drosophila* и *Caenorhabditis elegans* [13].

Метаболомика. Метаболомные и метапротеомные методы молекулярного профилирования используется для идентификации продуктов и метаболитов микроорганизмов. Основным преимуществом по сравнению с профилированием микробиома на основе нуклеиновых кислот является возможность идентификации молекул, которые опосредуют передачу сигналов микроорганизм-микроорганизм и хозяин-микроорганизм [24].

Непосредственное наблюдение за микробиомом человека. Просвечивающая и сканирующая электронная микроскопия используется для визуализации организации микробного сообщества в фиксированных образцах. FISH может быть использована для оценки таксономии, местоположения и организации членов микробного сообщества в фиксированных образцах микробиома. Прямое наблюдение за микробными сообществами может дать чрезвычайно точную, подробную информацию о взаимодействиях хозяина и микробов [7].

Технологии анализа микробиома – секвенирование, метагеномика. Исследование микробов человека на основе метагеномики (идентификация и генотипирование) использует две основные стратегии: таргетная метагеномика (амплификация генов-мишеней) и метагеномика дробовика

(полногеномное секвенирование) [12; 18]. В настоящее время NGS позволяет точно оценивать микробные компоненты без культивирования [13].

Метод MALDI-TOF MS-идентификации микроорганизмов. Одной из самых перспективных технологий таксономической идентификации микроорганизмов является масс-спектрометрическое исследование [22]. MALDI-TOF MS – метод ионизации, позволяющий ионизировать биологические макромолекулы (пептиды, белки массой 1–100 kDa, ДНК, олигонуклеотиды, липополисахариды, экзогенные низкомолекулярные метаболиты с m/Z менее 1000 Da и др.) в присутствии особого вещества – матрицы – под воздействием лазера. Процесс идентификации основан на сравнении полученных масс-спектров с референсными спектрами, присутствующими в базах данных, поставляемых производителями вместе с оборудованием для MALDI-TOF MS.

Забор образцов для изучения микробиома кишечника. Микробиом кишечника чаще всего берется из кала по причине высокой микробной нагрузки. Тем не менее, в настоящее время биопсия слизистой оболочки, аспирация кишечника используется для сбора образцов для изучения микробиома кишечника [25]. Можно культивировать многие микроорганизмы из замороженных образцов кала, в то время как фиксаторы обычно убивают микроорганизмы (предотвращая культивирование). Для исследования микробиоты кишечника также можно использовать другие аппаратные методы, такие как эндоскопия, биопсия и люминальные щетки, лазерная микродиссекция [13; 25].

Связь микробиома различных этносов со здоровьем человека

Изучение состава микробиома различных этнических и расовых групп интересно в контексте его связи со многими заболеваниями, такими как аутизм, рак, синдром раздраженного кишечника, ожирение и др. [18].

Представители рода *Odoribacter*, которые являются основными продуцентами бутирата, в кишечнике были отрицательно связаны с последствиями болезни Крона [10].

Учитывая, что проницаемость кишечника является фактором риска развития сахарного диабета I и II типа [20], выявлено, что увеличение количества бактерий *Enterobacteriaceae* может быть триггером диабета. Так, у жителей Ирана пациенты с диабетом II типа характеризовались повышенным уровнем *Lactobacillus*, *Escherichia coli* и *Bacteroides fragilis*. Предиабетическая группа характеризовалась повышением содержания *E.coli* и *B.fragilis* [8]. У представителей африканской, южноазиатской и суринамской популяций с сахарным диабетом, наблюдались значительные изменения микробиома, особенно в группе суринамских представителей из Южной Азии [1].

Сравнительный анализ микробиома кишечника афроамериканцев и белокожих людей с колоректальным раком, выявил, у афроамериканцев доминировали *Faecalibacterium* и *Bacteroides* [27].

Проведены исследования по анализу состава кишечной микробиоты здоровых граждан Казахстана и людей с метаболическим синдромом. Рацион питания и образ жизни казахов способствовали формированию в кишечнике энтеротипа *Prevotella*. Основным отличием здоровой когорты от

пациентов с диагнозом метаболический синдром явилось снижение соотношения *Firmicutes/Bacteroidota*, а также *Bifidobacterium/Subdoligranulum*, что сопровождалось увеличением относительного содержания *Prevotella* [16].

Выявлена связь между ожирением и составом микробиома среди afroамериканцев, жителей арабских стран, у всех участников эксперимента наблюдалось преобладание *Bacteroides dorei* [27]. В иранской популяции установлено, что численность *Faecalibacterium prausnitzii* увеличивается прямо пропорционально увеличению массы тела.

Проведены исследования по анализу кишечных микробиомов российской популяции у пациентов с бронхиальной астмой и отмечено увеличение доля *Proteobacteria*, *Betaproteobacteria* и *Gammaproteobacteria*, а у пациентов с неаллергическим фенотипом заболевания, в основном *Gammaproteobacteria* [31]. У детей с респираторным туберкулезом, *Lactobacillus*, составляющие основу нормального микробиома кишечника, были обнаружены только у 53,3% детей. Наибольшее число, у взрослых людей больных туберкулезом, отмечались бактерии вида *Enterococcus spp.* и *E.coli*, с нормальной ферментативной активностью [21].

У пациентов с первичным прогрессирующим рассеянным склерозом отмечено в кишечнике увеличение *Gemmiger sp.* и неклассифицированные *Ruminococcaceae*, *Firmicutes* (*Acidaminococcaceae*, *Eubacteriaceae* и *Christensenellaceae*), неклассифицированных *Firmicutes* и *Clostridia*, семейства *Desulfovibrionaceae* с родами *Bilophila* и *Desulfovibrio*, *Bilophila wadsworthia* и неклассифицированных *Desulfovibrio* [14].

Доля *Firmicutes*, которые являются доминирующим компонентом микробиоты кишечника здоровых людей в России, была ниже у пациентов с язвенным колитом, в то время как доля *Proteobacteria* – выше. В некоторых образцах обнаружено значительное содержание патогенных представителей *Firmicutes* и *Proteobacteria*, в том числе *Acinetobacter spp.*, *Enterococcus spp.*, *K. pneumoniae*, *P. mirabilis*, *S. aureus*, *St. maltophilia* и *C. Difficile* [26].

В России у пациентов больных желчнокаменной болезнью выявлен широкий спектр бактерий, локализованных в желчном пузыре, в основном *Bifidobacterium spp.*, *Bacteroides spp.* и *Lactobacillus spp.* Кроме того, обнаружено большое количество *E. coli*, *Enterococcus* с широким спектром генов патогенности, штамм *E. faecium* с геном, обеспечивающим устойчивость к резерву антибиотика ванкомицину [1].

Микробиота кишечника, которая считается крупнейшим эндокринным органом в организме, может влиять на сердечно-сосудистую систему, так как участвует в метаболизме холина, фосфатидилхолина, карнитина и в конечном итоге триметиламин-N-оксида которое регулирует баланс холестерина и уровень желчных кислот, но также связан с ранним атеросклерозом и высоким долгосрочным риском смертности [11]. Представители рода *Roseburia*, *Clostridium* и *Romboutsia* были отмечены как доминантные бактерии, влияющие на систолическое артериальное давление [29].

Комменсальные и патогенные бактерии способствуют прогрессированию рака прямой кишки в результате формирования дефектов поверхностного барьера опухоли и выработку генотоксичных метаболитов определяя онкогенную трансформацию эпителиальных клеток. Доминантными бактериями, способствующими развитию рака прямой кишки, являются *E. faecalis*, *E. coli*, *B. fragilis*, *S. bovis*, *F. nucleatum* и *H. Pylori* [11]. Дисбактериоз микробиоты кишечника в раннем возрасте связан с повышенным риском астмы в более позднем возрасте, известным как ось кишечник-легкие, участвует в обострениях обструктивной болезни легких. Обилие *Veillonella*, *Faecalibacterium* и *Lachnospira* было значительно снижено у детей больных астмой. Кишечная микробиота играет важную роль в посредничестве нейронного поведения через ось кишечник-мозг, влияет на когнитивные способности, социальные взаимодействия, психическое здоровье, способствуя проникновению нейротоксинов в мозг, а также препятствуя работе нейротрансмиттерных систем. Образцы кала от пациентов с большим депрессивным расстройством показали увеличение *Bacteroidetes*, *Protobacteria* и *Actinobacteria* и снижение количества *Firmicutes*, *Lachnospiraceae* и *Ruminococcaceae* в пределах типа *Firmicutes*. Подтверждена двунаправленная ось кишечник-печень. У пациентов с неалкогольной жировой болезнью печени уровень *Bacteroidetes*, *Faecalibacterium* и *Anaerosporebacter* ниже, высокое содержание *Lactobacillus* и отдельных представителей *Firmicutes*. У пациентов с циррозом печени *Bacteroidetes* было снижено, *Proteobacteria* и *Fusobacteria* увеличено [11].

Проведены исследования в регионах Европы и Южной Сибири, в городах Санкт-Петербург, Саратов, Ростов-на-Дону и Новосибирск, селах и городах Татарстана, Омска, Тывы и Хакасии. Особенности российских микробиомов стали *Firmicutes* и *Actinobacteria*, которые ассоциируются со здоровым кишечником (которые в нутритивном отношении специализируются на крахмале) и недостаточно представленные сообщества, богатые *Bacteroidota*. Микробиом населения, проживающего в центральной части России, характеризуется повышенным количеством *Haemophilus*, *Olsenella*, *Prevotella*, *Cedecea*, *Peptostreptococcus*, *Faecalibacterium*, *Lachnospira*, *Yersinia* и *Leuconostoc*.

Пробиотики и пребиотики являются самой популярной темой в исследованиях модуляции микробиоты. Трансплантация фекальной микробиоты (FMT) впервые было задокументировано в Китае в IV веке. FMT может стимулировать деколонизацию патогенных микробов и повышать устойчивость хозяина к патогенам, помогает восстановить иммунную функцию [2]. FMT в значительной степени безопасен с кратковременными побочными реакциями, у пациентов с ослабленным иммунитетом [6]. Но эта терапия сталкивается со многими проблемами, в частности в отношении стандартизации скрининга доноров [3; 11].

Большинство бактерий заселяющий организм человека, непатогенны. На основе традиционных методов геной инженерии, созданные пробиотики использовались для лечения колита, диабета, ожирения и большого количества патогенных инфекций. «Умные пробиотики», созданные с использованием технологии геной инженерии, более эффективны, чем

натуральные. *Lactobacillus jannaschii* (обычная флора женского влагалища) была модифицирована для секреции белка циановирин-Н, устойчивого к ВИЧ. *Lactococcus lactis* был разработан в качестве ополаскивателя для лечения орального мукозита, сахарного диабета 1 типа. Модифицированный штамм *Lactobacillus gasseri*, секретирующий GLP-1, может перепрограммировать кишечные клетки в клетки, секретирующие инсулин [11].

Таким образом, микробиом человека становится ключевой мишенью персонализированной медицины, предлагая интересные решения для различных экологических и метаболических заболеваний, представляет собой потенциальную мишень для лечения пре-, про- или синбиотиками и трансплантацией микробиома [4]. Понимание сходств и различий микробиоты между этническими группами может способствовать продвижению подходов, направленных на персонализированное обнаружение и лечение микроорганизмами, с учетом этнических различий в состоянии здоровья [18].

Список литературы

1. Особенности бактериального состава кишечника у людей разных национальностей и вероисповеданий / М. Сыромятников, Е.Е. Нестерова, Ю.М. Гладких [и др.] // Микробиология. – 2022. – 10 (9) : 1866.
2. Ademe M. Benefits of fecal microbiota transplantation: a comprehensive review // J. Infect. Dev. Ctries. 2020. 14. Pp. 1074–1080. DOI 10.3855/jidc.12780. EDN REGTJB
3. Benez N., Sokol H. Fecal microbiota transplantation in gastrointestinal disorders: time for precision medicine // Genome Med. 2020. 12 (58).
4. Berg G., Rybakova D., Fischer D. [et al.]. Microbiome definition re-visited: old concepts and new challenges // Microbiome. 2020. 8 (1). Pp. 1–22. DOI 10.1186/s40168-020-00905-x. EDN MHXCOB
5. Chu D.M., Ma J., Prince A.L. [et al.]. Maturation of the infant microbiome community structure and function across multiple body sites and in relation to mode of delivery // Nat. Med. 2017. 23 (3). Pp. 314–326. DOI 10.1038/nm.4272. EDN YXJNPP
6. Dailey F.E., Turse E.P., Daglilar E., Tahan V. The dirty aspects of fecal microbiota transplantation: a review of its adverse effects and complications // Curr. Opin. Pharmacol. 2019. 49. Pp. 29–33.
7. Environmental chemicals, the human microbiome, and health risk: a research strategy. National Academies of sciences, engineering, and medicine. Washington. DC: The National Academies Press. 2018.
8. Ghaemi F., Fateh A., Sepahy A.A. [et al.]. Intestinal microbiota composition in Iranian diabetic, pre-diabetic and healthy individuals // J. Diabetes Metab. Disord. – 2020. 19. Pp. 1199–1203. DOI 10.1007/s40200-020-00625-x. EDN XLBFMJ
9. Gilbert J.A., Lynch S.V. Community ecology as a framework for human microbiome research // Nat Med. 2019. 25. Pp. 884–889. DOI 10.1038/s41591-019-0464-9. EDN SHGHJN
10. Gotschlich E.C., Colbert R.A., Gill T. Methods in microbiome research: Past, present, and future. 2019. 33 (6):101498.
11. Hou K., Wu Z.X., Chen X.Y. [et al.]. Microbiota in health and diseases // Signal Transduction and Targeted Therapy. 2022. Vol. 7. P. 135. DOI 10.1038/s41392-022-00974-4. EDN YLKZIH
12. Joseph T.A., Pe'er I. An introduction to whole-metagenome shotgun sequencing studies // Methods Mol Biol. 2021. 2243. Pp. 107–122.
13. Joshi C., Kothari V. Methods used for studying human microbiome // Probiotics, Prebiotics, Synbiotics, and Postbiotics. 2023. Pp. 29–48.

14. Kozhieva M., Naumova N., Alikina T. [et al.]. Primary progressive multiple sclerosis in a Russian cohort: Relationship with gut bacterial diversity // *BMC Microbiol.* 2019. 19: 309. DOI 10.1186/s12866-019-1685-2. EDN USNOSD
15. Kulecka M., Fraczek B., Mikula M. [et al.]. The composition and richness of the gut microbiota differentiate the top Polish endurance athletes from sedentary controls // *Gut Microbes.* 2020. 11. Pp. 1374–1384. DOI 10.1080/19490976.2020.1758009. EDN PQHJPS
16. Kushugulova A., Forslund S.K., Costea P.I. [et al.]. Metagenomic analysis of gut microbial communities from a Central Asian population // *BMJ Open.* 2018. 8:e021682. DOI 10.1136/bmjopen-2018-021682. EDN VBKRUO
17. Lagier J.C., Dubourg G., Million M. [et al.]. Culturing the human microbiota and culturomics // *Nat Rev Microbiol.* 2018. 16 (9). Pp. 540–550.
18. Moges B., Mengistu D.Y. Metagenomics approaches for studying the human microbiome // *Microbiology (Medical).* 2024. 17, No. 1.
19. Mohammadzadeh R., Maner A., Daller S., Moissl-Eichinger C. Archaeal key-residents within the human microbiome: characteristics, interactions and involvement in health and disease *Curr Opin. Microbiol.* 2022. 67, 102146. DOI 10.1016/j.mib.2022.102146. EDN EWBVGQ
20. Mønsted M.Ø., Falck N.D., Pedersen K. [et al.]. Intestinal permeability in type 1 diabetes: An updated comprehensive overview // *J. Autoimmun.* – 2021. – 122: 102674. DOI 10.1016/j.jaut.2021.102674. EDN UFPXXF
21. Puzanov V.A., Komissarova O.G., Nikonenko B.V. Bacterial microbiota of lower gut and bronchi in tuberculosis patients // *Tuberc. Lung Dis.* 2020. 98. Pp. 37–43.
22. Sandalakis V., Goniotakis I., Vranakis I. [et al.]. Use of MALDI-TOF mass spectrometry in the battle against bacterial infectious diseases: recent achievements and future perspectives. *Expert Rev Proteomics.* 2017. 14 (3). Pp. 253–267. DOI 10.1080/14789450.2017.1282825. EDN YXXYPP
23. Singh A.A., Okpeku M. Emerging methods of human microbiome analysis and its forensic applications // *Forensic Science International.* – 2024. Vol. 9.
24. Sinha R., Abu-Ali G., Vogtmann E. [et al.]. Assessment of variation in microbial community sequencing by the Microbiome Quality Control (MBQC) project consortium // *Nat Biotechnol.* 2017. 35 (11). Pp. 1077–1086. DOI 10.1038/nbt.3981. EDN YKDDFA
25. Tang Q., Jin G., Wang G. [et al.]. Current sampling methods for gut microbiota: a call for more precise devices // *Front Cell Infect Microbiol.* – 2020. 10:151. DOI 10.3389/fcimb.2020.00151. EDN ZLQGBQ
26. Tikunov A., Morozov V., Shvalov A. [et al.]. Fecal microbiome change in patients with ulcerative colitis after fecal microbiota transplantation // *Vavilov J. Genet. Breed.* 2020.
27. Tortora S.C., Bodiwala V.M., Quinn A. [et al.]. Microbiome and colorectal carcinogenesis: Linked mechanisms and racial differences // *World J. Gastrointest. Oncol.* 2022. 14. Pp. 375–395. DOI 10.4251/wjgo.v14.i2.375. EDN YZUGNE
28. Turner P.V. The role of the gut microbiota on animal model reproducibility // *Animal Model Exp Med.* 2018. 1 (2). Pp. 109–115.
29. Verhaar B.J.H., Collard D., Prodan A. [et al.]. Associations between gut microbiota, faecal short-chain fatty acids, and blood pressure across ethnic groups: The HELIUS study // *Eur. Heart J.* 2020. 41. Pp. 4259–4267
30. Xu-Bo Q., Tong C., Yi-Ping X. [et al.]. A guide to human microbiome research: study design, sample collection, and bioinformatics analysis // *Chinese Medical Journal.* 2020. 133 (15). Pp. 1844–1855
31. Zolnikova O.Y., Potskhverashvili N.D., Kudryavtseva A.V. [et al.]. Changes in gut microbiota with bronchial asthma // *Ther. Arch.* 2020. 92. Pp. 56–60. DOI 10.26442/00403660.2020.03.000554. EDN IUBXRB

Яковлева Дарья Васильевна¹
лаборант-исследователь, бакалавр
Зимнуров Айдар Раилевич¹
лаборант-исследователь, бакалавр
Анашкина Юлия Анатольевна¹
лаборант-исследователь, магистрант
Фирсова Наталья Викторовна¹
канд. биол. наук, ведущий научный сотрудник
Фирсов Константин Николаевич²
магистрант
Антонова Елена Ивановна¹
д-р биол. наук, профессор, директор

¹Научно-исследовательский центр фундаментальных
и прикладных проблем биоэкологии и биотехнологии
ФГБОУ ВО «Ульяновский государственный
педагогический университет им. И.Н. Ульянова»
г. Ульяновск, Ульяновская область
²ФГБОУ ВО «Ульяновский государственный
педагогический университет им. И.Н. Ульянова»
г. Ульяновск, Ульяновская область

DOI 10.31483/r-139064

FISH-ТЕХНОЛОГИИ В ОБЛАСТИ КЛИНИЧЕСКИХ И ФУНДАМЕНТАЛЬНЫХ ИССЛЕДОВАНИЯХ (ОБЗОРНАЯ СТАТЬЯ)

Аннотация: статье рассматриваются методы технологии FISH (флуоресцентной *in situ* гибридизации), их модификации, применение в клинической диагностике и фундаментальных исследованиях.

Ключевые слова: FISH, молекулярная цитогенетика, ДНК-зонд, хромосома, абберации, флуорохром, генетическая диагностика, ген, гибридизация, ДНК-последовательность.

Внедрение флуоресцентной гибридизации *in situ* (FISH) более 40 лет назад ознаменовало начало новой эры в изучении структуры и функции хромосом. Эволюция технологии FISH привела к появлению множества модификаций метода, благодаря повышению чувствительности, специфичности, разрешающей способности, развитию флуоресцентной микроскопии, цифровой визуализации, а также расширению геномных и биоинформационных ресурсов.

Технологии FISH значительно продвинули как диагностику, так и исследования солидных опухолей и гематологических злокачественных новообразований. Благодаря своей универсальности и высокой точности метод FISH нашел широкое применение в различных областях биомедицинских исследований – в нейробиологии для изучения организации хромосом, в репродуктивной медицине – для преимплантационной генетической диагностики, в области токсикологических исследованиях, экологии микроорганизмов, эволюционной и сравнительной геномике, а также в

56 Фундаментальные и прикладные исследования по приоритетным направлениям
биоэкологии и биотехнологии

фундаментальных исследованиях структуры и функции хромосом [2; 5; 15; 17; 29; 32].

Современная онкогенетика базируется на выявлении ключевых геномных аберраций [12; 19; 31]. Методы FISH, NGS (Next-Generation Sequencing) и CGH (Comparative Genomic Hybridization) позволяют проводить точное молекулярное профилирование, определяя терапевтические мишени, такие как HER2, ALK, ROS1. Интеграция цитогенетических и молекулярных данных обеспечивает персонализированный подход в онкологии, улучшая стратификацию пациентов и прогноз заболевания [3; 12].

FISH-метод молекулярной цитогенетики, основан на использовании флуоресцентных ДНК-зондов для детекции специфических хромосомных аномалий в интерфазных и метафазных ядрах. Метод не требует культивирования клеток и позволяет быстро выявлять клинически значимые генетические нарушения, включая транслокацию BCR/ABL1 при хроническом миелоидном лейкозе [16], амплификацию HER2 при раке молочной железы [18; 20] и перестройку ALK при аденокарциноме легких [5; 11; 14; 17].

Флуоресцентно меченые ДНК-зонды гибридизируются с комплементарными хромосомными областями, это позволяет визуализировать локализацию анализируемого гена или ДНК-последовательности под микроскопом. Для детекции гибридизации применяют два основных подхода: прямой, при котором зонды метят флуоресцентными нуклеотидами, и непрямой, использующий репортерные молекулы (биотин, дигоксигенин), выявляемые впоследствии с помощью флуоресцентно меченных антител с последующей детекцией флуоресцентными антителами или авидином/стрептавидином обеспечивает усиление сигнала, что критично для малых ДНК-проб [1; 6; 17; 24; 29]. FISH-анализ использует различные флуорохромы – FITC, родамин, AMCA, Су-красители [8; 21].

FISH-анализ хромосомных аберраций использует две основные системы номенклатуры: PAINT (описательная) и S&S (механистическая) [22; 28]. Номенклатура PAINT описывает каждую аномалию индивидуально, используя буквенные обозначения для окрашенных фрагментов, например, t(Ab) – центромерный участок контрастного цвета с FISH-окрашенным ацентрическим фрагментом [28]. Система S&S применяет буквенно-цифровые коды для комплексного описания перестроек, для изучения механизмов их образования [22]. Традиционная классификация разделяет транслокации на реципрокные (двусторонние), терминальные (односторонние) и интерстициальные (инверсии, вставки) [9].

Тиреоглобулин был первым геном человека с одной копией, который был картирован FISH в 1985 году. По сравнению с обычными методами G-бэндинга, FISH обеспечивает лучшую степень разрешения [17]. Исследования с использованием FISH-метода также внесли значительный вклад в изучение синдромов Прадера-Вилли и Ангельмана [4; 17].

Виды и модификации FISH технологий:

1) *ACM-FISH (Alpha (centromere) - Fluorescence in situ hybridization, центромерный FISH)* – модификация многоцветного метода FISH, которая позволяет выявлять числовые и структурные хромосомные аберрации

в сперматозоидах. Аббревиатура АСМ относится к одновременной гибридизации трех ДНК-зондов к ключевым областям хромосомы: центромере (альфа-сателлиты), 1q12 (классические сателлиты) и 1p36.3 (миди-сателлиты), спутников хромосомы 1 для специфического обнаружения дупликаций и делеций 1pter и 1cen, а также для идентификации хромосомных разрывов в области 1cen-1q12 [7; 27; 29];

2) *armFISH* (arms – плечи) метод – представляет собой усовершенствованную версию M-FISH, 42-цветный вариант, который позволяет анализировать p- и q-плечи 24-х хромосом человека (кроме p-плеча Y и акроцентрических). Технология сочетает стандартный M-FISH с плечеспецифичными зондами, обеспечивая детекцию перичентрических инверсий и других перестроек. Так, в частности, с помощью данного метода успешно исследовали хромосомную нестабильность в клеточных линиях глиомы [7];

3) *CARD-FISH* (*катализируемое осаждение/депонирование репортера, Catalyzed Reporter Deposition-fluorescence in situ hybridization*) – метод усиления сигнала с использованием олигонуклеотидного зонда помеченного пероксидазой хрена (HRP), которая осаждает флуоресцентные молекулы тирамина в участках связывания зонда.

Разработанная модификация MICRO-CARD-FISH сочетает метод CARD с микроавтордиографией. С помощью этого метода вполне возможно обнаружить, идентифицировать и количественно оценить микроорганизмы, участвующие в процессах биовыщелачивания. При этом, активные бактериальные клетки метят тритием (^3H -аспарагиновая кислота), с возможностью одновременной детекции: флуоресцентного сигнала (ультрафиолетовое возбуждение), радиоактивных серебряных зерен (проходящий свет);

4) *catFISH* метод (*cellular compartment analysis of temporal activity by fluorescence in situ hybridization*) – инновационный подход для исследования динамики нейронной активности, связанной с поведенческими реакциями и когнитивными процессами. В основе технологии лежит комбинация РНК-гибридизации *in situ* (РНК-FISH) на криосрезках с дальнейшей конфокальной микроскопией.

Первоначально метод был разработан для изучения пространственно-временной экспрессии гена Arc-ранние гены ответа (IEG), маркера нейронной активности. *catFISH* позволяет одновременно анализировать клеточную локализацию транскриптов, динамику их экспрессии в различных отделах мозга;

5) *CB-FISH* (*Cytochalasin B-fluorescence in situ hybridization*) метод – технология была разработана при исследовании механизмов увеличения мозаичных диплоидных клеток *in vivo* при трисомии по 21 хромосоме при болезни Альцгеймера.

Чувствительность метода значительно повышается при комбинации стандартного протокола CB-FISH с 24-цветной технологией SKY, позволяющей за одну гибридизацию идентифицировать ДНК хромосомы в микроядрах. Такой интегративный подход обеспечивает комплексный анализ хромосомных аномалий на клеточном уровне [27];

6) *CO-FISH* (*Chromosome Orientation fluorescence in situ hybridization*) – метод позволяет анализировать ориентацию хромосомных нитей путем специфической гибридизации с одноцепочечными

ДНК-зондами после предварительного включения 5'-бромдезоксисуридина (BrdU) в новосинтезированную ДНК в S-фазе клеточного цикла с последующей селективной деградацией меченой цепи с помощью Ехо III. Метод применяется для анализа Робертсоновских транслокаций и хромосомных инверсий. Первоначальная цель этого метода состояла в том, чтобы определить ориентацию тандемных повторов внутри центромерных областей хромосом [26];

7) *COBRA-FISH (Combined Binary Ratio fluorescence in situ hybridization)* – метод мультиплексной флуоресцентной гибридизации, основанный на комбинаторном маркировании зондов с использованием от 3 до 5 флуорохромов в различных соотношениях, что позволяет создавать до 48 уникальных цветовых комбинаций для одновременной визуализации всех хромосом человека, их отдельных плеч, а также дополнительных последовательностей, включая вирусные вставки и гены с одной копией (рис 1Г);

8) *COD-FISH (Chromosome orientation and direction fluorescence in situ hybridization, комбинированный метод оптического обнаружения CaCO₃)* – метод поиска кальцифицирующих микроорганизмов в воде. Создание данного протокола было направлено на количественную оценку числа копий гена и продукции белка, для изучения вопросов транскрипции и трансляции [26];

9) *COMBO-FISH (COMbinatorial Oligonucleotide fluorescence in situ hybridization)* – модификация метода FISH в которой отсутствует необходимость денатурации ДНК, что позволяет сохранять нативную структуру хроматина. В основе метода лежит использование комбинаторных гомопуриновых/гомопиримидиновых олигонуклеотидных зондов, которые при специфическом связывании с неповрежденной дуплексной геномной ДНК, образуют тройные спирали. Эти зонды длиной от 14 п.н. позволяют точно таргетировать специфические локусы размером около 250 кб (генома имеет 150–200 таких длин).

Ключевое преимущество COMBO-FISH – возможность проведения 3D-анализа организации генома без нарушения ядерной архитектуры, что делает метод особенно ценным для изучения пространственной организации хроматина и эпигенетических модификаций в условиях, максимально приближенных к физиологическим [10];

10) *Comet-FISH (Comet test, fluorescence in situ hybridization)* – гибридная методика, используется для оценки степени разрыва ДНК. Методика объединяет кометный анализ и FISH, которая позволяет оценивать повреждения ДНК в конкретных геномных локусах отдельных клеток (рис. 1Д). Метод основан на электрофоретическом разделении фрагментов ДНК с последующей гибридизацией флуоресцентных зондов к специфическим последовательностям в «голове» или «хвосте» ДНК-комет в агарозе на предметном стекле с визуализацией в микроскоп.

Исследования с использованием Comet-FISH показали, что чувствительность хромосомных регионов к повреждениям коррелирует с плотностью генов, а не с их размером. Техника особенно эффективна для анализа

повреждений теломер и конкретных генов, что делает её ценным инструментом в исследованиях геномной стабильности и ДНК-репарации [7; 27];

11) *Cryo-FISH* – метод анализа пространственной организации генома, основанный на исследовании ультратонких (150 нм) погруженных в сахарозу криосрезов клеток. Эта технология превосходит традиционный 3D-FISH по сохранению нативной структуры хроматина и разрешающей способности. *Cryo-FISH* особенно эффективен для изучения хромосомных территорий и верификации данных о дальних хромосомных взаимодействиях, полученных другими методами (например, 4C-технологией);

12) *D-FISH (Dual Fusion fluorescence in situ hybridization, двойное слияние)* – метод выявления хромосомных транслокаций в онкогематологии. Используется два флуоресцентных зонда для одновременной детекции обоих продуктов транслокации. Этот подход значительно повышает точность диагностики по сравнению с классическим FISH, минимизируя ложноотрицательные и ложноположительные результаты.

Первоначально разработанный для выявления BCR/ABL-транслокации при хроническом миелоидном лейкозе, метод был адаптирован для диагностики ключевых транслокаций при BCR/ABL t(8;21) и t(6;9), PML/RARA и PBX1/E2A;

13) *DBD-FISH (DNA Breakage Detection, fluorescence in situ hybridization /обнаружение разрывов ДНК FISH)* – метод детекции повреждений ДНК, основанный на предварительной щелочной денатурации ДНК с образованием одноцепочечных фрагментов в местах разрывов с последующей гибридизацией флуоресцентных зондов. Метод применяется для анализа фрагментации ДНК, используется репродуктивной медицине, например, для определения уровня фрагментации ДНК сперматозоидов [27];

14) *Fiber-FISH (Fiber fluorescence in situ hybridization)* – высокоразрешающий метод цитогенетического анализа (с точностью до 1 т. п.н.), основанный на исследовании растянутых молекул ДНК, что позволяет точно картировать гены, определять порядок генетических маркеров, анализировать структурные перестройки и оценивать вариации числа копий, при этом метод обеспечивает в 10–100 раз более высокое разрешение по сравнению с традиционным [29]. Метод позволяет определять относительные положения двух или более генов, или повторяющихся последовательностей ДНК (fiber-FISH), для картирования генов [23];

15) *Fusion-Signal FISH (fluorescence in situ hybridization)* – цитогенетический метод, используемый для детекции и локализации ДНК-последовательностей обнаружения слияния генов (fusion) или других аномалий хромосом (рис. 1А). Метод был разработан для выявления филаделфийской хромосомы t(9;22) у пациентов с хроническим миелоидным лейкозом, позволяя обнаруживать минимальную остаточную болезнь после трансплантации костного мозга.

В основе метода – использование зондов к генам BCR и ABL, фланкирующих точки разрыва, что позволяет детектировать химерный трансскрипт BCR/ABL. Со временем метод адаптировали для диагностики других гематологических заболеваний, включая t(15;17) – PML/RARA,

ОМЛ, неходжкинские лимфомы, мантийноклеточную лимфому и детский В-клеточный острый лимфобластный лейкоз [27].

Для исключения ложноположительного и ложноотрицательного результата был разработан D-FISH – модификация с двойным слиянием, используя крупные зонды для одновременной детекции BCR/ABL и ABL/BCR:

16) *Halo-FISH* – метод, применяемый для анализа структуры хроматина. Клетки подвергаются пермеабиллизации и экстракции солевым раствором, что удаляет растворимые белки и высвобождает участки ДНК. В результате вокруг ядра образуется «гало» из протяжённых петель хроматина, что позволяет проводить FISH с высоким разрешением. Метод универсален: используются зонды к α -сателлитам, теломерам, SAR/MAR-участкам, генам и целым хромосомам. Особенно метод эффективен для анализа компактной ДНК сперматозоидов (SpermHalo-FISH) [7];

17) *Harlequin-FISH* – сочетает FISH-гибридизацию с дифференциальным окрашиванием сестринских хроматид после инкубации с BrdU, что позволяет идентифицировать клетки в период митоза и количественно оценивать хромосомные повреждения, включая обмены сестринскими хроматидами (SCE), благодаря характерному «арлекиновому» рисунку окрашивания, при этом метод особенно ценен для биодозиметрии и оценки генотоксических эффектов, поскольку обеспечивает селективный анализ клеток на разных стадиях клеточного цикла с высокой чувствительностью к радиационным и химическим повреждениям ДНК [26];

18) *Immuno-FISH* – сочетает FISH-гибридизацию с иммунофлуоресцентным детектированием белков, что позволяет одновременно исследовать пространственную организацию специфических геномных локусов и их ассоциацию с ядерными структурами (ядрышками, PML-тельцами/промиелоцитарного лейкоза) и эпигенетическими маркерами [29];

19) *LNAs-FISH (Fluorescence in situ hybridization with locked nucleic acid probes)* – использует модифицированные замкнутые/закрытые нуклеиновые кислоты (LNA), которые благодаря своей уникальной химической структуре образуют более стабильные А-образные спирали к спирали типа В с ДНК/РНК, что значительно повышает термостабильность гибридации (температура плавления увеличивается на 2–8°C на каждый LNA-нуклеотид) и позволяет создавать высокочувствительные зонды длиной 8–16 нуклеотидов для детекции малых РНК (таких как miRNA) и низкоэкспрессируемых мишеней [7];

20) *e-FISH* – результаты гибридационных тестов можно предсказать с помощью инструмента моделирования FISH на основе BLAST, известного как e-FISH. Это приложение было создано как биоинформационный инструмент для выбора лучших генетических зондов для гибридации [29];

21) *Flow-FISH* – высокопроизводительная технология анализа длины теломер, сочетающую PNA-зондирование с проточной цитометрией, что позволяет быстро измерять теломерные повторы в тысячах клеток одновременно. Метод нашел широкое применение в исследованиях старения, поддержания теломер и характеристике гемопоэтических стволовых кле-

ток, а его модификация с иммунофенотипированием позволяет анализировать теломерную динамику в конкретных клеточных популяциях. Технология также адаптирована для микробиологических исследований [29];

22) *M-FISH (Multiplex fluorescence in situ hybridization)* – 24-цветный метод кариотипирования, основанный на комбинаторной маркировке хромосомных зондов пятью спектрально различимыми флуорофорами, что позволяет однозначно идентифицировать все хромосомы человека и анализировать сложные перестройки, включая маркерные хромосомы и субтеломерные аномалии (рис. 1Е).

Метод был адаптирован для специфических задач цитогенетики через модификации: *cenM-FISH* для центромерного анализа, *CM-FISH* для небольших маркерных хромосом, *M-TEL* для теломерных исследований и *armFISH* для выявления перичентрических инверсий, а родственная технология *SKY* (спектральное кариотипирование) использует аналогичный принцип комбинаторного окрашивания [29];

23) *ML-FISH (Multilocus or ML- fluorescence in situ hybridization)* – метод одновременного анализа нескольких геномных локусов с использованием комбинации множества специфических ДНК-зондов, первоначально разработанный для диагностики микроделеционных синдромов у пациентов с задержкой развития, мейотических ошибок (нерасхождения хромосом 13 и 21) в ооцитах человека [13];

24) *PCC-FISH (Premature Chromosome Condensation)* – метод радиационной биодозиметрии, основанный на анализе преждевременно конденсированных хромосом (PCC) в G1/G2-фазе клеточного цикла с использованием хромосом-специфичных FISH-зондов, позволяющий количественно оценивать радиационно-индуцированные хромосомные aberrации без необходимости культивирования клеток.

Метод нашел применение в оценке радиочувствительности опухолей, мониторинге лучевого воздействия *in vivo* (включая случаи локального переоблучения), исследовании радиосенсибилизирующих препаратов, фундаментальных радиобиологических исследованиях, демонстрируя преимущества перед традиционным анализом метафазных хромосом за счет сокращения времени анализа и возможности работы с неделящими клетками. Влияние воздействия высоких или низких доз всего тела на периферические лимфоциты человека с тех пор рассчитывалось с помощью этого метода [29];

25) *PNA-FISH (Peptide Nucleic Acid, пептидная нуклеиновая кислота)* – использует синтетические пептидные нуклеиновые кислоты, которые являются синтетическими аналогами ДНК, с нейтральным пептидным остовом, которые обеспечивают повышенную стабильность гибридизации с ДНК/РНК за счет отсутствия электростатического отталкивания. Что в свою очередь позволяет разрабатывать высокоспецифичные 15–18-мерные зонды, способные различать однонуклеотидные вариации, при анализе теломерных повторов и центромерных α -сателлитных последовательностей.

Метод успешно адаптирован для количественного измерения длины теломер в метафазных и интерфазных клетках и идентификации хромосом в предимплантационной диагностике, неинвазивного пренатального

тестирования (детекция мРНК γ -глобина плода), а также для микробиологических исследований благодаря способности PNA эффективно проникать через клеточные стенки микроорганизмов, что делает технологию перспективной платформой для разработки аллель-специфичных зондов нового поколения [7];

26) *Q-FISH (Quantitative/количественное)* – метод количественного анализа подсчета числа теломерных повторов в хромосоме с разрешением 200 п.н., основанный на использовании PNA-зондов и программного анализа флуоресцентных сигналов (TFL-TELO) (рис. 1Б).

Первоначально разработанный для метафазных хромосом, а затем адаптированный для интерфазных клеток (IQ-FISH) и тканевых срезов, метод позволил исследовать роль теломер в процессах старения и онкогенеза. Метод также совместим с проточной цитометрией (Flow-FISH) [26; 29];

27) *QD-FISH (Quantum Dot)* – метод с использованием квантовых точек (QD) в качестве неорганических наноразмерными флуорофорами, отличающийся повышенной фотостабильностью и узким спектром излучения, что позволяет проводить высокочувствительную детекцию нуклеиновых кислот.

Современные модификации метода включают как классическую схему с биотинилированными зондами и стрептавидин-QD конъюгатами, так и прямую маркировку олигонуклеотидных зондов квантовыми точками, что повышает точность анализа пространственного распределения мРНК в клетках и тканях. Метод широко используется для исследования спермы человека, метафазных хромосом человека, бактериальных клеток, а также на срезах тканей для анализа субклеточного распределения мРНК [29];

28) *Rainbow-FISH (радуга)* – с помощью данного метода можно одновременно обнаружить и количественно оценить до семи отдельных групп микроорганизмов на небольшой площади с целью различить несколько филогенетических групп бактерий на основе анализа 16S рРНК-целевых олигонуклеотидных зондов [29];

29) *Raman-FISH* – это метод исследования экофизиологии сложных микробных сообществ, который объединяет FISH и Рамановскую микроспектроскопию/Raman microspectroscopy [29]. Метод использует «явление красного смещения» или модификацию резонансных спектров, которая возникает в результате анаболического включения изотопа ^{13}C в клетки микроорганизмов в отличие от обычного ^{12}C . Для структурных и функциональных исследований сообществ микроорганизмов в клетку включается стабильный изотоп с последующей гибридизацией *in situ* с зондом 16S рРНК [26];

30) *reD-FISH (Replicative Detargeting)* – метод анализа временных параметров репликации ДНК, основанный на включении BrdU в дочернюю цепь с последующей детаргетинговой гибридизацией. Метод позволяет дифференцировать реплицированные (одинарный сигнал) и нереплицированные (двойной сигнал) хроматиды. Метод применяется для изучения теломерной репликации, выявляя асинхронность репликации p- и q-теломер одной хромосомы и их репликацию на протяжении всей S-фазы клеточного цикла [29];

31) *Reverse-FISH (обратный FISH)* – исследуемая ДНК используется в качестве зонда для гибридизации с референсными метафазными хромосомами, что позволяет идентифицировать хромосомное происхождение и состав неизвестного генетического материала. При этом метод особенно эффективен для характеристики структурных хромосомных аномалий, включая маркерные хромосомы и ампликоны в опухолевых клетках, а его вариации используют различные источники ДНК-зондов, такие как гибридные соматические клетки, сортированные хромосомы или микродиссектированный хромосомный материал, обеспечивая точное картирование геномных перестроек [7];

32) *RING-FISH (Recognition of Individual Genes, Fluorescence in situ hybridization)* – высокочувствительный вариант FISH-анализа отдельных генов микроорганизмов, при котором используются концентрированные полинуклеотидные зонды, которые образуют сигнальные сети за счет межмолекулярных взаимодействий, обеспечивая детекцию низкокопийных генетических мишеней с характерным кольцеобразным паттерном флуоресценции на клеточной периферии.

Метод расширяет возможности идентификации и визуализации бактерий в сложных экологических образцах по сравнению со стандартными олигонуклеотидными зондами. Из-за отличительного кольцевого, галлоподобного сигнала гибридизации методу также дали название «ring-FISH» [27];

33) *RNA-FISH* – метод в фиксированных образцах позволяет пространственно визуализировать внутриклеточные РНК-транскрипты проводить анализ экспрессии генов на уровне отдельных клеток, включая аллель-специфическую экспрессию, транскрипционную активность вирусных геномов и трансгенов. Технология применяется для изучения функциональной организации генома, ядерной архитектуры и в качестве диагностического инструмента при миотонической дистрофии 1 типа (рис. 1В) [29];

34) *Rx-FISH (Cross Species Color Banding/межвидовое цветное окрашивание)* – двухцветный метод, который часто называют хромосомным штриховым кодированием (баркодирование), основанный на межвидовой гибридизации. С использованием данного метода провели гибридизацию ДНК человека и приматов, выявили 98% сходства последовательностей ДНК. В онкогематологии метод применяется для идентификации часто встречающихся хромосомных транслокаций генов. Метод может использовать и 3 флуорохрома, что позволяет выявлять внутривидовые перестройки (инверсии, делеции), что сложнее выявить при G-бэндинге. В комбинации с G-бэндингом метод используется для определять точки разрыва хромосом [29];

35) *Stellaris RNA FISH (Single-Molecule RNA FISH, одно молекулярная РНК FISH)* – метод идентификации и количественной оценки мРНК и других длинных молекул РНК в тонком слое образцов тканей [27];

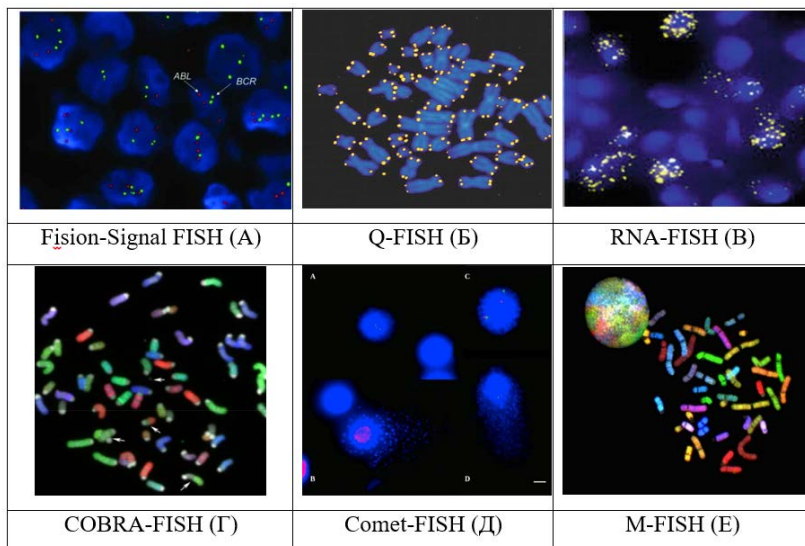


Рис. 1. Некоторые примеры FISH-методов визуализации

36) *Telomere-FISH* или *Tyramide-FISH* – T-FISH означает тирамид (TSA) или теломера. Тирамид, легко связывается с пероксидазой на парафиновых срезах ткани, использовался для повышения чувствительности. В данной технике используется пероксидазно-конъюгированное антигаптенное антитело или стрептавидин, для связывания с меченым зондом. Флуорохромы или гаптены, такие как биотин, конъюгируются с производными тирамина, что приводит к образованию массивных скоплений флуоресцентных молекул, или «башен», для визуализации. Метод широко используется для картирования локусов генов и поиска транскриптов в клетках и тканях предварительно либо замороженных или зафиксированными и залитыми в парафин.

Некоторые группы используют термин T-FISH для обозначения методов FISH с использованием теломерных зондов, предназначенных для исследования теломерных последовательностей и структуры. Термин T-FISH был введен в 2003 году Nomuga и его коллегами. Описаны три варианта T-FISH – тирамид-FISH, тканевый-FISH и теломер-FISH [7; 26; 27];

37) *Split-Signal FISH* – чувствительный двухцветный метод, применяется для выявления частых хромосомных транслокаций в онкогематологии, как в период метафазы, так и в случае интерфазного состояния хроматика. Метод основан на использовании двух дифференциально меченых зондов, фланкирующих точку разрыва транслокации. В норме сигналы сливаются, но при транслокации разделяются. Изначально Split-Signal FISH разрабатывался для детекции транслокаций гена MLL при остром лимфобластном и миелобластном лейкозе. Аналогичный подход

ранее применялся для выявления транслокаций, таких как t(8;14) при лимфоме Беркитта и t(11;14) при мантийноклеточной лимфоме;

38) *3-D FISH* – был разработан в Германии группами под руководством Lichter P. и Kremer T. для исследования трехмерного расположения хромосом и субхромосомных областей ядер клеток. Метод основан на фиксации ядер параформальдегидом, для сохранности организации хроматина, пермеабиллизации детергентами и замораживании при -180°C , чтобы зонды могли проникнуть внутрь. Визуализация осуществляется с помощью конфокальной микроскопии или методов деконволюции [29];

39) *Zoo-FISH* – процесс идентификации синтенных (на одной и той же хромосоме) областей с использованием zoo-FISH, иногда называемый межвидовой окраской хромосом, который подразумевает смешивание библиотек последовательностей ДНК из хромосом разных видов организмов [27];

40) *CGH-FISH (Comparative Genomic Hybridization, сравнительная геномная гибридизация)* – представлена в 1992 году и была одним из важнейших достижений в технологии FISH с точки зрения полногеномного скрининга [29; 30].

Проточная цитометрия для визуализации и анализа хромосом человека

Хромосомный анализ традиционно выполняется путем кариотипирования на метафазных пластинах или FISH на интерфазных клетках. Проточная цитометрия была представлена как новый метод анализа числа хромосом (плоидности) и структуры (длины теломер) в 1970-х годах с интерпретацией данных, основанной на интенсивности флуоресценции. Недавним достижением стало иммунофенотипирование, благодаря которому экспрессия антигена может использоваться для идентификации конкретных клеток, представляющих интерес для конкретных хромосом и их аномалий. Эта возможность была продемонстрирована на примере рака крови [25].

Технология FISH является бесценным инструментом как для определения и мониторинга приобретенных хромосомных аномалий, связанных с неоплазиями так и надежным средством для мониторинга ответа на терапию. Внедрение FISH в рутинную диагностическую лабораторию требует понимания целесообразности применения различных методов данной технологии в зависимости от поставленной задачи, обучения лиц, которые будут проводить тестирование. Поскольку число критических локусов, вовлеченных в неопластические перестройки хромосом или числовые аномалии, продолжает расширяться, соответственно увеличится разнообразие зондов FISH с более высокой специфичностью и чувствительностью.

Список литературы

1. Нугис В.Ю. FISH-метод: способ цитогенетической ретроспективной оценки дозы (обзор) / В.Ю. Нугис // Саратовский научно-медицинский журнал. – 2016. – №12 (4). – С. 671–678. EDN YPYFKV
2. Bishop R. Applications of fluorescence in situ hybridization (FISH) in detecting genetic aberrations of medical significance // Bioscience Horizons: The International Journal of Student Research. 2010. Vol. 3. №1. Pp. 85–95

3. Boyd C., Boyle D. Molecular diagnosis on tissues and cells: how it affects training and will affect practice in the future // *Cytopathology*. 2012. №23 (5). – Pp. 286–294.
4. Carter D. How fluorescence in situ hybridization (FISH) fits into cancer care The University of Texas MD Anderson Cancer Center // The University of Texas MD Anderson Cancer Center. 2021
5. Casaluze F., Sgambato A., Maione P. [et al.]. C. ALK inhibitors: a new targeted therapy in the treatment of advanced NSCLC // *Target Oncol*. 2013. №8 (1). Pp. 55–67. DOI 10.1007/s11523-012-0250-9. EDN UMBEYJ
6. Casper R.M., Leonard K., Mpho M., Bono N. Recent Molecular Techniques in Cytogenetics. 2025
7. Chen J., Shi Q., Zhang J. [et al.]. Detection of mosaic chromosome 21 aneuploidy in vivo with CB-FISH method // *Chinese journal of medical genetics*. 2000. Vol. 17 (3). Pp. 196–199.
8. Chudova I. Fluorescence in situ hybridization. In: *Chromosomal alterations: methods, results and importance in human's health*. Berlin, Heidelberg, New York: Springer-Verlag. 2007. Pp. 285–299
9. Cytogenetic dosimetry: applications in preparedness for and response to radiation emergencies // Vienna: IAEA. 2011. P. 229
10. de Barros A.V., Sczepanski Th.S., Cabrero J., Artoni R.F. Fiber FISH reveals different patterns of high-resolution physical mapping for repetitive DNA in fish. // *Aquaculture*. 2018. Vol. 322. Pp. 47–50
11. Dhabe A., Islam R., Ramakrishnan K., Parihar M. Role of Cytogenetics and FISH in laboratory workup of B cell precursor acute lymphoblastic leukemia // *Indian J Med Paediatr Oncol*. 2023. №44 (05). Pp. 482–493. DOI 10.1055/s-0043-1766133. EDN VXODKF
12. Dietel M., Johrens K., Laffert M. [et al.]. Predictive molecular pathology and its role in targeted cancer therapy: a review focussing on clinical relevance // *Cancer Gene Ther*. 2013. №20 (4). Pp. 211–221
13. Eckel H., Kleinstein J., Wieacker P., Stumm M. Multi-locus (ML)-FISH is a reliable tool for nondisjunction studies in human oocytes // *Cytogenet. Genome*. 2003. №103. Pp. 47–53
14. Gandhi L., Janne P. Crizotinib for ALK-rearranged non-small cell lung cancer: a new targeted therapy for a new target // *Clin Cancer Res*. 2012. Vol. 18 (14). Pp. 3737–3742
15. Hu L., Ru K., Zhang L. [et al.]. Fluorescence in situ hybridization (FISH): an increasingly demanded tool for biomarker research and personalized medicine // *Biomarker Research*. 2014. Vol. 2. DOI 10.1186/2050-7771-2-3. EDN EEHUMZ
16. Jiang H., Xue Y., Wang Q. [et al.]. The utility of fluorescence in situ hybridization analysis in diagnosing myelodysplastic syndromes is limited to cases with karyotype failure // *Leuk Res*. 2012. №36 (4). Pp. 448–452
17. Khalaf S.D., Alhamadany A.Y., Kader M.A. Fluorescence in situ hybridization (FISH): types and application: a review // *NTU Journal of Pure Sciences*. 2023. №2 (2). Pp. 37–53
18. Kim H., Lim S., Kim H. [et al.]. The frequency and impact of ROS1 rearrangement on clinical outcomes in never smokers with lung adenocarcinoma // *Ann Oncol*. 2013. №24 (9). Pp. 2364–2370
19. Landau D., Wu C. Chronic lymphocytic leukemia: molecular heterogeneity revealed by high-throughput genomics // *Genome Med*. 2013. №5 (5):47
20. Pathmanathan N., Bilous A. HER2 testing in breast cancer: an overview of current techniques and recent developments // *Pathology*. 2012. №44 (7). Pp. 587–595
21. Rubtsov N. Hybridization of nucleic acids in situ in the analysis of chromosomal abnormalities. In: *Molecular genetic methods in diagnostics of hereditary diseases and cancer. Introduction to molecular diagnostics* // Moscow: Meditsina. – 2011. Vol. 2. Pp. 100–136
22. Savage J., Simpson P. On the scoring of FISH- «painting» chromosome-type exchange aberrations // *Mutat Res*. 1994. №307 (1). Pp. 345–353

23. Shakoori AR. Fluorescence In Situ Hybridization (FISH) and Its Applications // Chromosome Structure and Aberrations. 2017. №10. Pp. 343–367
24. Song J., Mooi WJ., Petronic-Rosic V. [et al.]. Nevus versus melanoma: to FISH, or not to FISH // Adv Anat Pathol. 2011. №18. Pp. 229–234
25. Stanley J., Hui H., Erber W. [et al.]. Analysis of human chromosomes by imaging flow cytometry. Cytometry Part B // Clinical Cytometry. 2021. №100 (5). Pp. 541–553
26. Tanke H.J., Wiegant J., van Gijlswijk R. [et al.]. New strategy for multi-colour fluorescence in situ hybridisation: COBRA: combined binary ratio labelling // Eur. J. Hum. Genet. 1999. №7. Pp. 2–11
27. Tubbs R., Pettay J., Roche P. [et al.]. Concomitant oncoprotein detection with fluorescence in situ hybridization (COFISH): a fluorescence-based assay enabling simultaneous visualization of gene amplification and encoded protein expression // J. Mol. Diagn. 2000. №2. Pp. 78–83.
28. Tucker J., Morgan W., Awa A. [et al.]. A proposed system for scoring structural aberrations detected by chromosome painting // Cytogenet Cell Genet. 1995. №68 (3–4). Pp. 211–221
29. Volpi E.V., Bridger J.M. FISH glossary: an overview of the fluorescence in situ hybridization technique. 2018
30. Volpi E.V., Bridger J.M. FISH glossary: an overview of the fluorescence in situ hybridization technique // BioTechniques. 2008. №45. Pp. 385–409. DOI 10.2144/000112811. EDN MMGAIL
31. Wertheim G., Hexner E., Bagg A. Molecular-based classification of acute myeloid leukemia and its role in directing rational therapy: personalized medicine for profoundly promiscuous proliferations // Mol Diagn Ther. 2012. №16 (6). Pp. 357–369
32. Wolff D., Bagg A., Cooley L. [et al.]. Guidance for Fluorescence in situ Hybridization Testing in Hematologic Disorders // SPECIAL ARTICLE. 2007. Vol. 9. №2. Pp. 134–143

БИОХИМИЯ. БИМЕДИЦИНСКИЕ ТЕХНОЛОГИИ

Андреева Лариса Викторовна

канд. с.-х. наук, доцент
ФГБОУ ВО «Новгородский государственный
университет им. Ярослава Мудрого»
г. Великий Новгород, Новгородская область

ВЫЖИВАЕМОСТЬ БОРЩЕВИКА СОСНОВСКОГО: БИОХИМИЧЕСКИЙ АСПЕКТ

Аннотация: в статье рассмотрены вопросы влияния биологически активных веществ борщевика Сосновского на выживаемость данного растения. Подчеркнута особая роль кумаринов, эфирных масел и фенольных соединений. Сделаны выводы о причинах быстрого размножения борщевика и трудностей борьбы с ним. Приведены примеры химического способа уничтожения этого сорного растения.

Ключевые слова: борщевик Сосновского, выживаемость, биологически активные вещества, кумарины, фенолы, эфирные масла, аллелопатическая активность.

Борщевик Сосновского с каждым годом захватывает новые площади земель сельхозназначения, распространяется вдоль дорог, по берегам рек. Это инвазивное растение все чаще появляется на территории сельских и городских поселений. Ежегодные отчеты экологов, географов, работников сельхозпредприятий подтверждают расширение ареала обитания борщевика на территории Российской Федерации, Белоруссии и других государств. Постоянный мониторинг процесса распространения борщевика доказывает, что все принимаемые меры борьбы не приносят должного результата. Остановить распространение этого агрессивного растения не удается. Прогнозы свидетельствуют о том, что борщевик Сосновского способен расселиться на более половины территории в 31 субъекте Российской Федерации, а в 7 субъектах может занять 80% площади [1].

Такая высокая устойчивость борщевика ко множеству факторов окружающей среды и специальным действиям человека была создана самой природой. Поспособствовали этому и генетики, отбирая для размножения самые устойчивые и перспективные образцы. Требование по обеспечению зеленой массой потребностей животноводства в кратчайшие сроки не позволило тщательно изучить химический состав растения. И только когда проявились отрицательные последствия использования борщевика, ученые стали искать причины горечи молока, стерильности коров, генетических мутаций телят [2]. Эти факты способствовали исключению борщевика Сосновского из разряда кормовых культур. Завершились также работы по улучшению его сортовых характеристик. В 2015 году борщевик Сосновского был переведен в разряд сорных растений.

Но на этом история борщевика Сосновского не закончилась. Появилась проблема, связанная с бесконтрольным агрессивным распространением этого растения по регионам России. В настоящее время эта проблема приобрела государственное значение. Выделяемые средства расходуются на традиционные методы борьбы с сорняками: механические, химические, агротехнические. Приняты законодательные меры, предписывающие ответственность за распространение борщевика. Но пока борщевик в этой борьбе одерживает победу. По данным различных источников площадь его произрастания ежегодно увеличивается примерно на 10% [3].

В связи с этим появляется необходимость в изучении химического состава этого уникального растения, не подчиняющегося человеку. Возможно, секрет его выживаемости спрятан в химических соединениях, содержащихся в клетках растения.

В составе борщевика Сосновского обнаружены разнообразные биологически активные соединения: углеводы, белки, каротины, дубильные вещества, эфирные масла, фенолы, витамины, макро- и микроэлементы. Выделить отдельные фракции биохимических веществ из растительной массы и семян практически невозможно. Так как в водные, спиртовые и другие экстракты попадают многие вещества, речь может идти только о смесях веществ одинаковой природы. Выявить влияние отдельных классов биологически активных веществ очень трудно.

Особый интерес вызывают кумарины. В Новгородском государственном университете имени Ярослава Мудрого изучались кумарины борщевика Сосновского, произрастающего в окрестностях Великого Новгорода. Исследовали способы выделения кумаринов, их качественный и количественный состав. Определяли содержание кумаринов в различных органах растения. Самое большое содержание кумаринов выявлено в семенах [4]. Ингибирующее действие кумаринов на семена других растений было подтверждено в ходе различных исследований. Кумарины вызывают генные мутации у бактериофагов, бактерий, дрожжей. Отмечается, что кумарины обладают антимикробным действием, сохраняющим жизнеспособность семян длительное время [5].

Особое влияние на выживаемость борщевика оказывают эфирные масла, содержащиеся в клетках растения. В основном, эфирные масла представлены октилацетатом и октилбутиратом. Выявлена их антибактериальная активность и противогрибковое действие [6].

Изучалась цитотоксичность экстрактов борщевика Сосновского как на растительных клетках, так и на животных. Выявлены митотоксические эффекты, связанные с угнетением деления клеток, индукцией апоптоза, гибелью клеток [6]. Таким образом, цитотоксические вещества клеток борщевика не проявляют угнетающего действия на собственные клетки, но оказывают таковое на клетки других растений. Данное свойство требует дополнительного изучения.

В составе борщевика содержатся биологически активные вещества, защищающие побеги от действия насекомых. Инсектицидное и инсектоакарицидное действие связано с присутствием эфирных масел, фенолов и их производных [7].

Одной из причин широкого распространения борщевика является его высокая аллелопатическая активность. Угнетение семян культурных и дикорастущих растений приводит к уничтожению конкурентов и быстрому

захвату площадей. Аллелопатическая активность обеспечивается кумаринами и фенольными соединениями [8].

Стойкость химических соединений, высокая жизнеспособность борщевика заставляет искать новые виды гербицидов, использовать многокомпонентные смеси для эффективной борьбы с агрессивным растением. Примером такого двухкомпонентного гербицида, показавшего эффективность против борщевика, является гербицид Магнум, ВДГ на основе метсульфурон-метила, производного сульфонилмочевины. Системный гербицид подавляет деление клеток и выключает собственную защиту растения [9].

Богатый химический состав борщевика Сосновского позволяет этому растению организовать эффективную защиту от действий бактерий, микроорганизмов, грибов, других видов растений. А также успешно противостоять способам уничтожения, применяемым людьми. Существует необходимость поиска новых методов борьбы с распространением борщевика, в том числе, основанных на знаниях о его биохимическом составе.

Список литературы

1. Петрова И.Ф. Оценка опасности распространения борщевика Сосновского в России / И.Ф. Петрова, Е.Г. Королева // Известия Российской академии наук. Серия географическая. – 2022. – Т. 86. №5. – С. 788–798. – DOI 10.31857/S2587556622050090. – EDN OCFJCN
2. Андреева Л.В. Борщевик как источник экологических проблем / Л.В. Андреева // Фундаментальные и прикладные исследования по приоритетным направлениям биоэкологии и биотехнологии: сборник материалов V Всероссийской научно-практической конференции с международным участием, Ульяновск, 20 мая 2022 года / гл. ред. Е.И. Антонова. – Чебоксары: Среда, 2022. – С. 8–11. – EDN EAWGPE
3. Вяткин В.Э. Эколого-правовые проблемы с распространением борщевика сосновского и способы борьбы с ним / В.Э. Вяткин // Аграрное и земельное право. – 2024. – №10 (238). – С. 108–111. – DOI 10.47643/1815-1329_2024_10_108. – EDN RBDCAZ
4. Andreeva L.V. Sosnowsky hogweed: new ways to use // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science, Veliky Novgorod, 22 октября 2020 года. Veliky Novgorod, 2020. P. 012006. DOI 10.1088/1755-1315/613/1/012006. – EDN QDKQGX
5. Кондратьев М.Н. Влияние фуранокумаринов препарата «Аммифурин» и водного экстракта из опада растений борщевика Сосновского (*Heracleum sosnowskyi Manden*) на рост и развитие сельскохозяйственных растений / М.Н. Кондратьев, С.Н. Бударин, Ю.С. Ларикина // Известия КГТУ. – 2015. – №38. – С. 103–112. – EDN UCQJBL
6. Гурина Н.С. Фармакологические свойства и компонентный состав борщевика Сосновского (*Heracleum Sosnowski Manden*) / Н.С. Гурина, Р.И. Лукашов, А.В. Котович // Медицинский журнал. – 2023. – №1 (83). – С. 14–22. – DOI 10.51922/1818-426X.2023.1.14. – EDN HWDSBE
7. Деркач А.А. *Heracleum Sosnowskyi Manden* – как источник биологически активных соединений для борьбы с вредными членистоногими / А.А. Деркач, Л.Л. Яковлева // Биологическая защита растений – основа стабилизации агроэкосистем: материалы Международной научно-практической конференции (Краснодар, 17–19 сентября 2024 года). – Краснодар: ЭДВИ, 2024. – С. 138–144. – EDN OWFGIA
8. Чегодаева Н.Д. Аллелопатическое влияние борщевика Сосновского (*Heracleum sosnowskyi Manden*) на культурные растения / Н.Д. Чегодаева, Т.А. Маскаева, М.В. Лабутина // Фундаментальные исследования. – 2015. – №2–26. – С. 5845–5849. – EDN UBHRCH
9. Якимович Е.А. Эффективность применения гербицида на основе метсульфурон-метила с целью уничтожения инвазивных видов растений / Е.А. Якимович, О.А. Шкляревская // Защита растений. – 2024. – № 48. – С. 69–81. – EDN YENLUG

Гузанова Олеся Владимировна¹

магистрант

Фирсова Наталья Викторовна²

канд. биол. наук, ведущий научный сотрудник

Балацюз Елена Валерьевна^{2,3}

канд. мед. наук, врач патологоанатом

Анашкина Юлия Анатольевна²

лаборант-исследователь, магистрант

Антонова Елена Ивановна²

д-р биол. наук, профессор, директор

¹ФГБОУ ВО «Ульяновский государственный педагогический университет им. И.Н. Ульянова»

г. Ульяновск, Ульяновская область

²Научно-исследовательский центр фундаментальных и прикладных проблем биоэкологии и биотехнологии
ФГБОУ ВО «Ульяновский государственный педагогический университет им. И.Н. Ульянова»

г. Ульяновск, Ульяновская область

³ГУЗ «Центральная городская клиническая больница»

г. Ульяновск, Ульяновская область

DOI 10.31483/r-138830

СРАВНИТЕЛЬНЫЕ АСПЕКТЫ ГИСТОТОПОГРАФИИ ДИСПЛАСТИЧЕСКОГО НЕВУСА И УЗЛОВОЙ МЕЛАНОМЫ (ОБЗОРНАЯ СТАТЬЯ)

Аннотация: диспластические невусы (ДН) и узловая/нодулярная меланома (УМ) представляют собой пигментные новообразования кожи, которые могут быть сложными для дифференциальной диагностики. УМ – является наиболее агрессивным подтипом по сравнению с другими формами меланомы из-за отсутствия радиального роста. ДН чаще всего определяют, как промежуточное поражение между доброкачественными невусами и меланомой. ДН по клинической и гистологической картине схожи с меланомой. Данная статья направлена на выявление основных гистологических сходств и отличий ДН и УМ.

Ключевые слова: диспластические невусы, узловая меланома, меланоциты, невоидные клетки, BRAF, NRAS.

Диспластический невус (ДН) – приобретенный меланоцитарный очаг с атипичными клиническими и гистологическими признаками. Несмотря на сходство с меланомой по клинической картине и ее гистопатологическим особенностям, прогрессирование ДН в меланому, некоторыми исследователями считают происходит относительно редко [11].

ДН пятно коричневого цвета с диаметром не менее 5 мм, с изменчивой пигментацией, асимметрией и/или прерывистыми или нечеткими границами [5]. Спорадические ДН могут быть представлены единично или множественно. Появляются и в подростковом, и в зрелом возрасте, распространяются чаще на открытых участках тела верхних конечностей и верхней

половине туловища [2]. Выделяют типы ДН – лентицинозный, по типу яичницы-глазуни, по типу затмения, с мелкими темными точками, с эксцентрической гиперпигментацией, по типу мишени, эритематозный тип. ДН могут быть наследственными и спорадическими (ненаследственными). Наследственные ДН обычно множественные. Чаще всего развиваются в подростковом возрасте. Имеют крупные размеры, часто являются атипичными.

Для правильной постановки диагноза применяют дерматоскопию. Гистологический диагноз ДН, установленный ВОЗ в 2018 году, основан на диагностических критериях Международной группы [21] по изучению патологии меланомы:

- 1) ширина более 4 мм;
- 2) архитектура с нерегулярными/неоднородными скоплениями внутриэпидермальных меланоцитов и повышенной плотностью невомеланоцитов;
- 3) цитологические признаки атипичных меланоцитов.

Выделяют следующие гистологические варианты ДН: классический, ДН с признаками врожденного; ДН Шпица; диспластический комбинированный; диспластический гало-невус; диспластический нейротизированный невус (нейроневус).

ДН имеют определенные цитологические черты: атипические невусные клетки веретеновидной или округлой формы (педжетоидные) с крупными полиморфными ядрами и укрепленными ядрышками [7]. Также обнаружено увеличенное количество одиночных и гнездовых меланоцитов неправильной формы. Отличительной гистологической особенностью ДН признана его способность к хаотичным разрастаниям в эпидермисе и дерме (атипичная пролиферация меланоцитов).

ДН происходят из меланоцитов. Для ДН характерно в эпидермисе акантоз, дисплазия и пролиферация меланоцитов, в дерме лимфоцитарные инфильтраты. В отличие от меланомы, у ДН отсутствует инвазия в поверхностные слои эпидермиса [6]. В ДН педжетоидные клетки расположены локально в эпидермисе в небольшом количестве. В нижних слоях эпидермиса и верхней дерме присутствуют небольшие гнезда вытянутой формы, окруженные коллагеном. Дермоэпидермальный переход (юнкциональная зона) представлен гомогенными эпидермальными тяжами с утолщениями. Невусные клетки могут быть расположены вдоль дермоэпидермального перехода или в гнездах. В ДН отмечаются гнезда невусных клеток на вершинах эпидермальных гребней или их боковых сторонах. В ряде случаев они могут формировать «мостики» между соседними гребнями [4]. Одним из примечательных микроскопических проявлений ДН является фиброплазия сосочкового слоя дермы [19]. Этот вид образований обычно характеризуются поверхностной пластинчатой фиброплазией (относительно прямые слои коллагена в сосочковом слое дермы, непосредственно под соединительнотканым компонентом) и концентрическим фиброзом (округлые слои коллагена, окружающие соединительнотканый компонент в сосочковом слое дермы). Оба типа фиброза в ДН обычно сопровождаются лёгкими или умеренными поверхностными инфильтратами из лимфоцитов дермы [12].

Во всех случаях ДН наиболее часто встречается лентигозная меланотарная дисплазия (ЛМД), напоминающая те изменения меланоцитов, которые происходят в *lentigo simplex* [2]. Гистологическая дисплазия классифицируется как легкая, умеренная и тяжелая, данную классификацию используют наиболее часто. Согласно классификации, ВОЗ опухолей кожи 2018 г., рекомендуется выделять две степени низкую степень дисплазии (*high grade dysplasia*) и высокую степени дисплазии (*high grade dysplasia*). Легкая степень дисплазии характеризуется небольшой степенью пролиферации – увеличением числа меланоцитов в базальном слое и наружных слоях эпидермиса. Умеренная степень характеризуется более выраженной пролиферацией меланоцитов, местами меланоциты полностью заменяют базальный слой кератиноцитов. Атипия клеток более выражена, чем у легкой степени. Тяжелая степень характеризуется увеличением размеров гнездовых скоплений меланоцитов.

Для проведения иммуногистохимических исследований ДН обычно используют иммуномаркеры p16, Ki67 и HMB45 [10], а также иммуномаркеры PRAME, SOX10 или S-100, Melan-A или MART-1 для отличия меланомы от ДН.

Melan-A помогает отличить меланому от других видов рака или доброкачественных состояний. Окрашивание Melan-A следует использовать с осторожностью в качестве дополнения к обычной гистологии при оценке ДН с лёгкой или умеренной атипией. Это связано с тем, что выявление педжетоидного меланокитоза с использованием этого метода потенциально может привести к ошибочному диагнозу меланомы.

Окрашивание HMB45 у ДН обычно присутствует только в соединительных и поверхностных меланоцитах дермы, но отсутствует в более глубоких слоях дермы [22].

Одним из методов определения пролиферативной активности опухоли служит индекс Ki-67-положительных клеток, данный белок появляется в ядре клетки в конце G1-фазы и с высокой интенсивностью экспрессируется до завершения митоза. При исследовании пролиферативной активности кожи с использованием маркера пролиферации (Ki-67) опухоль считается доброкачественной, если в ткани опухоли отсутствует реакция антител с ядрами клеток или количество окрашенных клеток менее 21%. Новообразования считаются злокачественными, если окрашено более 22% ядер опухолевых клеток, и они определяются как диспластические [1]. У ДН индекс пролиферации Ki-67 в дермальном компоненте низкий, менее 5% меланоцитов окрашиваются в «горячих точках» дермы [22].

Комбинированное использование иммуномаркеров Ki67, HMB-45 и p16 даёт более надёжные результаты для постановки верного диагноза.

Обычно ДН характеризуются низким уровнем мутаций. Драйверные мутации в меланоцитах инициируют образование невусов. Одной из причин возникновения ДН являются мутации в генетическом аппарате, которые возникают из-за воздействия УФО. Действие данного фактора является пусковым механизмом для мутаций в генах BRAF или NRAS, которые активизируют раннее начало процессов пролиферации в клетках ДН. Генетические изменения, присутствующие при ДН, включают: промежуточную микросателлитную нестабильность между доброкачественными невусами и меланомой, аллельные потери в 1p, 9p и 17p, аномалии ДНК,

сходные с поверхностно распространяющейся меланомой, мутацию V600E в гене BRAF, потерю генов – супрессоров опухоли (TP53 и CDKN2A) и изменения в онкогенах (RAS), хотя и с более низкими частотами, чем в меланоме [20]. Мутации гена BRAF и NRAS являются ведущими среди всех изменений. С точки зрения механизма, примерно в 58% ДН присутствует мутация BRAF [18]. ДН демонстрируют так же и другие мутации, такие как мутация промотора TERT, гемизиготная замена CDKN2A и другие мутации, приводящие к активации MAPK [18].

Узловая меланома (УМ) – одна из разновидностей меланомы, является самой агрессивной и прогностически неблагоприятной формой рака кожи. УМ характеризуется первично вертикальным ростом и считается самым неблагоприятным типом в плане прогноза опухоли из-за отсутствия фазы радикального роста. С гистогенетической точки зрения фаза радиального роста, считается неопухоловой фазой, ограниченной эпидермисом (*in situ*) или сосочковым своим дермы (микроинвазия), не обладающей метастатической способностью. Вертикальная фаза роста, напротив, представляет собой опухолевую фазу, характеризующуюся слиянием узлов, более глубоким проникновением в дерму или за её пределы, метастатическим потенциалом и высокой митотической активностью [16]. Очаги УМ растут быстро (0,5 мм в месяц), развивают глубину инвазии быстрее чем другие меланомы радиального роста и составляют 66% опухолей толщиной 3 мм [15]. УМ характеризуется более высоким риском формирования региональных и отдаленных метастазов даже на ранних стадиях, а также повышенным риском развития рецидивов [9].

Клинически УМ представлена одиночным образованием округлым или овальным узлом с четкими границами. Обычно имеет черный цвет, но иногда окрашена в синий, серый, коричневый, красный или в цвет кожи.

При гистологическом исследовании УМ всегда определяется глубокий уровень инвазии [3]. Отмечается размножение атипичных меланоцитов в дермо-эпидермальной соединительной зоне, разрушение базальной мембраны и проникновение меланоцитов в дерму без радикального роста, их ранний контакт с кровеносными и лимфатическими сосудами [8]. Неоплазия в ряде случаев распространяется не только в эпидермисе и дерме, но и в подкожной клетчатке [3]. Цитологически эта форма представлена преимущественно эпителиоидными клетками с меланином в цитоплазме или без него, крупными ядрами с эозинофильными ядрышками, с выраженной атипией и многочисленными митозами. Также микроскопическими признаками являются куполообразные дермальные пузырьки с выступающими краями, высокий митотический и пролиферативный индекс, лимфоваскулярная инвазия и периневральная инфильтрация, а иногда и некроз опухоли [16].

Основным фактором прогноза меланомы кожи является толщина опухоли по Бреслоу, измеряемая при гистологическом исследовании и уровень инвазии по Кларку. Прогноз является благоприятным если толщина опухоли составляет не более 1 мм, а уровень инвазии 2–3 мм.

Иммуногистохимия играет ключевую роль в диагностике и прогностической характеристике. S-100 является важным маркером меланомы. Существуют также и другие полезные маркеры, такие как Melan A, ki-67, MITF, HMB-45 и тирозиназа. Ki-67 является лучшим маркером для оценки пролиферации клеток. Во всех случаях кожной меланомы выявлена положительная экспрессия Ki-67, и она была тесно связана с увеличением толщины по Бреслоу, уровнем Кларка, изъязвлением, лимфоваскулярной инвазией и количеством митозов.

Белок S-100 участвует во многих клеточных процессах, включая рост клеток, прохождение клеточного цикла, клеточную подвижность, гомеостаз кальция, транскрипцию и фосфорилирование белков. При меланоме экспрессия S-100 возрастает.

Иммуноокрашивание HMB-45 применяется для дифференциации доброкачественных и злокачественных опухолей. HMB-45 может давать положительную реакцию в доброкачественных невусах, однако окрашивание обычно ограничивается эпидермальными и папиллярными дермальными меланоцитами, а при первичных меланоме окрашивание наблюдается как в поверхностных, так и в глубоких меланоцитах [13].

УМ чаще всего обнаруживается на открытых участках тела и лица. УФО индуцирует фотопродукты ДНК, чаще всего димеры тимина, которые, если не восстанавливать путем эксцизионной репарации нуклеотидов, вызывают ошибки в репликации ДНК, последующие в клеточных сигнальных молекулах и в конечном итоге определяют развитие канцерогенеза [9].

Основная роль в патогенезе меланомы принадлежит MARK-сигнальному пути (RAS/RAF/MEK/ERK) – ключевому регулятору клеточной пролиферации, дифференцировке, выживания и метастазирования. В УМ чаще всего встречается мутация NRAS. Мутация промотора TERT часто связана с увеличением толщины опухоли. Соматические мутации в промоторной области гена *TERT*, приводят к повышению активности фермента теломеразы, что в свою очередь повышает выживаемость опухолевых клеток.

Ген *CDKN2A* кодирует два белка p16 и p14, которые выполняют роль супрессора опухолей. Соматическое нарушение гена *CDKN2A* при меланоме может возникать в результате генетических делеций, инактивирующих мутаций или гиперметилирования промотора и приводит к снижению функции белков p16 и/или p14 с последующей потерей контроля над клеточным циклом [14]. Данный ген характерен для УМ, связан с высоким потенциалом инвазии и метастазирования. Одним из характерных молекулярных изменений при УМ является гиперактивация протеникиназы RSK1, при которой конструктивное фосфорилирование способствует подвижности и инвазивности клеток меланомы [17].

Таким образом, вышеперечисленные маркеры как у ДН как и при УМ поддерживает концепцию, что ДН, это образования, если их не лечить, с неопределенным биологическим потенциалом. Выявление пациентов с ДН – главным клиническим фактором риска, позволяя включать их в программы краткосрочного и долгосрочного наблюдения, которые направленные на раннее выявление подозрительных новообразований и, как следствие, сокращения смертности, связанной с меланомой.

Список литературы

1. Ажикова А.К. Роль иммуногистохимического метода в исследованиях кожи / А.К. Ажикова // Актуальные исследования висцеральных систем в биологии и медицине: сборник материалов III Всероссийской научно-практической конференции с международным участием. – Астрахань, 2022. – С. 10–11. – DOI 10.54398/9785992614053_5. – EDN HMXFCN
2. Алгоритм раннего выявления меланомы кожи в районной поликлинике / О.А. Романова, Н.Г. Артемьева, В.Н. Марычева, Л.Р. Курашвили // Лечащий врач. – 2020. – №5. – С. 22. – DOI 10.26295/OS.2020.19.87.004. – EDN RBQLRE
3. Дикая М.В. Проблемы и перспективы развития современной медицины / М.В. Дикая // Мат-лы X Республиканской науч. практ. конф. с международным участием студентов и молодых ученых: «Проблемы и перспективы развития современной медицины». – Гомель, 2018. – С. 365–367
4. Елагин В.В. Оптические признаки злокачественных меланоцитарных новообразований: дис. ... канд. биол. наук / В.В. Елагин. – Н. Новгород, 2022. – С. 128. – EDN XNOZBP
5. Исамухамедова Л.Б. Меланоциты и меланомы: строение, функции, методы выявления, роль в кожной патологии / Л.Б. Исамухамедова // Oriental renaissance: Innovative, educational, natural and social sciences. – 2021. – №1 (8). – С. 631–643
6. Диагностика диспластических невусов по клиническим, дерматоскопическим и гистологическим признакам / И.А. Ламоткин, Г.Н. Тарасенко, Д.И. Корабельников [и др.] // Медицинский вестник МВД. – 2023. – №3 (124). – С. 42–47. – DOI 10.52341/20738080_2023_124_3_42. – EDN WBXORB
7. Новик В.И. Цитологическая диагностика как метод скрининга предзлокачественных меланоцитарных новообразований и ранних форм меланомы кожи / В.И. Новик, Д.А. Древалъ // Вопросы онкологии. – 2018. – №3. – С. 384–387. – EDN XWBICL
8. Очао Дж. Дель С.Л. Международные клинические рекомендации по лечению меланомы кожи / Дж. Дель С.Л. Очао, Э.А. Баткаев, Н.В. Баткаева // Вестник последипломного медицинского образования. – 2022. – №2. – С. 9–20. – EDN CPNUJX
9. Селицкая О.В. Особенности узловой меланомы: анализ клинического случая / О.В. Селицкая // Современные проблемы науки и образования. – 2024. – №5. – С. 99. – DOI 10.17513/spno.33661. – EDN AVNOMD
10. Distinct senescence mechanisms restrain progression of dysplastic nevi / F.K. Lorbeer, G. Rieser, A. Goel [et al.] // PNAS Nexus. 2024. №3 (2). Pp. 1–8
11. Fractal dimension analysis of melanocytic nevi and melanomas in normal and polarized light – A preliminary report / P. Popecki, M. Kozakiewicz, M. Ziętek, K. Jurczynszyn // Life. 2022. №12 (7). Pp. 1–17
12. Grading melanocytic dysplasia: updated histopathologic criteria / C.R. Shea, V.G. Prieto, C.M. Shachaf, S.R. Florell // Journal of Cutaneous Pathology published by John Wiley & Sons Ltd. 2024. Vol. 1. Pp. 1–9.
13. Melanoma biomarkers and their potential application for in vivo diagnostic imaging modalities / M. Hessler, E. Jalilian, Q. Xu [et al.] // International journal of molecular sciences. 2020. №21 (24). Pp. 1–8
14. Molecular Markers and Targets in Melanoma / C. Teixido, P. Castillo, C. Martinez-Vila, A. Arance, L. Alos // Cells. 2021. №10 (9). Pp. 1–5
15. Rapid dermoscopic changes in nodular melanoma / J. García-Lozano, G. Salerni, A. Cuel-lar-Barboza [et al.] // Dermatol Pract Concept. 2019. №10 (1). Pp. 1–2
16. Roncati L., Piscioli F. Primary thin nodular melanoma: An early tumorigenic vertical growth phase melanoma // Dermatologica Sinica. 2020. Vol. 38. No. 2. P. 121. DOI 10.4103/ds.ds_45_19. EDN KNLQDD
17. Stark M.S., Sturm R.A., Pan Y. Assessing the genetic risk of nodular melanoma using a candidate gene approach // Brit. J. Derm. 2024. V. 190. №2. Pp. 199–206. DOI 10.1093/bjd/ljad365. EDN GUXAIJ

18. Sung W.W., Chang C.H. Nevi, dysplastic nevi, and melanoma: Molecular and immune mechanisms involving the progression // Tzu Chi Med J. 2021. №34 (1). Pp. 1–7

19. The texture of collagen and immunoeexpression of PRAME in dysplastic nevus syndrome lesions: relationship with melanoma / P.R.M. Costa, G. Vieira-Damiani, R.F. Stelini [et al.] // An Bras Dermatol. 2023. №98 (1). Pp. 128–130. DOI 10.1016/j.abd.2022.02.002. EDN NDXVEK

20. UV-Induced Somatic Mutations Driving Clonal Evolution in Healthy Skin, Nevus, and Cutaneous Melanoma / A. Loras, M. Gil-Barrachina, M.A. Marqués-Torrejón [et al.] // Life. 2022. №12 (9). Pp. 13–39

21. WHO classification of skin tumors. 4th edition / Edited by D.E. Elder, D. Massi, R.A. Scolyer, R. Willemze. Lyon: WHO. 2018. Vol. 11. P. 470.

22. Wiedemeyer K., Hartschuh W., Brenn T. Dysplastic Nevi: Morphology and Molecular and the Controversies In-between // Surg Pathol Clin. 2021. №14 (2). Pp. 41–357.

Ефремова Ирина Михайловна

студентка

Курбатова Яна Андреевна

студентка

Научный руководитель

Шамитова Елена Николаевна

канд. биол. наук, доцент

ФГБОУ ВО «Чувашский государственный
университет им. И.Н. Ульянова»
г. Чебоксары, Чувашская Республика

ОБМЕН МЕЛАТОНИНА И ЕГО РОЛЬ В ОРГАНИЗМЕ: НОВЫЙ ВЗГЛЯД НА ГОРМОН

***Аннотация:** в статье представлена информация о мелатонине – гормоне, вырабатываемом шишковидной железой, который регулирует сон, циркадные ритмы и иммунные функции. Рассмотрено влияние светового режима на синтез мелатонина и его связь с хроническими заболеваниями, такими как болезнь Альцгеймера. Подчеркивается значение естественного освещения и антиоксидантных свойств мелатонина для поддержания общего здоровья и профилактики заболеваний.*

***Ключевые слова:** мелатонин, антиоксидант, триптофан, инфракрасное излучение, митохондрии.*

Мелатонин (N-ацетил-5-метокситриптамин) представляет собой эндогенный гормон, производный от триптофана, который в основном выделяется шишковидной железой в условиях темноты. Он регулирует широкий спектр функций, включая сон, циркадные ритмы, иммунные и репродуктивные процессы.

Влияние света на синтез мелатонина носит сложный характер: свет способен как подавлять, так и стимулировать его выработку в зависимости от интенсивности, спектра и времени суток. Основная физиологическая функция мелатонина заключается в передаче информации о ежедневном цикле света и тьмы в структуры организма.

В данной статье мы рассмотрим две формы мелатонина, которые локализируются на разных уровнях организма: циркулирующая и внутриклеточная.

1. Циркулирующий мелатонин вырабатывается шишковидной железой. Его синтез стимулируется наступлением темноты.

2. Внутриклеточный мелатонин локализуется в митохондриях, где он защищает клетки от окислительных процессов и повреждений, вызванных свободными радикалами.

Новые данные указывают на то, что мелатонин, вырабатываемый шишковидной железой, служит резервным запасом для клеток. При дефиците мелатонина клетки могут использовать запас, полученный из эпифиза. Нехватка мелатонина может привести к ухудшению качества сна, воспалительным процессам и снижению антиоксидантной защиты, что, в свою очередь, может способствовать развитию хронических заболеваний, включая нейродегенеративные расстройства, такие как болезнь Альцгеймера и деменция [1].

У 45% людей с данными нарушениями наблюдается выраженное беспокойство и утомление в вечернее время, что связано с истощением запасов мелатонина. Синтез внутриклеточного мелатонина стимулируется светом ближней инфракрасной области спектра, являющегося частью солнечного света. Определенные длины волн солнечного света стимулируют синтез мелатонина в клетках, в то время как темнота активирует синтез мелатонина в кровеносной системе и шишковидной железе [2].

Люди, проводящие много времени на открытом воздухе и имеющие ограниченный доступ к искусственному освещению, даже при недостаточном питании, часто демонстрируют повышенную устойчивость к заболеваниям. Это явление может быть связано с достаточным воздействием солнечного света, в том числе инфракрасного излучения, что способствует выработке антиоксидантов и нейтрализации окислительного стресса. Инфракрасное излучение, проникающее через череп, может оказывать защитное действие на центральную нервную систему и способствовать выработке антиоксидантов, защищая митохондрии от повреждений, вызванных свободными радикалами.

Недостаток мелатонина часто обусловлен высоким уровнем воздействия искусственного освещения, особенно синего света от экранов. Поэтому важно уделять внимание естественному освещению и использовать инфракрасные источники света, а также ограничить использование устройств перед сном, для поддержания оптимального уровня мелатонина в организме.

Синтез мелатонина в эпифизе начинается с гидроксирования триптофана, осуществляемого ферментом триптофангидроксилазой, что приводит к образованию 5-гидроксириптофана. Триптофангидроксилаза является ключевым ферментом в биосинтезе серотонина, который затем преобразуется в мелатонин. Идентифицировано два гена, кодирующих изоформы триптофангидроксилазы: TRH1 и TRH2. TRH1 широко распространена в организме и экспрессируется в эпифизе, тогда как TRH2 преимущественно продуцируется в центральной нервной системе [3].

Важно отметить, что мелатонин образуется не только в мозге, но и в различных периферических органах и тканях, таких как ЖКТ, легких, бронхах, поджелудочной железе, в яичниках, в простате, в эндометрии, эндотелии и в некоторых клетках крови (эозинофилы, лимфоциты и тучные клетки). Мелатонин, синтезируемый в этих тканях, называют периферическим. В отличие от мелатонина, вырабатываемого в эпифизе, этот вид гормона действует локально, то есть только в месте его образования [4].

На выработку мелатонина влияют различные факторы, как внешние, так и внутренние. К факторам, стимулирующим выработку мелатонина, относятся кальций, магний, никотиновая кислота, витамин В6 [5]. Подавлять выработку мелатонина могут кофеин, алкоголь, курение, витамин В12, а также нестероидные противовоспалительные препараты, диклофенак, и некоторые препараты для снижения артериального давления, которые блокируют кальциевые каналы и бета-блокаторы.

Мелатонин выполняет не только функцию регуляции сна, но и играет значительную роль в поддержании общего здоровья.

Преобладающим фактором смертности в мире являются сердечно-сосудистые заболевания, за которыми следуют онкологические заболевания и нарушения метаболизма, такие как диабет и болезнь Альцгеймера. Все эти патологии имеют общую этиологическую основу – дисфункция митохондрий, приводящая к их повреждению и нарушению функционирования.

Избыточный окислительный стресс или повреждение от свободных радикалов повреждает клетки. Защита организма осуществляется посредством антиоксидантных систем.

Мелатонин является не только сам является антиоксидантом, но и активизирует другие антиоксиданты, в том числе и глутатион. Мелатонин привлекает к себе большое внимание благодаря своим мощным липофильным антиоксидантным свойствам и способности эффективно бороться со свободными радикалами. Стоит отметить, что его антиоксидантная активность в 2 раза превышает активность витамина Е, играющего важную роль в профилактике сердечно сосудистых заболеваний.

Согласно данным обзоров литературы, а также результатам молекулярно-биологических исследований (МВМ), небольшие дозы естественного солнечного света стимулируют повышенное образование антиоксидантов в здоровых клетках. Совокупный эффект этого резерва антиоксидантов заключается в повышении способности организма быстро и локально адаптироваться к меняющимся условиям в течение дня.

В этом контексте, циркулирующий мелатонин, вырабатываемого шишковидной железой, обеспечивает эффективный механизм доставки дополнительного мелатонина к поврежденным или стареющим клеткам как у дневных, так и у ночных животных, особенно в периоды низкой клеточной активности и интенсивного солнечного воздействия.

Таким образом, в то время как циркулирующий в крови мелатонин может рассматриваться как «гормон темноты», субклеточный мелатонин может выполнять функцию «гормона дневного света», способствуя адаптации организма к изменяющимся условиям окружающей среды.

Анализ литературных источников подтверждает, что мелатонин обладает значительным терапевтическим потенциалом благодаря своим антиоксидантным и противовоспалительным свойствам. Он продемонстрировал способность усиливать эффект противоопухолевой терапии, а также улучшать сон и качество жизни онкологических пациентов.

Список литературы

1. Mendes L., Queiroz M., Sena C.M. Melatonin and Vascular Function. Antioxidants (Basel). Search in PubMed. 2024 Jun 20;13(6):747. doi: 10.3390/antiox13060747. EDN BFUWSJ
2. Rahmani S., Roohbakhsh A., Pourbarkhordar V., Hayes A.W., Karimi G. Melatonin regulates mitochondrial dynamics and mitophagy: Cardiovascular protection. J Cell Mol Med. Search in PubMed – 2024 Sep; 28 (18) : e70074. doi: 10.1111/jcmm.70074. EDN KWUNYJ
3. Boutin J.A., Kennaway D.J., Jockers R. Melatonin: Facts, Extrapolations and Clinical Trials. Biomolecules Search in PubMed. – 2023 Jun 5; 13(6) : 943. doi: 10.3390/biom13060943. EDN GUIQIY
4. Changjiu He, Jing Wang, Zhenzhen Zhang, et al. Mitochondria Synthesize Melatonin to Ameliorate Its Function and Improve Mice Oocyte's Quality under in Vitro Conditions. 2016.
5. Нейтрализация ангиопоэтина-2 и фактора роста эндотелия сосудов (vegf) с терапевтической целью / Е.Н. Шамитова, К.Г. Матьков, Д.Д. Шихранова, Р.Р. Абдуллин // Acta Medica Eurasica. – 2021. – №2. – С. 64–79. – DOI 10.47026/2413-4864-2021-2-64-79. – EDN DSQYIX

Захарова Татьяна Александровна

студентка

Федорова Дарья Анатольевна

студентка

ФГБОУ ВО «Чувашский государственный
университет им. И.Н. Ульянова»
г. Чебоксары, Чувашская Республика

DOI 10.31483/r-138625

**ВЛИЯНИЕ ХРАНЕНИЯ КРОВИ В ХОЛОДИЛЬНИКЕ НА
ИЗМЕНЕНИЕ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ЛЕЙКОЦИТАРНОЙ
ФОРМУЛЫ (НА ПРИМЕРЕ ЖИТЕЛЕЙ
ЧУВАШСКОЙ РЕСПУБЛИКИ)**

Аннотация: в статье рассматривается влияние стандартных условий хранения венозной крови на общее содержание лейкоцитов и процентное соотношение различных типов лейкоцитов (нейтрофилов, лимфоцитов, моноцитов, эозинофилов, базофилов).

Актуальность темы обусловлена необходимостью обеспечения качества преаналитического этапа при венозном получении материала на клинический анализ крови при отсроченном выполнении исследования на автоматическом анализаторе.

Целью исследования является оценка стабильности лейкоцитарной формулы крови при хранении пробы в течение 2-х суток при температуре 4°C.

Материалы и методы. Для исследования использовались образцы цельной крови от 80 здоровых доноров (по 20 человек четырех групп крови) без известных заболеваний. В ходе исследования проводился сравнительный анализ лейкоцитарной формулы, включая относительные показатели различных подгрупп лейкоцитов (нейтрофилов, лимфоцитов, моноцитов, эозинофилов и базофилов) на различных этапах: сразу после забора и через определённые промежутки времени хранения. Проводилась оценка стабильности лейкоцитарной формулы в крови пациентов при хранении в течение 2-х суток при температуре 4°C. Использовали 160 пробирок по 50 мл, результаты получены с применением гематологического анализатора Swelab Alpha.

Результаты исследования показали незначительные увеличения общего количества лейкоцитов, нейтрофилов, базофилов и эозинофилов. Наблюдалось снижение относительного содержания лимфоцитов и моноцитов. Полученные данные могут быть использованы для определения оптимальных сроков и условий хранения венозной крови на результаты клинических анализов крови, использующих лейкоцитарную формулу.

Ключевые слова: лейкоцитарная формула, лейкоциты, стабильность, клинический анализ крови.

Актуальность: известно, что условия хранения, в том числе температурный режим, могут оказывать влияние на клеточные компоненты крови, включая лейкоциты. Изменения в гемоцитометрических показателях и лейкоцитарной формуле могут повлиять интерпретацию результатов клинических анализов крови, где лейкоцитарная формула является важным диагностическим параметром [1–4]. Особую значимость имеют показатели лейкограммы оценке показателей гомеостаза организма, как одного из наиболее часто выполняемых лабораторных исследований.

Цель исследования – оценить изменения гемоцитометрических показателей лейкоцитарной формулы добровольцев при хранении образцов крови в холодильнике при температуре 3–8°C в течение 48 часов в состоянии относительного покоя.

Материалы и методы исследования. Для исследования В03.016.003 общий (клинический) анализ крови развернутый, использовались образцы венозной крови от 80 здоровых пациентов, проходящих ежегодный плановый медицинский осмотр (по 20 человек четырех различных групп крови) без хронических заболеваний. Использовали вакуумные пробирки с антикоагулянтом K2 EDTA, результаты получены с применением гематологического анализатора UniCel DxH 800 (Beckman Coulter Inc., USA, Miami, FL). После определения исходных значений в пробах в течении 30 минут, образцы хранили в холодильнике 48 часов при температуре 3–8°C. Сохранность приемлемой гемостатической функции пробы крови после хранения в холодильнике оценивалась после 30 минутного выдерживания при комнатной температуре (+18 +25°C). Забор биоматериала осуществлялся специалистами при наличии информированного письменного согласия пациентов. Статистическая обработка результатов исследования проводилась с применением компьютерного программного пакета Excel 5.0a.

Различия между образцами оценивались с помощью теста совпадающих пар Уилкоксона, р-значения менее 0,05 считались статистически значимыми.

Результаты исследования и их обсуждение. В лейкоцитах обнаружено более 250 специфических антигенов (HLA Human Leukocyte Antigen), которые формируют 162 антигенные системы HLA, в тромбоцитах 26 специфических антигенов (HРА – Human Platelet Antigens) образуют 10 антигенных систем HРА. Практическое значение имеют те агглютиногены крови, которые расположены на поверхности форменных элементов. Чтобы определить влияние хранения цельной крови на показатели лейкоцитарной формулы в зависимости от наличия агглютиногенов крови, пациенты были разделены на 4 группы по системе АВ0. В таблицах 1–4 представлены медианные значения и статистическая значимость изменений параметров лейкоцитарной формулы при исследуемом режиме хранения во всех четырех группах.

Таблица 1

Показатели лейкоцитарной формулы группы крови О ($M \pm \sigma$, $n = 20$)

Показатели лейкоцитарной формулы	0 часов (сразу после взятия)	48 часов (после хранения в холодильнике)	Р
WBC, $\times 10^9/\text{л}$	6,13 (3,8–8,8)	6,33 (4–9)	0,4353
NE%	57,84 (52,21–62,18)	58,43 (52,8–62,77)	0,4122
LY%	39,2 (28,7–50)	38,2 (27,7–49)	0,4965
MO%	7,25 (3,95–10,65)	4,68 (1,45–8,15)	0,0159
EO%	2,33 (1,4–3,15)	2,97 (2,05–3,75)	0,0178
BA%	0,69 (0,5–0,86)	1,14 (0,95–1,31)	<0,0001

Таблица 2

Показатели лейкоцитарной формулы группы крови А ($M \pm \sigma$, $n = 20$)

Показатели лейкоцитарной формулы	0 часов (сразу после взятия)	48 часов (после хранения в холодильнике)	Р
WBC, $\times 10^9/\text{л}$	6,5 (4–8,4)	6,68 (4,2–8,6)	0,5287
NE%	58,87 (52,56–62,17)	58,46 (53,16–62,77)	0,4353
LY%	39,06 (27,4–50)	38,06 (26,4–49)	0,4654
MO%	8,93 (5,89–10,62)	6,42 (3,39–8,12)	0,0226
EO%	2,34 (1,45–3,12)	2,93 (2,05–3,72)	0,0209
BA%	0,68 (0,54–0,84)	1,13 (0,99–1,29)	0,0002

Таблица 3

Показатели лейкоцитарной формулы группы крови В (M ± σ, n = 20)

Показатели лейкоцитарной формулы	0 часов (сразу после взятия)	48 часов (после хранения в холодильнике)	P
WBC, ×10 ⁹ /л	6,01 (4–8,4)	6,21 (4,2–8,6)	0,4777
NE%	57,54 (52,36–62,04)	58,59 (52,96–70,01)	0,0293
LY%	38,55 (31,5–48,1)	37,55 (30,5–47,1)	0,4122
MO%	8,52 (4,33–10,59)	6,01 (1,83–8,09)	0,0076
EO%	2,37 (1,46–3,12)	2,94 (2,06–3,72)	0,0198
BA%	0,67 (0,55–0,82)	1,12 (1–1,27)	<0,0001

Таблица 4

Показатели лейкоцитарной формулы группы крови АВ (M ± σ, n = 20)

Показатели лейкоцитарной формулы	0 часов (сразу после взятия)	48 часов (после хранения в холодильнике)	P
WBC, ×10 ⁹ /л	7,21 (5,2–10)	7,43 (5,4–10,5)	0,5138
NE%	57,41 (52,22–62,09)	58,01 (52,82–62,69)	0,4654
LY%	40 (24,8–50)	39,08 (23,8–49)	0,4902
MO%	7,56 (4,66–10,5)	5,06 (2,16–8)	0,0053
EO%	2,36 (1,45–3,12)	2,87 (2,05–3,72)	0,0238
BA%	0,71 (0,54–0,89)	1,16 (0,99–1,34)	<0,0001

Статистические выводы. Независимо от группы крови наблюдаются схожие изменения в лейкоцитарной формуле после 48 ч хранения при температуре 4°C, что выражается в незначительном увеличении общего количества лейкоцитов, увеличении процентного содержания нейтрофилов, снижении процентного содержания лимфоцитов, значительном снижении процентного содержания моноцитов, увеличении процентного содержания эозинофилов и существенном увеличении базофилов.

С точки зрения статистической значимости, изменения общего количества лейкоцитов и процентного содержания лимфоцитов не являются статистически значимыми во всех группах крови, что подтверждается значениями $p > 0,05$. Изменения процентного содержания нейтрофилов статистически значимы только в третьей группе крови В, где $p = 0,0293$. Изменения процентного содержания моноцитов, эозинофилов и базофилов статистически значимы во всех группах крови, что подтверждается значениями $p < 0,05$, причем для базофилов значения p особенно низкие ($\leq 0,0002$), что указывает на высокую статистическую значимость этих изменений.

Наиболее выраженные изменения наблюдаются в содержании моноцитов, которые снижаются на 25–33%, и базофилов, которые увеличиваются примерно в 1,6–1,7 раза. Наименее выраженные изменения отмечаются в общем количестве лейкоцитов, которое увеличивается лишь на 2–3%. Интересно отметить, что группа АВ имеет изначально более высокое общее количество лейкоцитов ($7,21 \times 10^9/\text{л}$) по сравнению с другими группами ($6,01\text{--}6,5 \times 10^9/\text{л}$), однако относительные изменения после хранения

примерно одинаковы во всех группах, что указывает на отсутствие зависимости между группой крови и устойчивостью клеток к хранению.

С клинической точки зрения, несмотря на статистическую значимость некоторых изменений, большинство параметров остаются в пределах, которые не повлияют критически на клиническую интерпретацию результатов. Однако значительное снижение моноцитов и увеличение базофилов может привести к неправильной интерпретации результатов в контексте определенных патологических состояний. Полученные результаты подтверждают рекомендацию проводить анализы в течение 24 ч после забора крови, при хранении образцов при температуре 4°C, для обеспечения максимальной достоверности результатов лабораторных исследований.

Список литературы

1. Вилова Т.В. Информативность интегральных гематологических индексов при оценке иммунного статуса (на примере жителей Архангельской области) / Т.В. Вилова // Журнал медико-биологических исследований. – 2024. – Т. 12. №4. – С. 455–465. – DOI 10.37482/2687-1491-Z213. EDN SAVRUG

2. Шамитова Е.Н. Изучение взаимосвязи биохимического состава слюны и плазмы крови у жителей Чувашии / Е.Н. Шамитова, Е.В. Зотова, Ю.Е. Щеглова // Актуальные вопросы оториноларингологии: материалы Межрег. науч.-практ. конф. – Чебоксары: Чувашский государственный университет имени И.Н. Ульянова, 2020. – С. 147–154. – EDN UURAYT.

3. Шамитова Е.Н. Биохимический контроль реакции организма на повышенную физическую нагрузку / Е.Н. Шамитова, Н.Л. Александрова, К.Н. Михайлова // Научное обозрение. Биологические науки. – 2018. – №2. – С. 27–31. EDN XQZFD

4. Kayadibi H., Acar I.A., Cam S. Stability of complete blood count parameters depends on the storage temperature, storage time, transport position and selected stability criterion. Scandinavian journal of clinical and laboratory investigation. 2020 Jun 28; 80(6) : 470–8. [Electronic resource]. – Access mode: <http://dx.doi.org/10.1080/00365513.2020.1783570>. – EDN VGLVNW

Кудрова Юлия Айдаровна

студентка

Ерзукова Софья Вениаминовна

студентка

ФГБОУ ВО «Чувашский государственный университет им. И.Н. Ульянова»
г. Чебоксары, Чувашская Республика

АУТОАНТИТЕЛА И ЦИТОКИНЫ В ПАТОГЕНЕЗЕ СИСТЕМНОЙ СКЛЕРОДЕРМИИ: ОТ МОЛЕКУЛЯРНЫХ МЕХАНИЗМОВ К КЛИНИЧЕСКОЙ ТЕРАПИИ

Аннотация: системный склероз (SSc) – это редкое заболевание соединительной ткани, характеризующееся васкулопатией, ненормальной активацией иммунной системы с образованием аутоантител и развитием фиброза. В статье рассматриваются современные подходы к лечению SSc, включая использование препаратов метотрексата, тофацитиниба и зиритаксестата. Обсуждается влияние интерлейкина-17 (IL-

17) на патогенез заболевания и роль бродалумаба, ингибитора IL-17, в снижении модифицированной шкалы Роднана (mRss) и толщины кожи. Целью исследования является систематический анализ патогенеза, клинических проявлений и дерматологических изменений, связанных с SSc. Выводы. Исследование роли аутоантител и цитокинов в патогенезе системной склеродермии раскрывает молекулярные механизмы, лежащие в основе развития фиброза и хронического воспаления. Понимание этих процессов позволяет разрабатывать целенаправленные терапевтические стратегии, включая таргетное подавление противовоспалительных цитокинов, блокаду аутоантител и коррекцию иммунных нарушений.

Ключевые слова: системная склеродермия, биомаркер, топоизомераза, шкала Роднана, аутоантитела.

Системный склероз (СС) – это редкое заболевание соединительной ткани, сложный и до конца не исследованный процесс [1]. Фиброз тканей и кожи является основным клиническим проявлением системного склероза и возникает в результате активации и нарушения функции фибробластов. В патогенезе системного склероза важнейшую роль играют фибробласты и факторы их роста: основной фактор роста фибробластов (basic fibroblast growth factor (bFGF)), трансформирующий фактор роста (transforming growth factor (TGFβ1)), тромбоцитарный фактор роста (platelet derived growth factor (PDGF AA)). В условиях SSc происходит патологическая активация данных факторов роста аутоантителами, что приводит к изменению функций фибробластов: они начинают продуцировать во внеклеточную среду факторы роста [1]. В результате происходит непрерывное повреждение жизненно важных органов-мишеней.

При воспалении фибробласты активируются макрофагами, которые стимулируются факторами роста фибробластов (bFGF и PDGF), далее они активно мигрируют к месту повреждения, связываясь с фибриллярными структурами через фибронектин, параллельно синтезируя вещества внеклеточного матрикса. Для фибробласта характерно наличие коллагеназ – ферментов, разрушающих коллаген. Разрушая коллаген и синтезируя новый, фибробласт способствует его перестройке и образованию соединительной ткани в месте повреждения.

Целью исследования является обобщение данных о биохимических аспектах поражения кожи при системном склерозе и оценка эффективности существующих методов лечения кожных проявлений заболевания.

Для достижения этой цели были поставлены следующие задачи: анализ биохимических механизмов фиброза кожи при системном склерозе, описание биохимических изменений, связанных с сухостью и гиперпигментацией кожи при системном склерозе, рассмотрение существующих подходов к лечению поражения кожи при системном склерозе с точки зрения биохимии.

Кожные проявления системного склероза можно выявить и оценить с помощью модифицированной шкалы Rodnan skin score (mRss). Этот метод позволяет оценить степень поражения кожи и различать различные подмножества кожных проявлений при данном заболевании. Применение данного метода позволяет оценить толщину кожи и служит основным показателем результатов в большинстве клинических исследований [2].

Оригинальная оценка была разработана в 1979 году и включает две основные формы системного склероза, которые можно формально классифицировать: 1 – ограниченная кожная форма limited scleroderma (lcSSc), характеризующаяся преимущественно дистальным утолщением кожи и наличием антицентромерных антител; 2 – диффузная кожная форма diffuse scleroderma (dcSSc), при которой наблюдаются диффузные изменения как в дистальных, так и в проксимальных участках кожи, ассоциированные с антителами к топоизомеразе, антителами к полимеразе РНК-III или другими антителами с антинуклеарным рисунком. Антинуклеарные антитела (ANA) обнаруживаются более чем у 90% пациентов с системным склерозом, в то время как антитела к центромеру, антитела к тиреоглобулину (Th), тиреопероксидазе (To) и антитела к топоизомеразе I считаются классическими биомаркерами, выявляемыми у 60% пациентов с этим заболеванием [3]. Эти антитела играют важную роль в определении точных клинических классификаций. Другие аутоантитела, обнаруживаемые у пациентов с системным склерозом, включают антитела, направленные против эндотелия или фибробластов, а также антитела к рецептору ангиотензина II типа 1, рецептору эндотелина-1 типа A, рецептору фактора роста тромбоцитов (анти-PDGFR) и белкам внеклеточного матрикса [3].

Как было отмечено ранее, поражение кожи является одним из основных симптомов системной склеродермии и используется для классификации пациентов в обычной клинической практике на две различные подгруппы: ограниченное поражение кожи (lcSSc), диффузное поражение кожи (dcSSc) [5]. Модифицированная шкала Роднана (mRss) представляет собой валидированный метод для оценки степени поражения кожи при системной склеродермии. Этот инструмент позволяет различать пациентов с ограниченной формой склеродермии и тех, кто страдает от диффузной формой заболевания. Модифицированная шкала Роднана skin score (mRss) представляет собой сумму оценок, полученных при клинической пальпации 17 участков кожи, включая скулы, пальцы, тыльную сторону кистей, предплечья, грудь, живот, бедра, голени и ступни. Толщина кожи оценивается с помощью пальпации и классифицируется по шкале от 0 (нормальная) до 3 (значительное утолщение кожи), с промежуточными значениями 1 (незначительное утолщение) и 2 (умеренное утолщение) [2]. Поражение кожи у пациентов с системной склеродермией существенно влияет на качество жизни, так как может вызывать зуд, депигментацию, отек, тракционные язвы и затруднения при передвижении; однако оно не связано с увеличением смертности. Изначально поражение кожи происходит из-за отека, вызванного микрососудистыми повреждениями и воспалением, а впоследствии – из-за повышенного отложения коллагена. В результате этого кожа утолщается, и ее невозможно зачемять в нормальной кожной складке.

При биопсии кожи у пациентов с системной склеродермией выявляется увеличение толщины дермы и повышенное количество коллагена. Утолщение кожи является универсальным признаком системного склероза и часто требуется для постановки окончательного диагноза [5]. В начальной фазе «опухшего пальца» преобладают воспаление и непрони-

кающий отек рук, которые могут сохраняться в течение нескольких месяцев. Часто сообщаются такие симптомы, как зуд, жгучая боль и эритема. Отек может привести к сдавливанию нижележащих структур, что приводит к распространенным компрессионным невропатиям, таким как синдром запястного канала. Так же наблюдается сухость и дискомфорт кожи. После начинается фиброзная фаза.

Во время этой второй продолжительной фазы развивается фиброз кожи и утолщения, которые начинаются дистальнее пястно-фаланговых суставов и постепенно продвигаются проксимально. Фиброз более глубоких подкожных структур способствуют постоянным контрактурам и снижению подвижности периферических суставов. Может произойти дальнейшая потеря придатков кожи и подкожной жировой ткани (липодистрофия). Окончательная фаза размягчения кожи может возникать через много лет после первоначального проявления. Во время этой фазы кожа, особенно на туловище и плечах, может размягчаться и возвращаться к клинически нормальному виду, хотя лежащая под ней подкожная ткань остается фиброзной. Это ставит под сомнение результаты многих интервенционных исследований.

Для оценки по mRSS важно положение пациента. Все исследуемые участки кожи должны находиться в расслабленном состоянии, чтобы избежать ложной оценки толщины кожи из-за напряжения мышц. Рекомендуется использовать смотровую рубашку или свободную одежду, а также простыни или накидки. Для оценки верхних конечностей, лица и передней части грудной клетки пациенту следует сидеть в расслабленной позе с опущенными вдоль тела руками. При осмотре брюшной полости и нижних конечностей пациенту лучше лечь на спину на смотровом столе или кровати, согнув ноги в тазобедренных суставах под углом 45 градусов и вытянув стопы.

Для определения толщины кожи можно использовать два метода пальпации. Первый метод заключается в аккуратном сжатии кожи указательным и большим пальцами. Второй метод предполагает формирование складки кожи между выступающими краями двух больших пальцев. Этот способ может быть более удобным для участков, где кожа покрывает кость, например, на пальцах и тыльной стороне ладони. Важно учитывать распределение подкожного жира и расположение костно-мышечных структур в различных анатомических областях, так как это может повлиять на оценку толщины кожи. Состояние кожи следует оценивать по тактильным ощущениям, а не по внешнему виду. Например, блестящая или аномально пигментированная кожа не обязательно указывает на ее утолщение [2].

В клинической практике существуют различные методы оценки mRSS, и рекомендуется стандартизировать их в клинических испытаниях. Три основных подхода включают максимальную оценку, репрезентативную область и среднее значение по всей области. Рекомендуется использовать метод «репрезентативной области» или «глобального среднего», так как максимальная оценка может не отражать улучшения в других участках. Например, если максимальная оценка остаётся высокой, несмотря на улучшения в других областях, это может ограничивать чувстви-

тельность к изменениям. Если утолщение кожи не превышает 1 мм, выставляется оценка 1, что также учитывается при расчёте глобального среднего [2].

Оценка состояния каждой отдельной области кожи проводится по шкале от 0 до 3. При mRSS = 0 кожа считается «нормальной», при которой заметны мелкие морщинки, но не видны утолщения кожи. При mRSS = 1 определяется «лёгкая» толщина кожи, при которой можно легко собрать кожу в складки между двумя пальцами; допустимы мелкие морщины. При mRSS = 2 определяется «умеренная» толщина кожи, при которой трудно образовывать складки и отсутствуют морщины. При mRSS = 3 определяется «сильная» утолщенность кожи с невозможностью собрать кожу в складки между двумя пальцами. Эти объективные изменения кожных покровов напрямую связаны с иммунопатологическими процессами, лежащими в основе системной склеродермии (СС).

Заболевание характеризуется дисбалансом иммунной системы, в частности, преобладанием Th17-клеток над Treg (Т-регуляторными клетками). Этот дисбаланс играет ключевую роль в развитии воспаления и фиброза, характерных для СС [1]. Th17-клетки – это подмножество Т-хелперов, которые секретируют цитокины, в том числе интерлейкин-17 (IL-17). IL-17 является мощным противовоспалительным цитокином, который стимулирует выработку других цитокинов и хемокинов, способствующих привлечению и активации иммунных клеток, а также стимулирует пролиферацию и активацию фибробластов, что приводит к фиброзу. Исследования показали, что у пациентов с СС наблюдается повышенный уровень IL-17 в крови и тканях, что коррелирует с тяжестью заболевания и прогрессированием фиброза [3]. Кроме того, IL-17 влияет на другие иммунные клетки, такие как Т-клетки и В-клетки, усиливая воспалительные реакции и способствуя выработке аутоантител. На фоне углубленного понимания этих иммунопатологических механизмов особый клинический интерес представляет сравнительная эффективность различных терапевтических стратегий. Традиционно применяемый метотрексат, который несмотря на свою эффективность, представляет определенную проблему при лечении системной склеродермии, поскольку в некоторых случаях может вызывать воспаление легких, которое можно спутать с интерстициальным легочным заболеванием, связанным с системной склеродермией (SSc-ILD) [5]. Недавно было показано, что тофацитиниб, хотя и не одобрен для лечения СС, более эффективен, чем метотрексат, в снижении mRSS, толщины кожи при ультразвуковом исследовании и симптомов со стороны опорно-двигательного аппарата, а также в снижении экспрессии генов биомаркеров, регулируемых интерфероном [4].

В свою очередь, зиритаксестат, селективный ингибитор малого аутоактина, также продемонстрировал снижение mRSS при СС и рассматривается как многообещающее новое средство, проходящее клинические испытания [4]. В недавнем исследовании была оценена фармакокинетика, безопасность и эффективность бродалумаба у японских пациентов с СС. Бродалумаб представляет собой полностью человеческое моноклональное антитело против рецептора Интерлейкин 17А (IL-17А). У всех иссле-

дуремых пациентов наблюдалось значительное снижение mRss и уменьшение толщины кожи [4]. Поскольку IL-17 способствует пролиферации фибробластов и выработке коллагена, бродалумаб может уменьшать толщину кожи и mRss за счет прямого ингибирования действия IL-17 на фибробласты.

Бродалумаб – это полностью человеческое моноклональное антитело, которое ингибирует активность IL-17, связываясь с его рецептором. Несколько клинических исследований продемонстрировали эффективность бродалумаба в лечении СС. В частности, у пациентов, получавших бродалумаб, наблюдалось значительное снижение модифицированной шкалы Роднана (mRss), которая оценивает степень поражения кожи, а также уменьшение толщины кожи и улучшение других клинических проявлений СС [4]. Механизм действия бродалумаба заключается в прямом ингибировании IL-17, что приводит к снижению воспалительных реакций и уменьшению активности фибробластов. Кроме того, бродалумаб может влиять на другие иммунные клетки, восстанавливая дисбаланс между Th17- и Treg-клетками.

Заключение

Несмотря на наличие традиционных методов лечения системного склероза, кожные проявления заболевания остаются одной из наиболее сложных и болезненных проблем для пациентов. Современные исследования патогенеза системного склероза (СС) выявили ключевую роль аутоантител и цитокиновых сетей в развитии и прогрессировании заболевания. Полученные данные демонстрируют сложное взаимодействие между гуморальными и клеточными иммунными механизмами, приводящее к развитию характерной триады – васкулопатии, фиброза и аутоиммунного воспаления. Важно продолжать работать над созданием новых препаратов, направленных на облегчение симптомов и улучшение состояния кожи.

Список литературы

1. Allanore Y., Simms R., Distler O. [et al.]. Systemic sclerosis // Nat Rev Dis Primers. 2015. Vol. 1. Article 15002. DOI: 10.1038/nrdp.2015.2. EDN YYBTZB
2. Denton C.P., Khanna D. Systemic sclerosis // Lancet. 2017. Vol. 390. No. 10103. Pp. 1685–1699. DOI: 10.1016/S0140-6736(17)30933-9. EDN YEVPGE
3. Di Maggio G., Confalonieri P., Salton F. [et al.]. Biomarkers in Systemic Sclerosis: An Overview // Curr Issues Mol Biol. 2023. Vol. 45. No. 10. Pp. 7775–7802. DOI: 10.3390/cimb45100490. EDN EUATCX
4. Ефремов М.И. Прогноз фармакологической активности гваянолида артабсина / М.И. Ефремов, Е.Н. Шамитова, Н.Е. Гималдинова // Донецкие чтения 2023: образование, наука, инновации, культура и вызовы современности: материалы VIII Международной научной конференции (Донецк, 25–27 октября 2023 года). – Донецк: Донецкий государственный университет, 2023. – С. 220–222. – EDN GLPNVJ\
5. Журавлева Н.В. Трудности диагностики системной склеродермии / Н.В. Журавлева, Е.Н. Шамитова, Н.А. Комелягина // Современная кардиология и вопросы междисциплинарного взаимодействия: материалы Республиканской научно-практической конференции (Чебоксары, 23 мая 2018 года) / под ред. Е.И. Бусалаевой. – Чебоксары: Чувашский государственный университет имени И.Н. Ульянова, 2018. – С. 154–158. – EDN UQWTJS

Мартынова Екатерина Владимировна

канд. мед. наук, ведущий научный сотрудник

ФГАОУ ВО «Казанский (Приволжский) федеральный университет»

г. Казань, Республика Татарстан

DOI 10.31483/r-138758

РОЛЬ УРОВНЯ ЭНДОТЕЛИАЛЬНОГО ФАКТОРА РОСТА СОСУДОВ КАК ПРОГНОСТИЧЕСКИ ЗНАЧИМЫЙ МАРКЕР ТЯЖЕСТИ ГЕМОРРАГИЧЕСКОЙ ЛИХОРАДКИ С ПОЧЕЧНЫМ СИНДРОМОМ

***Аннотация:** геморрагическая лихорадка с почечным синдромом (ГЛПС), вызываемая вирусом Пуумала, характеризуется выраженными нарушениями гемостаза, включая повышенную сосудистую проницаемость и геморрагические проявления. В данном исследовании изучена роль фактора роста эндотелия сосудов (VEGF) в патогенезе ГЛПС. В ходе исследования было проанализировано 228 образцов сывороток больных ГЛПС. Установлено, что концентрация VEGF возрастает более чем в 10 раз уже в лихорадочный период заболевания, оставаясь повышенной в олигурической и полиурической фазах. Определение уровней VEGF, FGF-b и PDGF-bb может служить маркером тяжести эндотелиальной дисфункции и показателем эффективности терапии при ГЛПС.*

***Ключевые слова:** геморрагическая лихорадка с почечным синдромом, фактор роста эндотелия сосудов, VEGF, эндотелиальная дисфункция, сосудистая проницаемость.*

Фактор роста эндотелия сосудов (VEGF) является ключевым регулятором ангиогенеза. VEGF преимущественно вырабатывается эндотелиальными клетками в ответ на повреждение и гипоксию (4). Следовательно, VEGF играет важную роль в выживании эндотелиальных клеток и функционировании гемато-тканевого барьера. Изменения уровня VEGF в сыворотке наблюдаются при патологиях, связанных с повышенной сосудистой проницаемостью вследствие нарушения функции эндотелиального барьера (5).

***Материалы и методы.** В исследовании было обследовано 228 пациентов с ГЛПС. Образцы сыворотки крови были взяты у пациентов с ГЛПС и у здоровых лиц для контроля. Для анализа цитокинов использовались мультиплексные наборы для обнаружения антител на магнитных шариках Bio Plex Pro Human Cytokine 27-plex Panel и Bio Plex Human Cytokine 21-plex Panels (Bio-Rad, Hercules, CA, USA). Анализ данных проводили с использованием программного обеспечения MasterPlex CT control software и MasterPlex QT analysis software (MiraiBio, San Bruno, CA, USA).*

***Результаты и обсуждение.** В предыдущих исследованиях было продемонстрировано, что в плазме крови пациентов с ГЛПС, обнаруживается исключительно изоформа VEGF165, в то время как VEGF121 полностью отсутствует. Эти данные, полученные в результате тщательного анализа биохимических маркеров, свидетельствуют о специфической экспрессии и секреции VEGF в патогенезе данного заболевания (9). Учитывая, что*

VEGF165 является ключевым фактором, способствующим пролиферации и миграции эндотелиальных клеток, можно предположить, что повышенная концентрация данного фактора в сыворотке крови пациентов с ГЛПС может играть значимую роль в поддержании жизнеспособности эндотелия. Факторы роста, в частности VEGF, являются важнейшими регуляторами ангиогенеза, обеспечивая формирование новых кровеносных сосудов в ответ на гипоксию и другие стимулы (3,7).

VEGF также обладает провоспалительными свойствами, способствуя активации макрофагов и, опосредованно, эндотелиальных клеток (11). Это приводит к повышению сосудистой проницаемости и увеличению транссудации белков плазмы в межклеточное пространство, инициируя процесс протеолиза внеклеточного матрикса. В результате данного каскада биохимических реакций создаются благоприятные условия для миграции воспалительных клеток и восстановления поврежденных тканей.

В ходе исследования у пациентов с ГЛПС наблюдалось значительное увеличение концентраций таких факторов роста, как FGF-b, VEGF и PDGF-bb, начиная с лихорадочного периода. Эти показатели превышали контрольные значения более чем в 10 раз и сохранялись на повышенном уровне в олигурическом и полиурическом периодах заболевания. Данный феномен может свидетельствовать о компенсаторных механизмах, направленных на поддержание гомеостаза и восстановление поврежденных тканей в условиях патологического процесса. Высокая активность факторов роста FGF-b, VEGF, PDGF-bb может быть признаком эндотелиальной дисфункции у больных ГЛПС.

Есть данные о влиянии VEGF на проницаемость сосудов и эндотелиальную дисфункцию у пациентов с ГЛПС (12, 6). Отмечается, что VEGF является ключевым регулятором нормального ангиогенеза и играет важную роль в поддержании функции эндотелиальных клеток как барьера между кровью и тканями. Изменения уровня VEGF в сыворотке крови наблюдаются при патологиях, связанных с увеличением сосудистой проницаемости вследствие нарушения функции эндотелиального барьера (5,4). Также указывается, что повышенная продукция VEGF была показана при вирусных геморрагических лихорадках, и предполагается, что у пациентов с ГЛПС (вызванной вирусом Пуумала) повышение уровня VEGF может способствовать увеличению проницаемости сосудов и нарушению функции эндотелия (1, 2). В исследовании выявлено, что уровень VEGF значительно повышался у больных ГЛПС по сравнению с контролем в период олигурии и снижался в полиурическом периоде.

Заключение. Проведенный анализ демонстрирует значительное 10-кратное повышение уровней сосудистого эндотелиального фактора роста (VEGF), фактора роста фибробластов (FGF-b) и тромбоцитарного фактора роста (PDGF-bb) в лихорадочной фазе геморрагической лихорадки с почечным синдромом (ГЛПС), что сохраняется в олигурическом и полиурическом периодах. Эти данные свидетельствуют о стойкой активации ангиогенных и воспалительно-пролиферативных процессов, характерных для данного заболевания. Наблюдаемое снижение уровня VEGF в полиурическую фазу может указывать на активацию репаративных механизмов и начало восстановительных процессов в организме.

Работа выполнена за счет гранта Академии наук Республики Татарстан, предоставленного молодым кандидатам наук (постдокторантам) в целях защиты докторской диссертации, выполнения научно-исследовательских работ, а также выполнения трудовых функций в научных и образовательных организациях Республики Татарстан в рамках Государственной программы Республики Татарстан «Научно-технологическое развитие Республики Татарстан».

Список литературы

1. Ефимов Г.А. Особенности ангиогенеза при геморрагической лихорадке с почечным синдромом / Г.А. Ефимов, А.Ю. Попова, В.В. Малеев [и др.] // Инфекционные болезни. – 2007. – №5. – С. 23–28. EDN IBMTVN
2. Кучерук В.И. Геморрагическая лихорадка с почечным синдромом / В.И. Кучерук, В.Г. Акимкин, В.В. Малеев // Эпидемиология и инфекционные болезни. – 2002. – №4. – С. 25–30
3. Малеев В.В. Клинико-патогенетические особенности геморрагической лихорадки с почечным синдромом / В.В. Малеев, А.Ю. Попова, Л.В. Попова [и др.] // Терапевтический архив. – 2005. – №1. – С. 35–40
4. Ferrara N. Role of vascular endothelial growth factor in the regulation of angiogenesis // *Kidney International*. 1999. Vol. 56. Pp. 794–814.
5. Freedman S.B. Therapeutic Angiogenesis for Coronary Artery Disease / S.B. Freedman, J.M. Isner // *Ann. Intern. Med.* 2002. Vol. 132. Pp. 54–71.
6. Isner J.M. Angiogenesis and cardiovascular disease / J.M. Isner, P. Vale, D.W. Losordo // *Dialogues in Cardiovascular Medicine*. 2001. Vol. 6. №3
7. Krock B.L. Hypoxia-induced angiogenesis: good and evil / B.L. Krock, N. Skuli, M.C. Simon // *Genes & Cancer*. 2011. Vol. 2 (12). Pp. 1117–1133
8. Madeddu P. Therapeutic angiogenesis and vasculogenesis for tissue regeneration // *Experimental Physiology*. 2004. Vol. 90.3. Pp. 315–326
9. Salafutdinov I.I. Differences in the Serum VEGF Are Not Associated with Differences in Cytokine Isoforms in Nephropathia Epidemica / I.I. Salafutdinov, E.V. Martynova, S.F. Khaiboullina [et al.] // *BioNanoScience*. 2017. Vol. 7. Pp. 313–315. DOI: 10.1007/s12668-016-0340-8. EDN XNACCS
10. Sylven C. Angiogenic Gene Therapy // *Drugs of Today*. 2002. Vol. 38 (12). Pp. 819–827.
11. Weis S.M. Pathophysiological consequences of VEGF-induced vascular permeability / S.M. Weis, D.A. Cheresh // *Nature*. 2005. Vol. 437 (7058). Pp. 497–504
12. Zhao F. Protective effects of vascular endothelial growth factor in cultured brain endothelial cells against hypoglycemia / F. Zhao [et al.] // *Metabolic Brain Disease*. 2015. Vol. 30 (4). Pp. 999–1007. DOI 10.1007/s11011-015-9659-z. EDN ATPHSG

Масленников Андрей Викторович¹
канд. биол. наук, доцент, профессор
Масленникова Людмила Анатольевна¹
канд. биол. наук, доцент, профессор
Торутанов Павел Сергеевич²
младший научный сотрудник
Епимахова Карина Андреевна¹
магистрант

¹ФГБОУ ВО «Ульяновский государственный педагогический университет им. И.Н. Ульянова»
г. Ульяновск, Ульяновская область

²Научно-исследовательский центр фундаментальных и прикладных проблем биоэкологии и биотехнологии
ФГБОУ ВО «Ульяновский государственный педагогический университет им. И.Н. Ульянова»
г. Ульяновск, Ульяновская область

DOI 10.31483/r-139098

РАЗРАБОТКА МЕТОДОВ МИКРОКЛОНИРОВАНИЯ ХОЗЯЙСТВЕННО ЗНАЧИМОГО ДЕКОРАТИВНОГО ВИДА КОРДИЛИНЫ КУСТАРНИКОВОЙ (*CORDYLINA FRUTICOSA* (L.) A. CHEV)

Аннотация: в статье рассматриваются подходы к разработке методики микроклонального размножения практически значимого декоративного вида кордилина кустарниковой (*Cordyline fruticosa* (L.) A. Chev) *in vitro*. Работы по отработке методики получения каллусной культуры кордилина успешно проведены в 2024–2025 годах. Из разных видов побеговых эксплантов: верхушечных, стеблевых и корневищных получены каллусные культуры и молодые растения-регенеранты.

Ключевые слова: кордилина кустарниковая, микроклонирование, *in vitro*, фитогормоны, биотехнологические методы, каллус, среда Мурасиге-Скуга.

В последние десятилетия микроклональное размножение растений активно развивается как одно из наиболее перспективных направлений в современной биотехнологии [1, с. 28]. Данный метод позволяет в условиях стерильной среды получать большое количество жизнеспособных, генетически однородных и оздоровлённых растений, что особенно важно для декоративных культур, обладающих высокой коммерческой ценностью [3, с. 69].

Одной из таких культур является декоративная кордилина кустарниковая (*Cordyline fruticosa* (L.) A. Chev) – тропическое растение, характеризующееся привлекательным внешним видом, широким спектром окраски листьев и устойчивостью к условиям помещений [4, с. 76]. Однако традиционные способы её размножения, в частности, вегетативное

деление или укоренение черенков, зачастую сопряжены с низким коэффициентом размножения, длительными сроками укоренения, а также высокой вероятностью инфицирования посадочного материала патогенами [6, с. 91; 7, с. 14]. Учитывая это, применение методов микроклонирования предоставляет неоспоримые преимущества, позволяя интенсифицировать производство качественного посадочного материала, повысить эффективность и массовость размножения и обеспечить стабильное воспроизводство культуры [2, с. 24].

Результаты, полученные в ходе выполнения исследования, обладают практической значимостью, так как могут быть внедрены в биотехнологические лаборатории, тепличные комплексы и специализированные питомники для создания высокоэффективной технологии размножения *Cordyline fruticosa*.

Главной целью нашего исследования было изучение возможности микроклонального размножения кордилины кустарниковой (*Cordyline fruticosa* (L.) A. Chev) *in vitro* для нужд комнатного цветоводства. Для этого были выяснены возможности микроклонального размножения кордилины при помощи разных видов эксплантов в условиях *in vitro*, и был разработан и оптимизирован протокол культивирования и непрерывного получения регенерантов кордилины кустарниковой в стерильных условиях.

Опыт микроклонального размножения и культивирования растений прошлых лет [5, с. 51] помог подобрать условия культивирования и выращивания разных типов побеговых эксплантов кордилины: верхушечных, стеблевых и корневищных на твердых агаризованных средах.

Для отработки протокола микроклонального размножения *in vitro* простерилизованные в 5% гипохлорите натрия верхушечные, стеблевые и корневищные экспланты кордилины были высажены в условиях климатической камеры при температуре +26⁰С и фотопериоде 16 часов свет + 8 часов темнота. Побеговые экспланты культивировались на твердой агаризованной питательной полной гормональной среде Мурасиге-Скуга (MS).

Процесс микроклонального размножения *Cordyline fruticosa* в лабораторных условиях был разделён на несколько последовательных стадий: от отбора и стерилизации эксплантов до акклиматизации регенерированных растений. В ходе исследования были проведены многократные циклы субкультивирования, что позволило получить репрезентативные данные по эффективности каждого этапа.

На первой стадии были отобраны и стерилизованы верхушечные, стеблевые и корневищные экспланты кордилины, после чего их помещали на питательную среду Мурасиге и Скуга, модифицированную добавлением регуляторов роста. Отбор материала производился из вегетативно активных растений, выращенных в комнатных условиях, что обеспечивало стабильные показатели роста и развития.

Стерилизация эксплантов проводилась с учётом особенностей анатомического строения, включая плотность эпидермиса и наличие воскового налёта, которые могли препятствовать проникновению дезинфицирующих веществ.

При использовании среды с содержанием 2 мг/л БАП и 2 мг/л ИУК было отмечено успешное пробуждение меристем и начальная пролиферация побегов. Уже через 14 дней наблюдалась реакция тканей: появление светло-зелёных уплотнений в зоне апекса, свидетельствующих о начале дифференцировки. По прошествии 25 дней на эксплантах формировались зачатки побегов, которые далее активно развивались в течение трёх недель, увеличивая в среднем свою длину на 1–3 мм каждые 7 дней.

На втором этапе была проведена процедура микрочеренкования. В асептических условиях проросшие растения разделили на 2–3 микрочеренка. После чего поместили на свежую питательную среду Мурасиге и Скуга такого же состава.

Кроме того, для дополнительной стимуляции каллусообразования были нанесены насечки. Это способствовало индукции множественных побегов из одной точки роста за счёт активации латентных меристем.

На заключительной стадии образцы опять подверглись замене питательной среды Мурасиге и Скуга во избежание ее истощения и накопления в ней продуктов жизнедеятельности, угнетающих процесс каллусообразования. В этот раз пересадке подверглись не все экспланты, а только лишь те у которых сформировался каллус.

Для пересадки каллусных тканей выбрали наиболее подходящие образцы и вычленили, соответственно, каллусное образование. Данное образование характеризовалось беловато-желтоватым цветом и аморфной формой с неопределенной анатомической структурой (рис. 1).



Рис. 1. Образованный каллус на побеговом экспланте кордилены

После пересадки каллусные образования демонстрировали высокий уровень адаптации к условиям среды и сохраняли стабильный ростовой потенциал. По прошествии 25 дней каллус дал проростки, что говорит об успешном завершении эксперимента.

В ходе исследования было установлено, что успех микроклонального размножения *Cordyline fruticosa* в значительной степени зависит от количественного и качественного состава питательной среды, а также от соотношения фитогормонов, регулирующих процессы морфогенеза. Эти параметры оказывают непосредственное влияние на клеточную дифференцировку, активацию меристематических зон, а также морфогенетический отклик эксплантов на различных стадиях культивирования.

Особое внимание было уделено оптимизации концентраций ауксинов (ИУК) и цитокининов (БАП), которые являются ключевыми факторами, влияющими на индукцию морфогенеза, усиление клеточной делимости и активацию путей регенерации побегов и корней.

В результате эксперимента было определено, что добавление в питательную среду MS повышенной концентрации фитогормонов: 2 мг/л БАП и 2 мг/л ИУК способствует эффективной инициации морфогенеза. Такой состав среды стимулировал пробуждение апикальных меристем, усиливал митотическую активность в зоне апекса и приводил к формированию первичных побегов в течение первых 12–14 дней культивирования.

В конце культивирования формировались прямостоячие, хорошо структурированные побеги с выраженной апикальной доминантой, что позволяло прогнозировать их дальнейшую регенерационную способность. Наблюдалось одновременное увеличение плотности клеточной ткани и скорости деления клеток в зоне экспланта.

Сравнительный анализ с литературными источниками подтвердил полученные результаты, позволив установить определённые закономерности в реакциях различных видов на вариации в гормональном составе среды. Например, *Cordyline terminalis*, описанная в работе 2021 года S. Liu et al [8, с. 101], показала схожие реакции на добавление цитокининов. В частности, БАП в концентрации 1,0 мг/л вызывал усиленную пролиферацию побегов. Однако у этого вида отмечалась меньшая чувствительность к изменению концентраций, и её морфогенетический отклик на высокие дозы БАП был менее выраженным, чем у *Cordyline fruticosa*, где наблюдалось быстрое формирование каллусной ткани и морфологических аномалий побегов (табл. 1).

Таблица 1
Сравнительный анализ микроклонального размножения *Cordyline fruticosa* и *C. Terminalis*

Показатель	<i>Cordyline fruticosa</i> (настоящее исследование)	<i>Cordyline terminalis</i> (S. Liu et al., 2021)
Оптимальная концентрация БАП	2 мг/л	1,0 мг/л
Оптимальная концентрация ИУК	2 мг/л	0,3 мг/л
Среднее число побегов на эксплант	5	4,3
Образование каллуса	Выраженное	Незначительное

Обобщая представленные данные, можно с уверенностью утверждать, что оптимизация фитогормонального баланса является одним из ключевых факторов, определяющих успешность всего процесса клонирования *Cordyline fruticosa*. Она напрямую влияет не только на эффективность стадий регенерации и укоренения, но и на последующую акклиматизацию растений, их физиологическую стабильность и потенциальную жизнеспособность в условиях *ex vitro*.

В целом, полученные данные могут служить основой для внедрения протокола микроклонального размножения *Cordyline fruticosa* в деятельность тепличных хозяйств, ландшафтных и ботанических центров, а также лабораторий, специализирующихся на биотехнологическом размножении ценных декоративных растений.

Список литературы

1. Бутенко Р.Г. Биология клеток высших растений *in vitro* и биотехнология на их основе / Р.Г. Бутенко. – М.: ФБК-Пресс, 1999. – 160 с.
2. Дитченко Т.И. Культура клеток, тканей и органов растений / Т.И. Дитченко. – Минск: БГУ, 2007. – 102 с. EDN TKVDIB
3. Егорова Т.А. Основы биотехнологии: учеб. пособ. для вузов по спец. «Биология» / Т.А. Егорова, С.М. Клунова. – М.: Академия, 2003. – 207 с.
4. Захарченко В.Р. Зимний сад в квартире, доме, офисе / В.Р. Захарченко. – М.: Центрполиграф, 2010. – 254 с. EDN QNOMIV
5. Масленников А.В. Перспективный и хозяйственно ценный вид спилантес огородный (*Acmella oleracea* (L.) R.K. Jansen) как объект клеточных технологий / А.В. Масленников, Л.А. Масленникова // Фундаментальные и прикладные исследования по приоритетным направлениям биоэкологии и биотехнологии: материалы IV Всерос. науч.-практич. конф. (Ульяновск, 20 мая 2021 г.) / редкол.: Е.И. Антонова [и др.]. – Чебоксары: Среда, 2021. – С. 49–55. DOI 10.31483/r-98665. EDN VGBTBV
6. Сааков С.Г. Оранжерейные и комнатные растения и уход за ними / С.Г. Сааков. – Л.: Наука, 1983. – 621 с.
7. Сельскохозяйственная биотехнология / под ред. В.С. Шевелухи. – М., 2003. – 416 с.
8. Liu S. Micropropagation of *Cordyline terminalis* using apical meristem: effects of plant growth regulators and activated charcoal / S. Liu, L. Huang, Y. Zhang, Q. Chen. *Journal of Tropical Horticulture*. 2021. Vol. 60 (2). Pp. 97–104.

Масленников Андрей Викторович¹

канд. биол. наук, доцент, профессор

Масленникова Людмила Анатольевна¹

канд. биол. наук, доцент, профессор

Торутанов Павел Сергеевич²

младший научный сотрудник

Черныш Ольга Михайловна¹

магистрант

¹ФГБОУ ВО «Ульяновский государственный педагогический университет им. И.Н. Ульянова»

г. Ульяновск, Ульяновская область

²Научно-исследовательский центр фундаментальных и прикладных проблем биоэкологии и биотехнологии

ФГБОУ ВО «Ульяновский государственный педагогический университет им. И.Н. Ульянова»

г. Ульяновск, Ульяновская область

DOI 10.31483/r-139099

РАЗРАБОТКА МЕТОДОВ МИКРОКЛОНИРОВАНИЯ РЕДКОГО И ОХРАНЯЕМОГО ВИДА ЯСМЕННОКА ШЕРОХОВАТОГО (*ASPERULA EXASPERATA* V. KRE CZ. EX KLOK.)

Аннотация: в статье рассматриваются подходы к разработке методики микроклонального размножения редкого и охраняемого вида ясенника шероховатого (*Asperula exasperata* V. Krecz. ex Klok.) *in vitro*. Работа по отработке методики получения каллусной культуры ясенника начата в 2024 году. В 2024 и 2025 годах из семенных и побеговых эксплантов *Asperula exasperata* V. Krecz. ex Klok. были получены каллусные культуры.

Ключевые слова: ясенник шероховатый, микроклонирование, *in vitro*, фитогормоны, биотехнологические методы, каллус, среда Мурасиге-Скуга.

Ясенник шероховатый (*Asperula exasperata* V. Krecz. ex Klok.) – редкий эндемичный вид, который находится на северной границе своего ареала и охраняется ряде регионов Среднего Поволжья [4, с. 205].

При введении в культуру растений для сохранения большинства редких и охраняемых видов, относящихся к узколокальным эндемикам и реликтам, часто возникают проблемы с низкой приживаемостью проростков и молодых растений, плохой всхожестью семян, а также высокой зараженностью бактериями, вирусами и грибковыми заболеваниями [1, с. 28]. Поэтому для редких и исчезающих видов необходимо разрабатывать методы их быстрого воспроизводства, чтобы вернуть их в естественные экосистемы и успешно использовать для введения в культуру [2, с. 24].

В этом отношении метод клонального микроразмножения обладает рядом преимуществ по сравнению с традиционными методами размножения [3, с. 69].

При микроклонировании ясенника шероховатого использовались общепринятые методы клонального размножения растений и универсальная твердая агаризованная питательная среда Мурасиге-Скуга, которая благодаря высокому содержанию неорганического азота – одного из ключевых питательных элементов для растений способствует хорошему развитию побеговых эксплантов [5, с. 27]. Азот в этой среде представлен в нитратной и аммонийной формах в оптимальном соотношении: $\text{NH}_4:\text{NO}_3 = 1:3$, что способствует увеличению коэффициента размножения на 30% [6, с. 45].

Для отработки протокола микроклонального размножения *in vitro* редкого и уязвимого вида ясенника шероховатого были высажены семенные и побеговые экспланты в условиях климатической камеры при температуре +26°C и универсальном 16-часовом световом фотопериоде: 16 часов световой день + 8 часов ночь.

В качестве стерилизующего агента был использован гипохлорид натрия (6%), который затем смывался с эксплантов тремя порциями дистиллированной стерилизованной воды. После стерилизации экспланты были высажены на твердую агаризованную среду Murashige-Skuga в стерильных условиях ламинар-бокса.

Посев ясенника шероховатого производился несколько раз в разные сроки и сезоны. Наилучшая выживаемость наблюдалась у пассажа, который высаживался осенью (см. таблицу 1). Первые признаки прорастания семян и адаптации побегов наблюдались через 3 недели.

Таблица 1
Прорастаемость семян ясенника шероховатого на среде Мурасиге-Скуга и их общая всхожесть

Дата высадки семян	Общее число высаженных семян, шт.	Число не проросших семян, шт.	Число набухших и наклюнувшихся семян, не образовавших проростки, шт.	Число проросших семян, образованных полноценными проростки, шт.	Общая всхожесть, %
20.06.2024	16	13	1	2	12,5
09.10.2024	12	10	0	2	16,7

Результаты исследования показали, что общая всхожесть семян, высаженных на твердой агаризованной питательной безгормональной среде Мурасига-Скуга в разные сроки не очень высока и изменяется от 12,5 до 16,7% а в среднем составляет 14,6%, что показывает возможность, но сложность выращивания и размножения этого редкого и ценного лекарственного вида в условиях *in vitro* при использовании семенных эксплантов.

Высадка побеговых эксплантов *in vitro* показала, что общая приживаемость побеговых эксплантов, высаженных на твердой агаризованной питательной полной гормональной среде Мурасиге-Скуга в разные сроки достаточно высока и изменяется от 80,0 до 86,7%, а в среднем достигает 83,4%, что показывает хорошую возможность выращивания и размножения этого редкого и охраняемого вида в условиях *in vitro* при использовании побеговых эксплантов (табл. 2).

Таким образом, культивирование побеговых эксплантов ясенника шероховатого собранных из природных популяций показало, что на бедных меловых субстратах практически все растения этого вида обладают повышенной приживаемостью и побеговые экспланты, высаженные на питательную среду хорошо приживаются (приживаемость в среднем 83,4%) и легко образуют новые побеги, на которых могут закладываться прямо в условиях *in vitro* генеративные органы (бутоны и цветки).

Таблица 2

Приживаемость побеговых эксплантов ясенника шероховатого на среде Мурасиге-Скуга

Дата высадки побеговых эксплантов	Общее число высаженных побеговых эксплантов, шт.	Число не прижившихся побеговых эксплантов, шт.	Число погибших побеговых эксплантов, шт.	Число прижившихся побеговых эксплантов, образовавших полноценные растения, шт.	Общая приживаемость, %
20.06.2024	15	1	2	12	80,0
09.10.2024	15	1	1	13	86,7

Культивирование побеговых эксплантов ясенника шероховатого на среде Мурасиге-Скуга также показало, что образование каллусной ткани практически не происходит. Лишь небольшие полумикроскопические участки каллусной ткани размером до 0,2–0,3 мм образуются в местах отхождения придаточных корней от формирующегося нового растения. Однако такая каллусная ткань не разрастается, и на экспланте сразу начинаются процессы морфогенеза, в результате чего формируется новое растение с характерными для ясенника органами (рис. 1).

В заключение следует отметить, что разработка и оптимизация протокола микрочлониального размножения *in vitro* редкого и охраняемого вида *Aspezuła exaspezuła* V. Krecz. exKlok выявила, что для этого вида характерна твердосемянность и длительные сроки прорастания. Семена ясенника шероховатого, высаженные на твердую агаризованную питательную среду Мурасиге-Скуга (MS), прорастают только через 4 недели и их всхожесть невысока (в среднем 14,6%), что свидетельствует о сложности успешного выращивания и размножения этого редкого и охраняемого вида в условиях *in vitro* из семенных эксплантов.



Рис. 1. А – активный рост экспланта, появление новых побегов и цветов (16 сутки культивирования); Б – общий вид; В – формирование каллуса (пятая неделя культивирования)

Сравнение данных посадки семенных и побеговых эксплантов в разные сроки, показывает, что побеговые экспланты, взятые от взрослых растений ясенника более пригодны для микроклонального размножения, чем семена, так как приживаемость побеговых эксплантов и получение от них новых растений составляет в среднем 83,4%, то есть почти в шесть раз выше, чем получение молодых растений из семенных эксплантов.

При выращивании ясенника шероховатого *in vitro* выяснено, что на питательной среде при типичной концентрации фитогормонов ауксинов и цитокининов в обычной концентрации (ИУК – 0,5 мг/л и кинетин – 1 мг/л) образование полноценного пригодного для микроклонирования каллуса практически не происходит, а идет прямой органогенез, при котором развитие корней и почек происходит из клеток экспланта, что может объясняться с одной стороны, меньшей активностью меристем у данного вида и невозможностью образования каллусов, а с другой стороны, возможной необходимостью подбора других, отличных от применяемых в опыте концентраций фитогормонов, индуцирующих каллусогенез.

Таким образом, данные подтверждают возможность эффективного размножения этого вида в условиях *in vitro*, что может способствовать его сохранению и восстановлению в естественных экосистемах.

Список литературы

1. Бутенко Р.Г. Биология клеток высших растений *in vitro* и биотехнология на их основе / Р.Г. Бутенко. – М.: ФБК-Пресс, 1999. – 160 с.
2. Дитченко Т.И. Культура клеток, тканей и органов растений / Т.И. Дитченко. – Минск: БГУ, 2007. – 102 с. EDN TKVDIV
3. Егорова Т.А. Основы биотехнологии: учеб. пособие для вузов по спец. «Биология» / Т.А. Егорова, С.М. Клунова. – М.: Академия, 2003. – 207 с. EDN QNDNQX
4. Красная книга Ульяновской области / под науч. ред. Е.А. Артемьевой, А.В. Масленникова, М.В. Корепова; Правительство Ульяновской области. – М.: Буки Веди, 2015. – 550 с.
5. Сельскохозяйственная биотехнология / под ред. В.С. Шевелухи. – М., 2003. – 416 с.
6. Тимофеева О.А. Клональное микроразмножение растений / О.А. Тимофеева, Ю.Ю. Невмержицкая. – Казань: Казанский университет, 2012. – 56 с.

Мусалимова Рида Сагитовна
канд. биол. наук, доцент, доцент
Сафиуллин Ильнур Айратович
студент

ФГБОУ ВО «Башкирский государственный
педагогический университет им. М. Акмуллы»
г. Уфа, Республика Башкортостан

ОСОБЕННОСТИ ВЕГЕТАТИВНЫХ РЕАКЦИЙ ПРИ ИСКУССТВЕННОМ РАЗДРАЖЕНИИ ВЕСТИБУЛЯРНОГО АНАЛИЗАТОРА

Аннотация: в статье представлены результаты оценки функциональной устойчивости вестибулярного анализатора по показателям сердечно-сосудистой системы. Полученные данные свидетельствуют о тенденции к повышению артериального давления и частоты сердечных сокращений после нагрузки, что отражает активизацию симпатической нервной системы. Анализ показал, что у девушек наблюдается более высокая степень вестибулярной устойчивости по сравнению с юношами, что подтверждается более высоким процентом лиц с хорошей и отличной устойчивостью.

Ключевые слова: вестибулярная сенсорная система, вестибулярная устойчивость, вращательная нагрузка, реакции сердечно-сосудистой системы.

Вестибулярная сенсорная система, отвечающая за чувство равновесия и ориентацию в пространстве, имеет многочисленные связи с различными отделами центральной нервной системы, и в т.ч. с вегетативной нервной системой. Благодаря этим связям обеспечивается разнообразие рефлексов, возникающих при адекватном раздражении вестибулярных рецепторов. Это тонические рефлексы скелетных мышц шеи, туловища, конечностей, глазных мышц и вегетативные рефлексы внутренних органов – сердца, желудочно-кишечного тракта, сосудов [3; 4]. Поэтому параметры функционирования вегетативной нервной системы могут свидетельствовать о состоянии вестибулярной системы, особенно при ее дисфункциях.

Целью настоящего исследования явилась оценка функциональной устойчивости вестибулярного анализатора по показателям сердечно-сосудистой системы. Объект исследования – студенты, 50 юношей и 75 девушек, не занимающиеся систематически спортом.

Исследование функциональной устойчивости вестибулярного анализатора проводилось путём оценки сдвигов артериального давления и частоты пульса при вращательных нагрузках. У испытуемого до вращения измеряли артериальное давление и троекратно за 10 секунд подсчитывали пульс. Затем испытуемый садился в кресло Барани, опускал голову на грудь и закрывал глаза. Экспериментатор вращал кресло 5 раз за 10 секунд. Сразу же после остановки вращения у испытуемого снова измеряли артериальное давление и троекратно за 10 секунд подсчитывали пульс [2].

По данным, полученным до и после вращательной пробы, оценивали: реакцию сердечно-сосудистой системы – по изменением частоты сердечных сокращений (ЧСС) и артериального давления (АД); состояние вегетативной нервной системы, путём расчёта индекса Кердо (ВИК); вестибулярную устойчивость по методике Н.Н. Лозанова и И.П. Байченко.

Результаты исследования обобщены в таблицах. В качестве основных показателей для сравнительного анализа применяли значение средней величины (М), стандартной ошибки средней величины (m). Для оценки достоверности различий использовали *t*-критерий Стьюдента с определением уровня значимости *p* ($p < 0,05$).

Для оценки вестибулярной устойчивости согласно методике Н.Н. Лозанова и И.П. Байченко берутся значения ЧСС за 10 секундные интервалы времени. Анализ 10-секундных отрезков частоты сердечных сокращений показал, что у юношей и девушек исходный уровень ЧСС не отличался и составил в среднем $13,6 \pm 2,0$ и $13,5 \pm 1,8$ уд./10сек соответственно. После вращательной нагрузки показатели ЧСС увеличились у юношей до $14,3 \pm 2,4$ уд./10 сек, у девушек до $14,0 \pm 2,0$ уд./10 сек. Средний прирост частоты сокращений сердца в ответ на вращательную пробу составил $0,8 \pm 0,9$ уд./10 сек у юношей и $0,6 \pm 1,9$ уд./10 сек у юношей (табл. 1).

В пересчёте на привычные единицы измерения – до вращательной нагрузки средняя ЧСС у участников исследования была на уровне $81,4 \pm 12,3$ уд./мин у юношей и $80,8 \pm 11,0$ уд./мин у девушек. После вращательной нагрузки ЧСС увеличилась до $86,3 \pm 14,6$ уд./мин у юношей, и до $84,2 \pm 12,0$ уд./мин у девушек. Произошло увеличение ЧСС в ответ на вращательную нагрузку у юношей на $4,8 \pm 5,5$ уд./мин, у девушек на $3,4 \pm 1,5$ уд./мин.

Реакция сердца на вращательную нагрузку, как у юношей, так и у девушек была положительной, что является одним из показателей проявления возбуждения со стороны симпатической вегетативной нервной системы.

Систолическое артериальное давление (САД) до вращательной нагрузки у юношей составило $120,3 \pm 12,4$ мм. рт. ст., у девушек – $112,8 \pm 9,9$ мм. рт. ст (табл. 1). После вращательной нагрузки наблюдалось достоверное увеличение ($p < 0,05$) САД до $126,2 \pm 15,8$ мм. рт. ст. у юношей и до $119,6 \pm 14,4$ мм. рт. ст. у девушек. Прирост САД после вращательной нагрузки составил $5,9 \pm 7,7$ мм. рт. ст. у юношей и $6,8 \pm 10,4$ мм. рт. ст. у девушек.

Диастолическое артериальное давление (ДАД) до вестибулярной нагрузки равнялось $73,7 \pm 9,7$ мм. рт. ст. у юношей и $71,0 \pm 8,4$ мм. рт. ст у девушек. У юношей, после нагрузки оно увеличилось до $77,1 \pm 12,1$ мм. рт. ст., у девушек до $75,0 \pm 8,4$ мм. рт. ст. ($p < 0,05$). Прирост диастолического давления после вращательной нагрузки составил $3,4 \pm 5,4$ мм. рт. ст. у юношей и $4,0 \pm 9,0$ мм. рт. ст. у девушек.

У всех испытуемых, как юношей, так и девушек преобладающей реакцией на вращательную нагрузку было повышение артериального давления. Соответственно, такая реакция со стороны артериального давления, отразилось и на изменении показателей пульсового давления (ПД) после вращательной нагрузки. Пульсовое давление до вращательной нагрузки у юношей составило $46,6 \pm 4,7$ мм. рт. ст., у девушек – $41,8 \pm 7,5$ мм. рт. ст.

После нагрузки показатель ПД у юношей достоверно ($p < 0,05$) увеличился до $49,1 \pm 6,7$ мм. рт. ст., у девушек до $44,6 \pm 10,7$ мм. рт. ст. Разница в изменении до и после вращательной нагрузки у юношей составило $2,5 \pm 4,3$ мм. рт. ст., у девушек – $2,8 \pm 8,8$ мм. рт. ст.

Таблица 1
Физиологические показатели в исходном состоянии (покой) и после вращательной нагрузки, $M \pm m$

Показатели	Условия эксперимента		
	покой	вращательная нагрузка	изменение
Частота сердечных сокращений (ЧСС), уд./10 сек юноши девушки	$13,6 \pm 2,0$	$14,3 \pm 2,4$	$0,8 \pm 0,9$
	$13,5 \pm 1,8$	$14,0 \pm 2,0$	$0,6 \pm 1,9$
Частота сердечных сокращений (ЧСС), уд./мин юноши девушки	$81,4 \pm 12,3$	$86,3 \pm 14,6$	$4,8 \pm 5,5$
	$80,8 \pm 11,0$	$84,2 \pm 12,0$	$3,4 \pm 11,5$
Систолическое артериальное давление (САД), мм. рт. ст юноши девушки	$120,3 \pm 12,4^*$	$126,2 \pm 15,8^*$	$5,9 \pm 7,7$
	$112,8 \pm 9,9^*$	$119,6 \pm 14,4^*$	$6,8 \pm 10,4$
Диастолическое артериальное давление (ДАД), мм. рт. ст юноши девушки	$73,7 \pm 9,7$	$77,1 \pm 12,1$	$3,4 \pm 5,4$
	$71,0 \pm 8,4^*$	$75,0 \pm 8,4^*$	$4,0 \pm 9,0$
Пульсовое давление (ПД), мм. рт. ст юноши девушки	$46,6 \pm 4,7^*$	$49,1 \pm 6,7^*$	$2,5 \pm 4,3$
	$41,8 \pm 7,5$	$44,6 \pm 10,7$	$2,8 \pm 8,8$
Вегетативный индекс Кердо (ВИК) юноши девушки	$8,9 \pm 7,5$	$10,2 \pm 7,9$	$1,2 \pm 6,7$
	$11,0 \pm 13,2$	$9,6 \pm 13,6$	$1,4 \pm 14,9$

Примечание: * – достоверность различий между показателями в покое и после вращательной нагрузки ($p < 0,05$).

Артериальное давление и ЧСС в ответ на вестибулярное раздражение у разных людей могут увеличиваться, уменьшаться или оставаться без изменений. Как показали результаты наших исследований, изменение средних величин артериального давления и пульса имели определённую направленность – частота сердечных сокращений и артериальное давление в ответ на вестибулярную нагрузку имели тенденцию к повышению, причём артериальное давление повышалось достоверно ($p < 0,05$).

Для определения исходного вегетативного тонуса, по параметрам, характеризующим состояние сердечно-сосудистой системы, используют вегетативный индекс Кердо (ВИК). При вегетативном равновесии значение ВИК находится в пределах от -10 до +10, при симпатикотонии – более +10, при ваготонии – менее -10 [1]. Значение вегетативного индекса Кердо (табл. 1) у юношей до вращательной пробы составило $8,9 \pm 7,5$, у девушек

– $11,0 \pm 13,2$. После вращательной нагрузки ВИК у юношей увеличился до $10,2 \pm 7,9$, у девушек до $9,6 \pm 13,6$ (разница в показателях составила $1,2 \pm 6,7$ и $1,4 \pm 14,9$, соответственно).

По данным, полученным до и после вращательной пробы, определяли вестибулярную устойчивость по методике Лозанова-Байченко. В качестве показателя принимается разность (отрицательная или положительная) между величинами пульса и АД, до и после вестибулярного раздражения, и по комбинациям изменений АД и ЧСС по специальной таблице оценивается вестибулярная устойчивость в баллах. Оценка ниже 3 баллов говорит о недостаточной функциональной устойчивости вестибулярного анализатора, от 3 до 4,5 балла – о достаточной устойчивости, выше 4,5 балла – об отличной устойчивости [2; 5].

Отличную вестибулярную устойчивость к вращательной нагрузке показали 12,0% девушек и лишь 4,0% юношей. Доля лиц с достаточной устойчивостью вестибулярного анализатора составила среди юношей 44,0%, среди девушек 64,0%. Недостаточная функциональная устойчивость вестибулярного анализатора характерна для 52,0% юношей и 24,0% девушек (табл. 2). Средний показатель вестибулярной устойчивости у юношей составил $2,9 \pm 0,9$, у девушек – $3,6 \pm 1,1$. Средние значения вестибулярной устойчивости девушек свидетельствуют, о достаточной функциональной устойчивости их вестибулярного анализатора, значения юношей имеют пограничные значения между недостаточной и достаточной устойчивостью.

Таблица 2

Показатели вестибулярной устойчивости студентов

Вестибулярная устойчивость	Значения показателя устойчивости	
	юноши (n=50)	девушки (n=75)
Недостаточная устойчивость, %	52,0	24,0
Достаточная устойчивость, %	44,0	64,0
Отличная устойчивость, %	4,0	12,0
Средний показатель вестибулярной устойчивости, $M \pm m$	$2,9 \pm 0,9^*$	$3,6 \pm 1,1^*$

Примечание: – достоверность различий между показателями юношей и девушек ($p < 0,05$).

В целом, можно отметить, что полученные показатели свидетельствуют о некотором различии в вестибулярной устойчивости между юношами и девушками. Девушки по сравнению с юношами имеют более устойчивый к вращательным нагрузкам вестибулярный анализатор.

Список литературы

1. Макаров В.А. Физиология: учебное пособие / В.А. Макаров – М.: ГЭОТАР-МЕД, 2001. – 106 с.
2. Практикум по общей физиологии и физиологии спорта / под ред. А.Б. Гандельсмана. – М.: Физкультура и спорт, 1973. – 152 с.

3. Рохлов В.С. Практикум по анатомии и физиологии человека: учеб. пособ. для студ. пед. учеб. заведений / В.С. Рохлов, В.И. Сивоглазов. – М.: Академия, 1999. – 160 с. – EDN JVQCON

4. Руководство к практическим занятиям по нормальной физиологии: учебное пособие / Н.Н. Алипов, Д.А. Ахтямова, В.Г. Афанасьев [и др.]; под ред. С.М. Будылиной, В.М. Смирнова. – М.: Академия, 2005. – 336 с. – EDN QKNRML

5. Саваневский Н.К. Практикум по физиологии поведения / Н.К. Саваневский, Г.Е. Хомич; под ред. Н.К. Саваневского. – М.: Инфра-М, 2014. – 129 с.

*Прибылова Нина Сергеевна*¹

магистрант

*Фирсова Наталья Викторовна*²

канд. биол. наук, ведущий научный сотрудник

*Антонова Елена Ивановна*²

д-р биол. наук, профессор, директор

*Зимуров Айдар Раилевич*²

лаборант-исследователь, бакалавр

¹ФГБОУ ВО «Ульяновский государственный педагогический университет им. И.Н. Ульянова»
г. Ульяновск, Ульяновская область

²Научно-исследовательский центр фундаментальных и прикладных проблем биоэкологии и биотехнологии
ФГБОУ ВО «Ульяновский государственный педагогический университет им. И.Н. Ульянова»
г. Ульяновск, Ульяновская область

DOI 10.31483/r-138828

КОМПЛЕКСНЫЙ ИММУНОЛОГИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ КРОВИ ДЕТЕЙ РАЗНЫХ ВОЗРАСТНЫХ ГРУПП НА ФОНЕ АЛЛЕРГИЧЕСКИХ РЕАКЦИЙ

Аннотация: в статье отражены показатели клеточного и гуморального иммунитета (специфического и неспецифического) в периферической крови детей разных возрастных групп с аллергических реакций на фоне атопического дерматита.

Ключевые слова: атопический дерматит, иммуноглобулины, фагоцитоз, аллергическая реакция, клеточный иммунитет, гуморальный иммунитет.

Атопический дерматит (АД) – аллергическое иммунозависимое воспаление, развивающееся у лиц с генетической предрасположенностью к атопии и признаками развития вторичного иммунодефицитного состояния, с возрастными особенностями клинических проявлений характеризующиеся, повышением уровня сывороточного IgE и гиперчувствительностью к специфическим (аллергенным) и неспецифическим раздражителям, не-

редко приводящую к инвалидности детей. На протяжении многих десятилетий АД остается одной из важнейших медико-социальных проблем во всем мире [9; 10]. АД имеет сложный патогенез, включающий генетические нарушения, дисфункцию эпидермального барьера, аномальные иммунные реакции, микробный дисбиоз кожи и факторы воздействия окружающей среды. В последнее время роль врожденных иммунных клеток в АД привлекла значительное внимание [9].

Иммунная дисрегуляция играет существенную роль в развитии АД. Одним из отличительных признаков АД является накопление воспалительных клеток в очаге поражения, включая Т-клетки, макрофаги, эозинофилы и тучные клетки. Напротив, непораженная атопическая кожа имеет редкий периваскулярный инфильтрат Т-клеток в дерме [7]. Учитывая, что 85% всех случаев АД проявляется в возрасте 5 лет, этот период может иметь решающее значение не только для развития АД, но и для модификации заболевания [6].

Мононуклеарные и полиморфноядерные лейкоциты участвуют во врожденной защите, быстро действуя против различных агентов. Эти лейкоциты первоначально проявляют хемотаксическую активность посредством миграции к хемотаксическим факторам, а затем в область, где развивается иммунный ответ с последующим фагоцитозом патогенов и выведение инактивированных продуктов.

Тенденция к росту заболеваемости АД по всему миру обуславливает необходимость уточнения патогенеза заболевания и поиска маркеров, обладающих предиктивной ценностью в отношении риска развития заболевания, в том числе у людей с отягощенным семейным анамнезом [12]. Так, в частности отмечается дисбаланс со стороны иммунологических показателей сыворотки крови: снижается относительное количество CD3-, CD8-субпопуляции лимфоцитов, повышается абсолютное количество В-лимфоцитов, снижается уровень иммуноглобулинов классов IgA, IgM, IgG при резко повышенном уровне общего IgE. Значительно снижаются показатели фагоцитоза (ФАН, ФИ и НСТ-тест) и повышается уровень провоспалительного цитокина (IL-1 β) [3; 11]. Показано, что при аллергопатологиях наблюдается снижение доли Т-хелперов, увеличение аутоагрессивных Т-клеток, НК-клеток [1; 9]. Особенно плохо изучена эпидемиология АД у детей раннего возраста, поскольку данная возрастная группа не выделена в федеральных формах статистической отчетности и не была предусмотрена в масштабных международных эпидемиологических исследованиях.

В связи с этим *цель* нашего исследования – провести комплексный иммунологический анализ показателей клеточного и гуморального иммунитета (специфического и неспецифического) в периферической крови детей разных возрастных групп с аллергическими реакциями на фоне АД.

Материалы и методы. Проведено ретроспективное исследование данных, полученных в 2022 году при анализе 60 детей (30 девочек и 30 мальчиков) возрастной категории от 1 месяца до 15 лет с диагностированным АД. Дети были разделены на возрастные группы:

- первая – дети от 1 месяца до 3 лет (n = 14);
- вторая – от 4 до 7 лет (n = 24);
- третья – от 8 до 11 лет (n = 14);

– четвертая – от 12 до 15 лет ($n = 8$).

Определение субпопуляций лимфоцитов: LYM (CD45/SSC), B-LYM (CD19+, CD3-), T-LYM (CD19-, CD3+), Th/T-хелперы (CD3+, CD4+, CD19-) НК-клеток (CD3-, CD16-, CD56+), T-НК (CD3+, CD16+, CD56+) выполнено на мультилазерном проточном цитофлуориметре CyFlow Spase (Partec GmbH, Германия). Результаты анализировали после непрямого окрашивания флуорофорами CD с оценкой бокового рассеяния (SSC – *side scattering*).

Общее количество лейкоцитов определяли на автоматическом гематологическом анализаторе МЕК-6450 (Nihon Kohden, Япония).

Количественную оценку фагоцитарной активности (фаготест) гранулоцитов, моноцитов и макрофагов проводили методом проточной цитофлуориметрии на мультилазерном проточном цитофлуориметре CyFlow Spase (Partec GmbH, Германия) с использованием флуоресцентно меченных *E.coli* в образцах гепаринизированной цельной крови согласно инструкции производителя набора EXBIO IngoFlowEx Kit (ExBio, Чехия). Расчет ФИ и ФЧ проводился по стандартной методике. ФЧ (фагоцитарное число) определялось как процент клеток, поглотивших FITC-меченные *E.coli* оценивали, как фагоцитарную активность. ФИ (фагоцитарный индекс) – средний показатель интенсивности флуоресценции клеток, фагоцитировавших FITC-меченные *E.coli*, соответствует числу поглощенных *E.coli* в клетке – индекс фагоцитоза как показатель уровня активности фагоцитарных клеток.

Статистическая обработка полученных данных и создание графических изображений проводилась с использованием пакета программного обеспечения Prism 8.0.1 (Graphpad, USA) и Excel. Определяли среднearифметическое значение и среднеквадратичное отклонение ($\text{Mean} \pm \text{StD}$), уровень значимости. Использование критерия Шапиро-Уилка (критерий W) для тестирования полученных данных пациентов на соответствие нормальному распределению позволило определиться с выбором непараметрических методов описания и сравнения выборок относительно референсного значения (p -value).

Результаты и их обсуждение. На основании сравнительного анализа между возрастными группами выявлено, что в третьей возрастной группе показатель ФИ (рис. 1А) меньше на 31% ($p = 0,014$), чем в первой возрастной группе и на 21% ($p = 0,01$), чем во второй возрастной группе. В остальных группах статистически значимые отличия не выявлены. В патогенезе АД фагоциты (фагоцитоз) играют значительную роль в связи с их участием в различных типах иммунного ответа и секрецией многочисленных биологически активных соединений. Фагоцитарная активность фагоцитов защиту кожи от бактериальных и грибковых патогенов [4]. Так, в периоде обострения заболевания отмечается значительное снижение показателей ФИ фагоцитов.

Различия в количестве общего числа LYM (CD45/SSC) (рис. 1Б) между анализируемыми возрастными группами выявили, что в третьей возрастной группе показатель меньше на 48% ($p = 0,01$), чем в первой возрастной группе и на 42% ($p = 0,02$), чем во второй возрастной группе. Общее количество LYM (CD45/SSC) в четвертой возрастной группе меньше на 69%

($p = 0,007$), чем в первой возрастной группе и на 65% ($p = 0,005$), чем во второй возрастной группе. На долю лимфоцитов приходится до 50% всех лейкоцитов крови у детей. Лимфоциты являются иммунокомпетентными клетками специфической иммунной системы, обеспечивают иммунитет организм от внешних патогенных факторов и измененных «своих» клеток. Длительное течение лимфопении повышает риск развития заболеваний инфекционного генеза и к активации оппортунистических инфекций и аутоиммунной патологии [2; 13].

Различия количества $B-LYM$ (CD19+CD3-) (рис. 1В) между возрастными группами проявляются в том, что в третьей возрастной группе количество $B-LYM$ (CD19+CD3-) меньше на 76% ($p = 0,0003$), чем в первой возрастной группе и на 72% ($p = 0,01$), чем во второй возрастной группе. Кроме того, в четвертой возрастной группе количество $B-LYM$ (CD19+CD3-) меньше на 78% ($p = 0,006$), чем в первой возрастной группе и на 75% ($p = 0,02$), чем во второй группе. В остальных группах статистически значимые отличия количества $B-LYM$ (CD19+CD3-) не выявлены. В-лимфоциты, являются главными иммунокомпетентными антигенпрезентирующими клетками иммунной системы и играют важную роль в реализации гуморального иммунитета и синтезе антител. Если говорить о клинической ценности оценки содержания в крови $B-LYM$ его роль невелика из-за инертной, замедленной и недостаточно сильной и постоянной его реакции на динамику патологического процесса [5].

Количество $T-LYM$ (CD19-CD3+) (рис. 1Г) между анализируемыми возрастными группами также отлично. Так, в частности, в третьей возрастной группе количество Т-клеток меньше на 56% ($p = 0,03$), чем в первой возрастной группе и на 49% ($p = 0,03$), чем во второй возрастной группе. Кроме этого, в четвертой возрастной группе количество $T-LYM$ (CD19-CD3+) меньше на 75% ($p = 0,02$), чем в первой возрастной группе и на 71% ($p = 0,02$), чем во второй возрастной группе. В остальных группах статистически значимые отличия не выявлены. Снижение абсолютного количества $T-LYM$ в крови свидетельствует об угнетении клеточного иммунитета, в частности о недостаточности клеточно-эффекторного звена иммунитета. $T-LYM$ быстро и одни из первых среди иммунокомпетентных клеток реагируют на начало воспалительного процесса [5].

В четвертой возрастной группе количество Th/T -хелперов (CD3+CD4+CD19-) (рис. 1Д) меньше на 73% ($p = 0,04$), чем во второй группе. В остальных группах статистически значимые отличия не выявлены. Th/T -хелперы являются наиболее многочисленной популяцией Т-лимфоцитов (более 75%), являются главным регулятором почти всех иммунных функций посредством синтеза ряда белковых медиаторов (лимфокины), которые действуют на другие клетки иммунной системы, а также на клетки костного мозга. Стимулируют рост и дифференцировку В-клеток до стадии формирования плазматических клеток. При отсутствии лимфокинов, иммунная система почти парализована, что отражает иммунодефицитные состояния организма. Лимфокины влияют на макрофаги, замедляют или прекращают миграцию макрофагов после их хемотаксического притяжения в область воспаленной ткани. Нарушается влияние на Т-хелперы по принципу обратной связи [8].

Количество *NK* (CD3–16–56+) (рис. 1Е) в четвертой возрастной группе меньше на 52% ($p = 0,007$), чем в первой возрастной группе и на 67% ($p = 0,008$), чем во второй возрастной группе. В остальных группах статистически значимые отличия не выявлены. Снижение уровня *NK*-клеток отражает развитие устойчивого состояния иммунодефицита. *NK*-клетки являются ключевыми компонентами врожденной иммунной системы, участвуют в развитии множества аутоиммунных заболеваний. Увеличение количества *NK*-клеток связано с активацией иммунитета, что является одним из показателей прогрессирования заболевания, свидетельствует о высоком риске хронизации воспалительного процесса, тяжелом течении воспалительных процессов, длительной персистенцией антигена в организме. Выявленная нами стойкая тенденция к снижению данного показателя свидетельствует о проявлении устойчивых состояний иммунодефицита, что усугубляет течение заболевания.

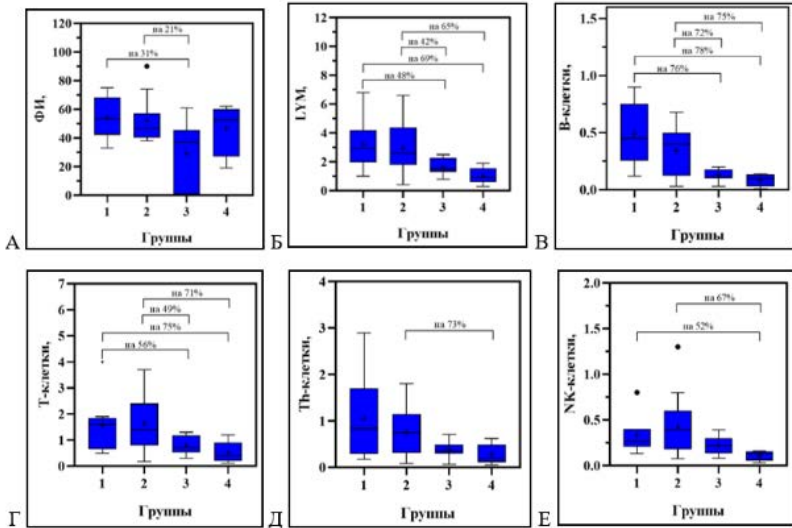


Рис. 1. Показатели ФИ (А), LYM (Б), B-LYM (В), T-LYM (Г), Th (Д) и NK (Е) в исследуемых возрастных группах

Таким образом, у детей в возрасте от 1 месяца до 7 лет статистически значимых изменений со стороны иммунологических показателей периферической крови не выявлено. Тем не менее у них отмечается тенденция к снижению показателей ФИ и общего количества Th/T-хелперов. Сниженные показатели B-LYM и T-LYM в группе мальчиков указывают на состояние формирующегося иммунодефицита.

У мальчиков в возрасте от 8 до 15 лет выявлена тенденция к снижению общего количества B-LYM, T-LYM, Th/T-хелперов и *NK*-клеток. Тогда как у девочек достоверно подтверждается выявленная тенденция только в показателях общего числа T-LYM.

Сравнительный межгрупповой анализ изучаемых показателей выявил самые низкие показатели ФИ у детей в возрасте от 8 до 11 лет, LYM, В-LYM и Т-LYM – у детей в возрасте от 8 до 14 лет. При этом наибольшее снижение проявляет показатель общего числа В-LYM – более 72%, а также общее количество Т-LYM у детей в возрасте от 12 до 15 лет – более 75%. Самые низкие показатели Th/Т-хелперов выявлены у детей в возрасте от 12 до 15 лет в сравнении с соответствующим показателем у детей в возрасте от 4 до 7 лет группой – более 70%. Самые низкие показатели НК-клеток выявлены у детей в возрасте от 12 до 15 лет в сравнении с соответствующими показателями у детей в возрасте от 1 месяца до 7 лет.

Список литературы

1. Экспрессия «неклассических» молекул главного комплекса гистосовместимости при бронхиальной астме и atopическом дерматите / О.С. Боева, В.И. Борисевич, В.С. Аббасова [и др.] // Российский иммунологический журнал. – 2025. – Т. 28. №2. – С. 229–234. – DOI 10.46235/1028-7221-17027-EON. – EDN MTKWL V
2. Ватутин Н.Т. Лимфопения: основные причины развития / Н.Т. Ватутин, Е.В. Ещенко // Архив внутренней медицины. – 2016. – №2 (28). – С. 22–27
3. Уровень иммуноглобулинов в периферической крови у детей различной возрастной группы с клиническим диагнозом atopический дерматит / А.Р. Зимуров, С.Д. Рашитова, Л.Н. Цвилик [и др.] // Фундаментальные и прикладные исследования по приоритетным направлениям биоэкологии и биотехнологии: материалы VI Всерос. науч.-практич. конф. с международным участием (Ульяновск, 22 мая 2023 г.) / редкол.: Е. И. Антонова [и др.] – Чебоксары: Среда, 2023. – С. 183-190. – ISBN 978-5-907688-37-7. – DOI 10.31483/r-107056. EDN KDDZFR
4. Активность фагоцитоза у больных atopическим дерматитом с подтвержденной контаминацией кожи дрожжами рода *Candida* spp. / М.В. Тарасова, И.В. Елистратова, О.Б. Иванченко [и др.] // Патологическая физиология и экспериментальная терапия. – 2020. – №64 (1). – С. 47–53. – DOI 10.25557/0031-2991.2020.01.47-53. – EDN YYYFWO
5. Ярец Ю.И. Интерпретация результатов иммунограммы / Ю.И. Ярец, – Гомель: ГУ «РНПЦ РМиЭЧ», 2020. – 38 с.
6. Chong A.C., Visitsunthorn K., Ong P.Y. Genetic/Environmental Contributions and Immune Dysregulation in Children with Atopic Dermatitis. *J Asthma Allergy*. 2022. 15. Pp. 1681–1700. DOI 10.2147/jaa.s293900. EDN HJADTC
7. Hawerkamp H.C., Fahy C.M.R., Fallon P.G. [et al.]. Proryv: rol' vrozhdennoho immuniteta i bar'yernoy zashchity pri atopicheskom dermatite i psoriaze. *Skin Health Dis*. 2022. 2 (2). 99 p.
8. Kim C.H., Samra M.S. Moderate to severe atopic dermatitis in children: focus on systemic Th2 cytokine receptor antagonists and Janus kinase inhibitors. *Clin Exp Pediatr*. 2024. 67 (2). Pp. 64–79
9. Pan Y., Wang Y., Xu M. [et al.]. The roles of innate immune cells in atopic dermatitis. *J Innate Immun*. 2024. 16(1). Pp. 385–396
10. Riaz B., Islam S.M.S., Ryu H.M., Sohn S. CD83 Regulates the Immune Responses in Inflammatory Disorders. *Int J Mol Sci*. 2023 Feb 1. Pp. 24–30
11. Rojas-Espinosa O., Islas -Trujillo P., Villanueva S. [et al.]. Phagocytosis: A practical approach for evaluating neutrophil function in health and disease. *Modern Research in Inflammation*. 13. 2024. Pp. 9–28. DOI 10.4236/mri.2024.132002. EDN MLT WPD
12. Silverberg J.I., Barbarot S., Gadkari A. [et al.]. Atopic dermatitis in the pediatric population: A cross-sectional, international epidemiologic study. *Ann Allergy Asthma Immunol*. 2021 Apr; 126 (4). Pp. 417–428. DOI 10.1016/j.ana.2020.12.020. EDN HZILPQ
13. Zheng P., Chang X., Lu Q., Liu Y. Cytopenia and autoimmune diseases: a vicious cycle fueled by mTOR dysregulation in hematopoietic Stem Cells. *J. Autoimmun*. 2013; 41: 182–187

Суркова Александра Анатольевна¹

магистрант

Зимнуров Айдар Раилевич²

лаборант-исследователь, бакалавр

Антонова Елена Ивановна²

д-р биол. наук, профессор, директор

Фирсова Наталья Викторовна²

канд. биол. наук, ведущий научный сотрудник

¹ФГБОУ ВО «Ульяновский государственный педагогический университет им. И.Н. Ульянова»

г. Ульяновск, Ульяновская область

²Научно-исследовательский центр фундаментальных и прикладных проблем биоэкологии и биотехнологий

ФГБОУ ВО «Ульяновский государственный педагогический университет им. И.Н. Ульянова»

г. Ульяновск, Ульяновская область

DOI 10.31483/r-138831

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ИММУНОГЛОБУЛИНОВ У ДЕТЕЙ ДО ГОДА БОЛЬНЫХ АТОПИЧЕСКИМ ДЕРМАТИТОМ

Аннотация: анализ аллергенспецифических иммуноглобулинов класса E (IgE) в сыворотке крови детей разного пола в возрасте до года как показатель развития пищевой аллергии на фоне атопического дерматита (на примере детей Ульяновской области) используя различные диагностические тест-системы.

Ключевые слова: аллергия, новорожденные, пищевая аллергия, дети до года, иммуноглобулин, атопический дерматит.

Пищевая аллергия в настоящее время остается серьезной проблемой здоровья детей как всемирного, так и всероссийского здравоохранения. Распространенность аллергических заболеваний во всем мире приобретает огромные масштабы [8]. Чаще всего заболевание проявляется у детей в возрасте до года и в период с 7 до 10 лет, независимо от пола, заметно увеличиваются тяжелые формы аллергических реакций [3]. Высокий уровень заболеваемости, начало в раннем возрасте, частые рецидивы и устойчивость к традиционным методам лечения делают вопросы изучения причин возникновения атопического дерматита (АД) особенно важными. Причины развития заболевания до конца не ясны, но предполагается, что в его основе лежит несколько факторов – нейроэндокринные расстройства, нарушения в работе калликреин-кининовой системы, изменения в продукции и механизме действия катехоламинов, а также нарушения в функции и синтезе Ig [7]. Патогенез АД является многокомпонентным процессом, хотя главную роль в развитии заболевания играют сбои в работе иммунной системы. Пусковым механизмом иммунного ответа при

АД является взаимодействие аллергенов с IgE-антителами на поверхности тучных клеток и базофилов [2].

Интерес к проблеме аллергопатологии у детей раннего возраста растет не только в связи с распространенностью, но и по причине отсутствия единого подхода к терапии, данная проблема усугубляется недостатком лекарственных антигистаминных препаратов, которые разрешены для приема детям в возрасте до 1 года, в связи с этим данная группа пациентов получает только в основном симптоматическую терапию [1]. Учитывая глобальные техногенные изменения в окружающей среде, дебют аллергической патологии, отмечается уже в раннем возрасте. Сегодня хорошо известно, что отправной точкой «аллергического марша» является пищевая аллергия. Рацион питания играет важную роль в становлении здоровья человека на всех этапах детства. Но особенно значимо питание для беременной и кормящей женщины в период, когда ребенок находится в утробе, и в первые два года после рождения [5].

Среди факторов, которые могут объяснить рост распространенности пищевой аллергии в последние десятилетия, в первую очередь следует отметить изменение колонизации микроорганизмами кишечника новорожденных детей за счет отсроченного первого прикладывания к груди матери, докорма молочными формулами в первые часы и дни жизни, ранний перевод на искусственное вскармливание. При этом отмечаются увеличение частоты тяжелых аллергических реакций и все более раннее начало клинических проявлений. Согласно современным представлениям, персонализированный подход к диагностике, дието- и фармакотерапии аллергических заболеваний у детей предусматривает проведение генетических исследований, позволяющих прогнозировать развитие и течение этих болезней, а также эффективность профилактических и лечебных мероприятий. В связи с этим проведение своевременной и квалифицированной диагностики аллергопатологий становится наиболее актуальным. Определенные специфических иммуноглобулинов на сегодняшний день одна из основных диагностик пищевой аллергии и АД [8]. Выявление и количественное определение концентрации свободных аллерген-специфических IgE имеет большое значение при диагностике и исследовании аллергических заболеваний, для выбора адекватной терапии.

В связи с этим *целью* данной работы является анализ методом ИФА аллергенспецифических иммуноглобулинов класса E (IgE) в сыворотке крови детей разного пола в возрасте до года как показатель развития пищевой аллергии при АД (на примере детей Ульяновской области) используя различные диагностические тест-системы (ДТС).

Материалы и методы. Для решения поставленных задач по анализу методом ИФА содержания аллергенспецифических иммуноглобулинов класса E в сыворотке крови (IgE-антител) детей в возрасте до года использовали в сравнительном аспекте ДТС разных производителей. Материалом для исследования служила сыворотка крови детей мужского и женского пола в возрасте от 3 месяцев до 1,4 года. Материал забирали в вакуумные пробирки с активатором свертывания в объеме 4 мл. На стенки для ускорения свертывания крови нанесён активатор образования сгустка (SiO₂-диоксид кремния, также называется clot активатор, clot-activator, AC, кремнезем), который обеспечивает разделение сыворотки и сгустка

до 48 ч без повторного центрифугирования. Затем кровь центрифугировали на центрифуге Allegra X-30R Centrifuge (Beckman Coulter, США), при ускорении 2000–3000 об/мин ротора в течение 15 мин. После центрифугирования отделяли сыворотку для дальнейшего исследования.

В работе использовали две ДТС, условно названные «ДТС №1» и «ДТС №2» разных производителей. Тест системы отличались по этапу пробоподготовки и пределу чувствительности. Работу с наборами ДТС проводили согласно инструкциям производителя.

В каждом образце сыворотки пациента определяли уровень IgE на аллергены:

– домашнюю пыль – в состав которой входят различные аллергены – клещи семейства *Pyroglyphidae*, аллергены животного происхождения (перхоть, перья, шерсть, остатками выделений домашних животных и человека), растительного происхождения (пыльца растений, остатки тканей, одежды, постельного белья), микробного и грибкового происхождения (споры, тела и токсины различных грибов и бактерий) и библиотечная пыль (пылевые частички);

– нативное куриное яйцо – аллергенами нативного куриного яйца являются белки яичного белка, которые могут проявлять аллергенную активность (овальбумин, овомукоид, кональбумин, лизоцим). В желтке также есть IgE-связывающие аллергены, но они обладают значительно меньшей клинической значимостью;

– сорные травы – к аллергенам сорных трав относятся пыльца растений нескольких семейств: маревые, сложноцветные, подорожниковые (амброзия полыннолистная, полынь обыкновенная, марь белая, подорожник, чертополох русский). Аллергены пыльцы сорных трав похожи по своей структуре на аллергены домашней пыли, поэтому довольно часто аллергия на них может встречаться одновременно у одного человека.

Определение IgE в сыворотке крови проводили методом ИФА на ImmunoChem-2100 НТИ (High Technology, США), в основе которого лежит специфическая реакция антиген-антитело. Выявление образовавшегося комплекса проводят с использованием фермента в качестве метки для регистрации сигнала. В работе использовали 96-ти луночные полистирольные планшеты. Чувствительность метода (минимальное выявляемое количество антител или антигена) определяется следующими факторами:

– аффинность антител – предпочтительнее использование моноклональных антител;

– специфическая активность фермента;

– интенсивностью сигнала;

– чувствительностью учета сигнала.

В общей сложности исследования проведены в биологическом материале 21 человека – дети до года мужского (10 человек) и женского пола (11 человек), в возрасте от 3 месяцев до 1,4 года.

Статистический анализ полученных данных проводили с помощью программ Microsoft Excel и GraphPad Prism 10 для статистической обработки с определением среднеарифметического значения и среднеквадратичного отклонения ($\text{Mean} \pm \text{StD}$) с разделением по полу и по группе, а также уровня значимости относительно референсного значения (p -value).

Результаты и их обсуждение. IgE участвуют в возникновении и развитии аллергических реакций. Эти антитела, связывая аллерген, приобретают способность стимулировать выделение базофилами ряда vasoактивных веществ, которые определяют развитие аллергической симптоматики.

Использование в работе «ДТС №2» выявило, что есть ограничения по использованию набора. Так, в частности, отрицательный результат анализа на аллерген-специфический IgE против антибиотиков пенициллина G, пенициллина V, цефалоспорины, ампициллина и амоксициллина не исключает наличия клинической гиперчувствительности к данным аллергенам.

По всей видимости данное заключение связано с тем, что возникновением аллергической реакцией, по 2 типу – не-IgE-опосредованная/зависимая пищевая аллергия или с нарушением процедуры забора образцов крови (до появления специфических IgE в циркуляции или после падения их концентрации). Отрицательный результат анализа на аллерген-специфический IgE против пищевых аллергенов не исключает возможности последующего развития клинической гиперчувствительности по отношению к этим аллергенам.

Также необходимо учитывать, что IgE, специфичные к конкретному аллергену, могут связывать другие схожие по структуре аллергены (например, луговые травы и томат). Это обусловлено наличием общих антигенных детерминант в аллергенах различного происхождения. При постановке диагноза эти обстоятельства должны приниматься во внимание.

При сравнении уровня чувствительности «ДТС №1» и «ДТС №2» (рис. 1) нами выявлено, что на аллерген-специфический IgE на аллергены домашней пыли из 21 проведенного анализа чувствительность совпала в 6 случаях, в одном результате расхождение на 2 единицы, в 14-ти расхождение результатов на единицу. По уровню чувствительности «ДТС №2» выше в сравнении с «ДТС №1».

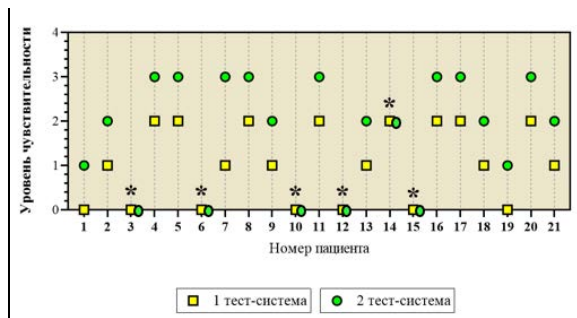


Рис. 1. Содержание аллерген-специфического IgE на аллергены домашней пыли по результатам использования двух диагностических тест систем.

Примечание * – случаи когда обе тест-системы показали один и тот же уровень чувствительности.

Также в сравнительном аспекте отмечается (рис.2), что на аллерген-специфический IgE куриного нативного яйца из 21 проведенного исследования чувствительность совпала в 10 случаях, в 2-х результатах расхождение на 2 единицы, в 9 расхождение результатов на единицу. По уровню чувствительности «ДТС №2» выше в сравнении с «ДТС №1».

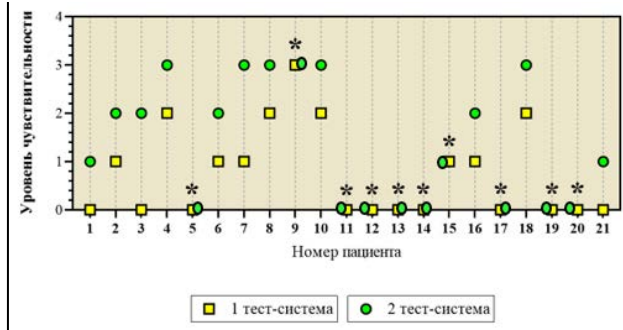


Рис. 2. Содержание аллерген-специфического IgE на аллергены нативного куриного яйца по результатам использования двух диагностических тест систем. Примечание * – случаи когда обе тест-системы показали один и тот же уровень чувствительности.

Сравнительный анализ уровня чувствительности (рис. 3) на аллерген-специфический IgE сорных трав отмечено, что из 21 проведенного исследования чувствительность совпала в 7 случаях, в одном случае расхождение на 2 единицы, в 13-ти случаях расхождение результатов на единицу. По уровню чувствительности «ДТС №2» выше в сравнении с «ДТС №1».

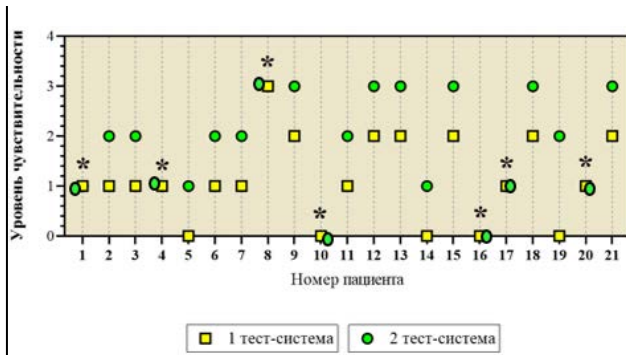


Рис. 3. Содержание аллерген-специфического IgE на аллергены сорных трав по результатам использования двух диагностических тест систем. Примечание * – случаи когда обе тест-системы показали один и тот же уровень чувствительности.

Выявленная нами, в сравнительном аспекте, концентрации свободных аллерген-специфических IgE имеет большое значение при диагностике и исследовании аллергических заболеваний и для последующего выбора адекватной терапии. Так, в частности, на основании полученных данных с помощью «ДТС №1» и «ДТС №2» выявлено, что содержание аллерген-специфического IgE на аллергены домашней пыли, нативного куриного яйца и сорных трав у детей в возрасте от 3 до 16 месяцев значимых статистических различий по полу не выявлено как в случае использования «ДТС №1», так и «ДТС №2».

Необходимо отметить, что отрицательных уровней чувствительности на аллерген-специфический IgE анализируемых аллергенов выявленных «ДТС №1» больше, чем при использовании «ДТС №2» – 22 и 11 соответственно. И наоборот, с помощью «ДТС №2» выявлено больше высоких уровней чувствительности на аллерген-специфический IgE анализируемых аллергенов чем с помощью «ДТС №1» – 2 и 21 соответственно. Полученные результаты в сравнительном аспекте можно объяснить:

- разностью уровня чувствительности. Так, у «ДТС №1» он составляет 50 КЕ/л, тогда как у «ДТС №2» 0,15МЕ/л;

- разностью в длине волны определения концентрации аллерген-специфический IgE. Так у «ДТС №1» длина волны фотометра лежит в пределах 450 нм, тогда как у «ДТС №2» предел длин волн измерения лежит в более широком диапазоне – от 405–450–620 нм;

- в «ДТС №1» использованы моноклональные анти-IgE-антитела, входящие в пероксидазный конъюгат, способный выявлять в сыворотке крови человека антитела класса IgE, которые аффинно взаимодействуют с аллергенами, сорбированными на поверхности полистиролового планшета;

- «ДТС №2» специфична к конкретным аллергенам. В лунках с исследуемыми образцами во время первой инкубации происходит иммобилизация разных молекул IgE, содержащихся в сыворотке крови, на твердой фазе. Если среди них имеются IgE, специфичные к выбранным аллергенам, то одновременно происходит их связывание с биотинилированным аллергеном.

В заключение хочется отметить, что примерно у 30% людей с atopическими заболеваниями уровень общего IgE находится в пределах нормы. Некоторые пациенты с бронхиальной астмой могут иметь повышенную чувствительность только к одному аллергену. В таких случаях общий IgE может быть в пределах нормы, но кожная проба и специфический IgE будут положительными. Обнаружение антител класса IgE, специфичных к определённому аллергену, не означает, что именно этот аллерген вызывает симптомы аллергии. Отсутствие специфического IgE в сыворотке крови не исключает возможности участия IgE-зависимого механизма, так как IgE может синтезироваться местно и вызывать сенсibilизацию тучных клеток даже при отсутствии в кровотоке. Антитела других классов, особенно IgG4, могут давать ложноотрицательные результаты, специфичные для данного аллергена. У некоторых пациентов с АД могут наблюдаться

высокие концентрации общего IgE, что может привести к ложноположительным результатам из-за неспецифического связывания с аллергеном [4].

Повышение уровней общего и специфических IgE в сыворотке крови является важным диагностическим критерием атопической гиперчувствительности и позволяет установить патогенетический вариант АД. Выделяют IgE-опосредованный (extrinsic) тип АД и внутренний (intrinsic) тип АД, который не связан с продукцией IgE и обозначается как не-IgE-опосредованный АД. В большинстве случаев ПА у детей раннего возраста является IgE-опосредуемой. Это иммунологические реакции на пищу, которые возникают без выявления специфических IgE-антител в коже или сыворотке и, следовательно, могут иметь несколько патогенных механизмов. В первые месяцы после рождения у младенцев могут определяться аллергенспецифические IgE, не имеющие диагностического значения [6]. Современные тестовые системы позволяют выявить триггерный фактор, который отвечает за гиперпродукцию IgE. Выявление и количественное определение концентрации свободных аллерген-специфических IgE имеет большое значение при диагностике и исследовании аллергических заболеваний, для выбора адекватной терапии.

Список литературы

1. Ильенкова Н.А. Клиническое наблюдение пациента с реализацией атопического марша / Н.А. Ильенкова, О.С. Коноплева, Л.В. Степанова // Лечащий врач. – 2019
2. Мирзоян В.Л. Атопический дерматит. Алгоритмы диагностики и лечения: учебное пособие / В.Л. Мирзоян, К.И. Разнатовский, К.Н.Монахов. – СПб.: СЗГМУ им. И.И. Мечникова, 2018. – 64 с
3. Особенности диагностики аллергии у детей / Л.С. Намазова-Баранова, М.А. Сновская, И.Л. Митюшин [и др.] // Вестник РАМН. – 2017. – №72 (1). – С. 33–41
4. Рыбникова Е.А. Современные подходы к лабораторной диагностике аллергии – в помощь практикующему врачу / Е.А. Рыбникова, А.П. Продеус, Т.Г. Федоскова // РМЖ. Медицинское обозрение. – 2021. – №1. – С. 43–49. – DOI 10.32364/2587-6821-2021-5-1-43-49. – EDN TLBTZZ
5. Garkaby J., Erov L., Musallam N. [et al.]. The sesame-peanut conundrum in Israel: reevaluation of food allergy prevalence in young children // J Allergy Clin Immunol Pract. 2021. №9. Pp. 200–205
6. Kamemura N., Tada H., Shimojo N. [et al.]. Intrauterine sensitization of allergen-specific IgE analyzed by a highly sensitive new allergen microarray // Allergy Clin Immunol. 2012. 130 (1). 113–121 e112
7. Saini S., Pansare M. New ideas and treatments for atopic dermatitis. // North American Pediatric Clinical Cases. 2019. 66(5). Pp. 1021–1033.
8. Turatbekova K.T., Furtikova A.B., Asheraliyev M.E. National center for maternal and child health // Mother and child health. 2022. №3–4. Pp. 4–11

Торутанов Павел Сергеевич¹

младший научный сотрудник

Зимнуров Айдар Раилевич¹

лаборант-исследователь, бакалавр

Антонова Елена Ивановна¹

д-р биол. наук, профессор, директор

Масленников Андрей Викторович²

канд. биол. наук, доцент, профессор

¹Научно-исследовательский центр фундаментальных
и прикладных проблем биоэкологии и биотехнологии

ФГБОУ ВО «Ульяновский государственный
педагогический университет им. И.Н. Ульянова»

г. Ульяновск, Ульяновская область

²ФГБОУ ВО «Ульяновский государственный
педагогический университет им. И.Н. Ульянова»

г. Ульяновск, Ульяновская область

ВЛИЯНИЕ РАЗНОЙ КОНЦЕНТРАЦИИ ФИТОГОРМОНОВ НА РОСТ КАЛЛУСНОЙ КУЛЬТУРЫ КАРТОФЕЛЯ (*SOLANUM TUBEROSUM*) СОРТА БИОГОЛД

Аннотация: в статье рассмотрено использование метода микроклонального размножения растений в целях ускоренного размножения и введения в культуру картофеля (*Solanum tuberosum*) сорта Биоголд в лабораторных условиях с использованием фитогормонов (Индоллил-3-уксусная кислота и 6-Бензиламинопурин) в различных концентрациях и оценкой показателей клеточного цикла методом проточной цитометрии. По результатам исследования выявлено, что оптимальная концентрация фитогормонов составила 2 мг/л, что проявляется в активном процессе каллусной ткани в ризо- и органогенезе, а также в высоком проценте клеток в G1- стадии клеточного цикла.

Ключевые слова: картофель *Solanum tuberosum*, микроклонирование, размножение, *in vitro*, фитогормоны, биотехнологические методы, каллус, клеточный цикл, проточная цитометрия.

Согласно данным Продовольственной и сельскохозяйственной организации Объединённых Наций, картофель выращивался на территории в 18,1 млн. гектаров в 150 странах мира, общий объём собранного урожая составляет приблизительно 370 млн тонн [2]. Картофель является ведущей культурой для российского сельскохозяйственного производства и играет ключевую роль в обеспечении продовольственной безопасности населения [12]. Кроме того, картофель низкокалорийный продукт, который богат витаминами, минеральными элементами, клетчаткой, устойчив к климатическим изменениям; используется как техническая культура в пищевой, спиртовой, парфюмерной и текстильной промышленности [1; 17; 20]. В планетарном масштабе картофель занимает по значимости четвертое место среди сельскохозяйственных культур после пшеницы, риса, кукурузы и составляет большую долю в рационе людей во всем мире.

В России среднегодовой объем потребления которой составляет 13–14 млн тонн, в переработанном виде – 1 млн, среднее потребление картофеля на душу населения – 112 кг в год [2]. Площади возделывания картофеля на территории России с каждым годом сокращаются, что связано с невысокой средней урожайностью культуры, так как применяются в основном традиционные методы размножения клубненосными побегами, и, как следствие, низкой рентабельностью её выращивания. Так же проблемой является недостаток качественного семенного материала [8; 23].

Существует ряд методов размножения семенного картофеля, которые в настоящее время используются во всем мире, и среди них традиционное производство семенного картофеля, методы выращивания семян в тканевых культурах (микрклональное размножение *in vitro*). Метод микрклонального размножения *in vitro* активно используется для получения здорового посадочного материала сельскохозяйственных и декоративных растений. Метод постоянно совершенствуется с целью повысить скорость роста и выживаемость микроклонов *in vitro* [3; 11]. Метод также широко используется в современной биотехнологии для получения генетически однородного и стерильного посадочного материала [20]. Применение метода культуры тканей для размножения растений картофеля является наиболее значимым [8]. В странах с развитым картофелеводством активно набирает популярность именно данный биотехнологический метод оздоровления и последующего микрклонального размножения в культуре *in vitro*, который является перспективной альтернативой традиционным методам получения семенного картофеля в больших масштабах и за короткое время [21].

Для ускоренного размножения используют каллусную культуру клеток, которая представляет собой неорганизованную пролиферирующую ткань из дедифференцированных клеток, которую можно получить практически из любой живой ткани растения [10]. В основе метода лежит уникальная способность растительных клеток – тотипотентность. А потому, из одной клетки путем дифференциации можно получить полноценное растение – регенерант [4]. Оптимизировав протокол микрклонального размножения, возможно создать и поддерживать резервную коллекцию каллусов с использованием малых затрат и площадей для дальнейшего использования в селекционных и практических целях. Для оценки эффективности подобранных условий определяются показатели клеточного цикла микроклонов [5].

Одним из факторов, определяющих успех в размножении картофеля *in vitro*, является питательная среда, выбор правильного состава среды, концентрации регуляторов роста, витаминов, микроэлементов и других питательных веществ. Оптимизацией состава питательных сред для индукции и размножения побегов картофеля занимаются исследователи по всему миру [6]. Наиболее простой и часто применяемый способ – введение в стандартную питательную среду Мурасиге-Скуга (MS) на этапе размножения *in vitro* регуляторов роста. Растительные гормоны действуют как жизненно важные переключатели в регуляции различных аспектов стадий развития и роста. Так, цитокинины, представляют собой гормоны, стиму-

лирующие рост растений, участвующие в поддержании меристематических клеток, формировании побегов и развитии сосудистой сети, ветвлении корней, контроле апикального доминирования в побеге, развитие хлопчатых и старение листьев [8–10; 13; 18].

Молекулярная характеристика взаимодействия между цитокининами, абсцизовой кислотой (АБК) и ауксином и/или гиббереллинами (ГА) во время формирования органогенеза нуждается в дальнейшем изучении для определения роли гормонов на различных стадиях развития растения. Так, проведены исследования по использованию регуляторов роста цитокининовой природы (безиладенин и изопентениладенин/2-*iP*) при выращивании картофеля сорта Atlantic на среде MS. Отмечено статистически значимое увеличение длины побегов, числа листьев и количества корней в вариантах с 0,5 мг/л 2-*iP* и 1 мг/л ВА, большие концентрации значительно угнетали корнеобразование и замедляли рост побегов [5]. В целом сами цитокинины не влияют на процесс корнеобразования и количество корней, однако под их воздействием в растении вырабатываются эндогенные ауксины, которые затем транспортируются к основанию стебля, где образуются корни. Ауксин – основной растительный гормон, участвующий в различных процессах развития. Помимо биосинтеза и деградации, важным процессом, определяющим пространственное распределение ауксина, является его полярный транспорт и направленный транспорт от клетки к клетке [11]. Наблюдениями других исследователей по включению этих же регуляторов роста в питательную среду MS получены схожие результаты [5; 12].

Сочетание ауксинов с гибберелинами значительно повышает эффективность микрোকлонального размножения: ускоряется развитие корневой системы, увеличивается биомасса, формируется материал для черенкования с повышенной приживаемостью [13]. Для определения оптимальных концентраций и соотношения указанных фиторегуляторов были проведены исследования с различными сочетаниями содержания индолилуксусной кислоты (ИУК) и гиббереллиновой кислоты (ГКЗ) в среде MS. Наилучшая комбинация включала 1 мг/л ИУК и 2 мг/л ГКЗ, при которой достигался максимальный коэффициент размножения картофеля [14].

Для цитометрического исследования каллуса используют метод флуоресцентной проточной цитометрии (FCM) [24; 25]. Данный метод нашел широкое применение в биологии клеток животных, систематике растений, эволюционной биологии, биогеографии, биотехнологии и многих других областях современной науки [16; 19; 22; 24]. Метод основан на использовании флуорохромов которые, специфически связываются с АТ и GC парами ДНК, например, 4',6'-диамидино-2-фенилиндол (DAPI) и бисбензимида (Hoechst 33,258), митрамицин (MI), хромомицин АЗ (CH) и оливомицин (OL) [19]. Для проведения анализа клеточного цикла крайне важно разделять клетки на разных стадиях клеточного цикла для последующего анализа, для изучения механизмов, которые управляют ключевыми процессами клеточного цикла, такими как сегрегация хромосом и репликация ДНК [26].

В связи с этим *целью* нашего исследования является выявить оптимальную концентрацию фитогормонов ИУК (Индолил-3-уксусная кис-

лота) и 6-БАП (6-Бензиламинопурин) для ускоренного размножения картофеля вида *Solanum tuberosum* сорт Биоголд методом микроклонального размножения с последующей оценкой морфологических показателей и показателей клеточного цикла каллуса.

Материалы и методы. *Solanum tuberosum* является многолетним травянистым растением из семейства паслёновых. Взрослое растение картофеля имеет ветвистый стебель и поочерёдно расположенные листья разного размера и формы, от овальной до продолговатой. Размер листьев составляет примерно 10–30 см в длину и 5–15 см в ширину. На созревшем растении белые, фиолетовые или желтовато-зелёные плоды-ягоды. Созревшее картофельное растение может достигать 1 метра в высоту. Картофель выращивается как однолетнее, которое живёт только один вегетационный период [13]. *Solanum tuberosum* являлся источником получения сорта Биоголд [7]. Это растение средней высоты с полупрямым или раскидистым типом роста. Цветки мелкие или средние, белого цвета. Клубни овальной формы с глазками до средней глубины. Кожура и мякоть светло-желтая. Вес клубня 109–147 г, товарность сорта составляет 80 – 95%, а лёжкость достигает 95%. Урожайность варьируется от 213 до 300 центнеров с гектара. Ценность данного сорта заключается в его высокой устойчивости к фитофтозу и полосатой и морщинистой мозаике и иммунитете к таким опасным заболеваниям, как рак картофеля и золотистая картофельная цистообразующая нематода [14].

Культивирование эксплантов. В качестве растительного экспланта были использовали этиолированные стебли и верхушки побегов, содержащие по крайней мере один узел. В работе применялась универсальная питательная среда Мурасиге-Скуга (MS) («Биолот», Россия), которая содержит неорганический азот, как ключевой компонент среды для растений, в соотношении: $\text{NH}_4 : \text{NO}_3 = 1 : 3$, что увеличивает коэффициент размножения на 30% [15]. Питательная среда также содержала 20% сахарозы, 7% агара, и фитогормоны: ИУК и 6-БАП, раствор витаминов (производства «Биолот», Россия). Перед посевом экспланты стерилизовали путем последовательного выдерживались в мыльном растворе, 70% спирте и гипохлориде натрия. Остатки стерилизующих веществ были удалены с помощью трёх промывок в дистиллированной воде. Культивирование культур проводили при температуре +25°C с фиксацией фотопериода – 16 часов света и 8 часов темноты. Этиолированные стебли и верхушки побегов выращивали в питательной среде с различной концентрацией фитогормонов. И в зависимости от концентрации фитогормонов в питательной среде провели 4 закладки:

- 1 группа – безгормональная питательная среда (контроль);
- 2 группа – питательная среда с 1 мг/л ИУК и 6-БАП;
- 3 группа – питательная среда с 2 мг/л ИУК и 6-БАП;
- 4 группа – питательная среда с 3 мг/л ИУК и 6-БАП.

Процесс культивирования с целью получения каллуса продолжался 6 недель (42 дня) до пересадки на новые свежие питательные среды того же состава и концентрации фитогормонов.

Наблюдения за развитием эксплантов проводили еженедельно в течение всего эксперимента для анализа морфологических изменений (появление первых проростков, корней, каллуса).

Клеточный материал для цитометрического исследования был взят на 3-й неделе культивирования каллуса в момент пересадки растения на свежую питательную среду.

Анализ клеточного цикла проводили по уровню иммунофлуоресценции клеток на мультилазерной (мультиплексной) диагностической системе проточной цитофлуориметрии CyFlowSpace (Partec, Германия) с использованием программного обеспечения FlowMax, с учетом параметров значение напряжения, масштаба, нижнего порога значения, скорости анализа. Для исследований использовали синий лазер ($\lambda=488$ нм). Флуоресценция регистрируется в дальней красной области спектра (длиннопропускающий фильтр 650 нм). В работе использовали набор CyStain Pi Absolute (SYSMEX, Германия). Пробоподготовка осуществлялась согласно инструкции к набору с последующим анализом стадии клеточного цикла (G_0/G_1 , S и G_2/M) по содержанию ДНК связанного с красителем, интенсивность флуоресценции которых пропорциональна количеству ДНК.

Статистические методы. Статистическую обработку полученных данных проводили с использованием программы Microsoft Office Excel 2010 и статистического пакета Prism 8.0.1 (Graphpad, США).

Результаты исследования и обсуждения. Появление первых проростков с экспланта отмечено на 2-й неделе культивирования, с активным ростом на последующие сроки культивирования. Так, на 3-й неделе у полученных проростков длина корней составила 4 см, стебля – 2,6 (рис.1, табл.1). Так же отмечены первые признаки образования каллусной ткани. Морфологически, полученный каллус рыхлый, более или менее однородный, с бархатистой поверхностью, с вкраплением светло-зеленых меристематических участков.

При культивировании на среде без гормонов каллусная ткань не образовывалась.

На 3-ей неделе культивирования наиболее активно каллусогенез протекал в третьей группе закладки, при концентрации фитогормонов в питательной среде равной 2 мг/л (рис. 2). Чтобы не допустить гибели клеток из-за истощения питательной среды на 3-ей неделе культивирования, каллусы были пересажены на новую питательную среду того же состава.



Рис. 1. Первые проростки, полученные с эксплантов на третьей неделе культивирования

Таблица 1

Морфологические показатели проростков, полученных из эксплантов и каллусной ткани

Срок культивирования (недели)	Состав питательной среды							
	MS безгормональная		MS + 1 мг/л ИУК, 6-БАП, рр витаминов		MS + 2 мг/л ИУК, 6-БАП, рр витаминов		MS + 3 мг/л ИУК, 6-БАП, рр витаминов	
	Эксл-лант	Кал-лус	Эксл-лант	Кал-лус	Эксл-лант	Кал-лус	Эксл-лант	Кал-лус
1	Произвели посадку эксплантов (этиолированных ростков)							
2	-	-	+	-	+	-	+	-
3	Произвели посадку каллуса							
	+	-	*	-	++	+++	*	-
4	*	-	*	-	++	+++	*	-
5	*	-	++	-			*	-
6	*	-	++	-			*	-

Примечание: «+» – появление проростков; «++» – появление каллуса; «+++» – активный ризо.- и органогенез из каллуса; «*» – рост проростков; «-» – нет проростков.



Рис. 2. Получение каллуса с проростков эксплантов (третья неделя культивирования)

Таким образом, способность каллусных тканей к морфогенезу побегов зависит от соотношения и концентрации регуляторов роста в составе питательных сред и концентрация 6-БАП и ИУК 2 мг/л в нашем исследовании является оптимальной для культивирования *Solanum tuberosum*.

Исследование клеточного цикла каллусной ткани методом проточной цитофотометрии выявило, что от общего количества клеток (42 832) каллуса в G₂-М-стадии клеточного цикла количество клеток составило 42%. Увеличивается количество клеток в G1- и S-стадии клеточного цикла, соответственно активнее протекает процесс полиплоидизации (2n4c) перед митозом. Данные показатели говорят об активности и высокой жизнеспособности каллусной ткани [9], как источника проростков *Solanum tuberosum*.

Так, на рисунке 3 по оси абсцисс (x-axis) гистограммы представлены группы клеток разных уровней плоидности: пик 1 соответствует гаплоидному уровню; пик 2 – диплоидному уровню и обозначает количество делящихся клеток.

На оси ординат (y-axis) показано количество измеренных клеток в каждом классе.

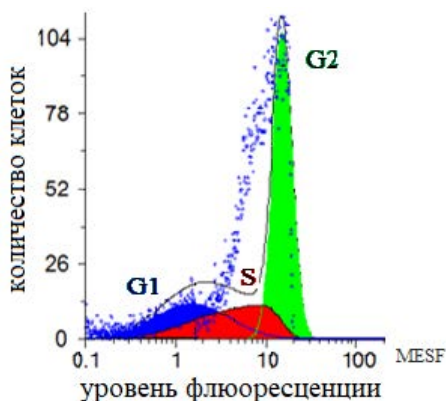


Рис. 3. Гистограмма соотношения фаз клеточного цикла каллусной ткани *Solanum tuberosum* 3-ей исследовательской группы на третьей неделе культивирования

Первые признаки морфогенеза из каллусной ткани были замечены на 6-й неделе культивирования (рис. 4). В ходе ризо- и органогенеза были получены проростки, которые в дальнейшем возможно использовать в размножении картофеля.

Таким образом проведенное нами исследование по оптимизации протокола микроклонального размножения *in vitro* картофеля *Solanum tuberosum* сорта Biogold показало, что молекулярное взаимодействие между цитокининами (6-БАП) и ауксинами (ИУК) при концентрации равной 2 мг/л наилучшим образом стимулирует прорастание как этиолизованных ростков, так и ростков, полученных из каллусной ткани с увеличением доли клеток в G₂-М стадии клеточного цикла.



Рис. 4. Каллус с ризо- и органогенезом *Solanum tuberosum* сорта биоголд 3-ей исследовательской группы на шестой неделе культивирования

Список литературы

1. Алексахина С.А., Сравнительное изучение химического состава и антиоксидантной активности клубней сортового картофеля / С.А. Алексахина, Н.В. Макарова // Химия растительного сырья. – 2022. – №2. – С. 221–231. DOI:10.14258/jcrpm.20220210129. – EDN GENQHP
2. Анисимов Б.В. Мировое производство картофеля: тенденции рынка, прогнозы и перспективы (аналитический обзор) / Б.В. Анисимов // Картофель и овощи. – 2021. – №10. – С. 3–8. DOI: 10.25630/PAV.2021.45.71.008. – EDN OQKWFB
3. Анципович В. Депонирование национальной коллекции картофеля / В. Анципович // Наука и инновации. – 2019. – №6 (196). – С. 12–16 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=38514904> (дата обращения: 02.06.2025). – EDN UFCSUG
4. Бутенко Р.Г. Биология клеток высших растений *in vitro* и биотехнологии на их основе / Р.Г. Бутенко. – М.: ФБК-Пресс, 1999. – 160 с.
5. Бутенко Р.Г. Культура изолированных тканей и физиология морфогенеза растений / Р.Г. Бутенко. – М.: Наука, 1964. – 272 с.
6. Васильченко Е.Н. Технология создания реституционных линий сахарной свёклы / Е.Н. Васильченко // Вестник ВГАУ. – 2018. – Вып. 1 (56). – С. 42–50
7. Государственный реестр селекционных достижений, допущенных к использованию. – Т. 1. Сорты растений. – М.: Росинформагротех, 2022.
8. Ерёмченко О.А. Риски реализации комплексной научно-технологической программы, направленной на развитие селекции и семеноводства картофеля в Российской Федерации. / О.А. Ерёмченко, О.В. Черченко // Экономика науки. – 2018. – №4 (3). – С. 175–197. DOI: 10.22394/2410-132X-2018-4-3-175-197. – EDN YMQQJV
9. Коломиец О.О. Цитометрический анализ плоидности и пролиферации клеток у растущих *in vitro* линий овощных культур / О.О. Коломиец, И.В. Павлова, С.В. Глушен // Генетика. – 2015. – Т. 10. – С. 116
10. Способы получения безвирусного картофеля *in vitro* / Р.В. Папихин, Г.М. Пугачева, С.А. Муратова, Н.С. Чусова [и др.] // Наука и образование. – 2020. – Т. 3. №1. – С. 88
11. Технология протопластов и соматическая гибридизация картофеля – современное состояние и перспективы (обзор) / О.Б. Поливанова, А.С. Егорова, А.Б. Сиволапова, С.В. Горюнова // Аграрная наука Евро-Северо-Востока. – 2023. – №24 (1). – С. 7–19. DOI: 10.30766/2072-9081.2023.24.1.7-19. – EDN QLNZXP

12. Продовольственная и сельскохозяйственная организация Объединенных Наций. Продукты животноводства и сельскохозяйственных культур [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.fao.org/home/ru> (дата обращения: 06.06.2025).

13. Актуальные направления развития селекции и семеноводства картофеля в России / Е.А. Симмаков, Б.В. Анисимов, С.В. Жевора [и др.] // Картофель и овощи. – 2020.

14. Сорта картофеля [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://potato.professors-home.ru/about> (дата обращения: 02.06.2025)

15. Тимофеева О.А. Клональное микроразмножение растений / О.А. Тимофеева, Ю.Ю Невмержицкая – Казань: Казанский университет, 2012. – 56 с.

16. Основные этапы разработки и применения метода проточной цитометрии в ФГУ РНИЦПХТ / А.С. Ягунов, А.В. Карташев, С.В. Токалов, Л.Н. Киселева // Вопросы онкологии. – 2008. – Т. 54. №4. – С. 494–497. EDN JVSUZB

17. Campos H. (eds.) *The Potato Crop: Its Agricultural, Nutritional and Social Contribution to Humankind* / H. Campos, O. Ortiz. Cham: Springer, 2020

18. Doležel J. (1995). Sex determination in dioecious plants *Melandrium album* and *M. rubrum* using high-resolution flow cytometry / J Doležel, W. Göhde. *Cytometry* 19:103–106. <https://doi.org/10.1002/cyto.990190203>

19. Doležel J. Flow cytometry with plants: an overview. In: J. Doležel, J. Greilhuber, J. Suda (eds) *Flow cytometry with plant cells*. Weinheim: Wiley-VCH, 2007. DOI: 10.1002/9783527610921.ch3. EDN SSMBLJ

20. George E.F. Micropropagation: uses and methods. In: George E.F., Hall M.A., De Klerk G.-J. (eds) *Plant propagation by tissue culture*. Dordrecht: Springer, 2008. Pp. 29–64. DOI: 10.1007/978-1-4020-5005-3_2

21. Mohapatra P.P. Tissue Culture of Potato (*Solanum tuberosum* L.): A Review. *International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences*. 2017; 6(4): 489–495. DOI: 10.20546/ijcmas.2017.604.058

22. Pellicer J. The application of flow cytometry for estimating genome size and ploidy level in plants. In: Besse P. (ed) *Molecular plant taxonomy: methods and protocols*. Totowa, NJ: Humana Press, 2014. Pp. 279–307. DOI: 10.1007/978-1-62703-767-9_14

23. Pradana O.C.P., Maulida D., Andini S.N. Micropropagation of potato (*Solanum tuberosum* L.). Atlantic on various culture media composition. *International Conference On Agriculture and Applied Science (ICoAAS)*. 2020. Pp. 27–34. DOI: 10.25181/icoaas.v1i1.2006. EDN GALMRV

24. Robinson J.P. Principles of flow cytometry. In: *Flow Cytometry with Plant Cells*. – Weinheim: Wiley-VCH, 2007. Pp. 19–40. DOI: 10.1002/9783527610921.ch2

25. Suda J., Kron P., Husband B.C., Trávníček P. Flow cytometry and ploidy: applications in plant systematics, ecology and evolutionary biology. *Flow cytometry with plant cells*. Weinheim: Wiley-VCH, 2007. P. 103–130. DOI:10.1002/9783527610921.ch5

26. Wear E.E., Concia L., Brooks A.M., Markham E.A., Lee T.J., Allen G.C. Isolation of plant nuclei at defined cell cycle stages using EdU labeling and flow cytometry. *Plant Cell Division: Methods and Protocols*, 2016. Pp. 69–86

Федоров Даниил Александрович

магистрант

ФГАОУ ВО «Национальный исследовательский университет ИТМО»

г. Санкт-Петербург

DOI 10.31483/r-139138

О ВОЗМОЖНОСТИ СОЗДАНИЯ ПРЕПАРАТА, ЗАМЕДЛЯЮЩЕГО ЕСТЕСТВЕННОЕ СТАРЕНИЕ, НА ОСНОВЕ РНК-ИНТЕРФЕРЕНЦИИ

Аннотация: в статье высказана гипотеза о возможности создания препарата, замедляющего естественное старение, на основе РНК-интерференции.

Ключевые слова: *NOS3-intron-4-VNTR*, *ecNOS4a/4b*, *27bp VNTR intron4* гена *NOS3*, модель Гомпертца, ген *NOS3*, фермент *NOS3*, *eNOS*, скорость старения.

Прошло уже несколько лет после того, как FDA (*Food and Drug Administration*, Управление США по контролю за лекарствами и пищевыми продуктами) одобрил патисиран (коммерческое название – *Onpatro*, «Онпаттро»), который стал первым одобренным этой организацией препаратом на основе РНК-интерференции. Сейчас работы по созданию препаратов, действующим веществом которых являются малые интерферирующие РНК, ведутся во многих странах, в том числе и в России, разрабатываются всё новые инновационные средства доставки РНК, но можно ли, используя данную технологию, в ближайшие годы создать по-настоящему инновационный препарат, замедляющий естественное старение человека? Скорее всего, ответ на данный вопрос утвердительный, и, более того, уже, в общих чертах, понятно, как это можно сделать.

Ранее автором настоящих тезисов, на данных, полученных О.С. Глотовым в работе [2], было показано, что гипотеза о случайном характере возрастания частоты генотипа 5./5 (или в других обозначениях 4b/4b) 27bp VNTR intron4 гена *NOS3* (*ecNOS4a/4b*) с возрастом у мужчин отвергается при уровне значимости 0,01 [9], [8]. Достоверность разности между выборочными долями генотипа 5./5 у мужчин 75 лет и старше и в группе новорожденных мальчиков составила более 0,99 [6]. Точный критерий Фишера составил 0,032 [6]. Следует сказать, что при малых или не очень больших выборках, точный критерий Фишера, как правило, «излишне осторожен» [1, с.62]. Уже в [6] было отмечено отсутствие противоречия данных результатов с выводами, сделанными в [13], так как в [13] исследовали ассоциации с долголетием других полиморфных сайтов гена *NOS3* (двух SNP в промоторе и в седьмом экзоне этого гена). В работе же [2], данными которой, с любезного разрешения автора, пользовался автор настоящей работы, исследовался полиморфный сайт в 27п.о. 4/5 в 4 интроне этого гена.

Позже, в тезисах [10], автором настоящей работы было показано, что скорость старения (показатель G в модели Гомпертца) у мужчин в группе С с генотипом 5./5 (или в других обозначениях 4b/4b) 27bp VNTR intron4

гена *NOS3* меньше, чем в целом по группе С. И ничего удивительного в этом нет, так как генерация оксида азота в кровеносных сосудах млекопитающих при старении имеет очень большое значение [3] и именно этот минисателлит ассоциирован с сердечно-сосудистыми заболеваниями [7] (хотя, стоит сказать, что в некоторых работах, например, в [12] связь с сердечно-сосудистыми заболеваниями 27bp VNTR intron4 гена *NOS3* (ecNOS4a/4b) наблюдалась лишь у мужчин). Но не смотря огромную важность *NOS3* для организма человека [3], которая по достоинству оценена врачами-гериатрами (см., например, [4]) и важность снижения концентрации оксида азота при реабилитации [5], большинство исследований даже не рассматривало ген *NOS3* в качестве гена кандидата на ген, ассоциированный с долголетием (в качестве примера можно привести работу [14]) или исследовали другие полиморфные сайты этого гена [13], что теперь представляется не совсем разумным.

Не исключено, что выявленные в Северо-Западном регионе России существенные половые различия в ассоциации с долголетием ecNOS4a/4b гена *NOS3*, а также половые различия в ассоциации этого минисателлита с рядом заболеваний в некоторых популяциях (см., например, [12]) связаны с тем, что в посттрансляционных модификациях *NOS3*, вероятно, участвуют эстрогены [11]. Автором настоящей работы также неоднократно (см., например, [6]) отмечалось, что ассоциация с долголетием по исследуемому в минисателлиту гена *NOS3* у женщин если и есть, то выражена существенно слабее [6].

У автора нет никаких оснований не доверять данным, полученным О.С. Готовым при написании работы [2], да и собственным расчётам, но всё же стоит, для начала, проверить повторяемость результатов другими исследователями, при этом необходимо провести анализ ДНК группы пожилых мужчин разного возраста, а также провести анализ данных так, как это сделано автором настоящей работы, например, в работах [9] и [10]. При этом группу новорожденных иметь не обязательно [6]. Стоит сказать, что при выполнении работы [2] её автором применялись следующие реактивы: ферменты, биопрепараты: акриламид, бис-акриламид, ЭДТА, бычий сывороточный альбумин, персульфат аммония, протеиназа К (фирма «Sigma» США), ТЕМЕД, додецилсульфат натрия, трис-HCl (фирма «Serva», ФРГ), 2-меркаптоэтанол (фирма «Ferah», ФРГ), дезоксинуклеотидтрифосфаты, тритон X100, хлорид натрия, хлорид магния, сульфат аммония, персульфат аммония, ферменты рестрикции: Tth111I, BstDEI, HinfI, MspI, Bsc4I, («Сибэнзим»), термостабильная ДНК-полимераза («Сибэнзим», г. Новосибирск), набор для амплификации, нуклеотидтрифосфаты («Сибэнзим», г. Новосибирск), олигонуклеотидные праймеры («Литех», г. Москва), набор реагентов для анализа генетической предрасположенности к онкозаболеваниям (ПФ-биочип) («БИОЧИП-ИМБ», г. Москва) [2]. Характеристика изученных полиморфных вариантов генов и последовательности олигопраймеров были приведены в таблице 5 из работы [2] (здесь это таблица 1, которая представляет собой часть таблицы 5 из работы [2]).

Список олигонуклеотидных праймеров использованных для проведения ПЦР [2]

Ген, локализация	Полиморфизм	Структура праймеров 5' < > 3'
NOS3 (7q35–36)	Полиморфный сайт в 27п.о. 4/5 в 4 интроне	F: AGGCCCTATGGTAGTGCCTT R: TCTCTAGTGTGTGGTCAC

Для амплификации использовался программируемый термоциклер фирмы «ДНК-технология» (Москва). Условия проведения ПЦР были представлены в таблице 6 из работы [2], в которой также очень подробно изложена вся методика проведения экспериментов.

Но даже и такое относительно несложное и недорогое исследование требует определённого финансирования, которое, к сожалению, полностью отсутствует.

Список литературы

1. Ван дер Варден Б.Л. Математическая статистика / Б.Л. Ван дер Варден; пер. с нем. Л.Н. Большева; под ред. Н.В. Смирнова. – М.: Изд-во иностранной лит-ры, 1960.
2. Глотов О.С. Анализ полиморфизма генов сердечно-сосудистой системы и системы детоксикации в различных возрастных группах Санкт-Петербурга: специальность 03.00.15: дис. ... канд. биол. наук / Олег Сергеевич Глотов. – СПб., 2007. – 188 с. – EDN NOUQDN.
3. Кулева Н.В. Значение различных путей генерации оксида азота в кровеносных сосудах млекопитающих при старении / Н.В. Кулева, Д.А. Федоров, И.Е. Красовская // Цитология. – 2018. – Т. 60. №1. – С. 5–13. – DOI 10.31116/tsitol.2018.01.01. – EDN YMYTМК.
4. О возможности использования нитрит-редуктазной системы млекопитающих в гериатрической практике при лечении сердечно-сосудистых заболеваний / Н.В. Кулева, Д.А. Федоров, Л.М. Лавут, И.Е. Красовская // Специалист здравоохранения. – 2017. – №14. – С. 29–30. – EDN ВІКРУN.
5. Савельева И.Е. Концентрация оксида азота периферической крови и показатели кислородного гомеостаза мышечной ткани в восстановительном периоде инсульта / И.Е. Савельева // Паллиативная медицина и реабилитация. – 2006. – №3. – С. 26–27. – EDN MJBQXD.
6. Федоров Д.А. Элементы возможной методики статистической обработки экспериментальных данных при поиске генотипов ассоциированных с долголетием / Д.А. Федоров // В мире научных открытий. – 2015. – №12–1 (72). – С. 274–283. – EDN VHAVZF.
7. Федоров Д.А. Сердечно-сосудистые заболевания, долголетие мужчин, проживающих в Северо-западном регионе России, и полиморфизм в четвёртом интроне гена NOS3 / Д.А. Федоров // Специалист здравоохранения. – 2019. – №20. – С. 37–38. – EDN AOGVQN.
8. Федоров Д.А. Борьба с ложноотрицательными результатами при поиске генотипов, ассоциированных с долголетием (на примере NOS3-intron-4-VNTR) / Д.А. Федоров // Гены и клетки. – 2020. – Т. 15. № S3. – С. 151. – EDN EMPKFJ.
9. Федоров Д.А. Проверка гипотезы о случайном характере увеличения с возрастом частоты генотипа 5/5 27bp VNTR intron4 гена NOS3 у мужчин Северо-западного региона России с помощью непараметрического парного критерия знаковых рангов / Д.А. Федоров // Фундаментальные и прикладные исследования по приоритетным направлениям биозологии и биотехнологии: сборник материалов VI Всероссийской научно-практической конференции с международным участием (Ульяновск, 22 мая 2023 года) / гл. ред. Е.И. Антонова. – Чебоксары: Среда, 2023. – С. 99–102. – DOI 10.31483/r-107114. – EDN FSLUKE.
10. Федоров Д.А. Показатель G в модели Гомперца у мужчин зависит от генотипа по NOS3-intron-4-VNTR? / Д.А. Федоров // Фундаментальные и прикладные исследования по

приоритетным направлениям биоэкологии и биотехнологии: сборник материалов VII Всероссийской научно-практической конференции (Ульяновск, 28 мая 2024 года). – Чебоксары: Среда, 2024. – С. 45–48. – DOI 10.31483/r-112064. – EDN SHXQDG.

11. Dudzinski D., Michel T. Life History of eNOS: Partners and Pathways // Cardiovasc Res. 2007; 75 (2): 247–260. doi:10.1016/j.cardiores.2007.03.023. EDN IMXEJD

12. Matyar S., Attila C., Acarturk E. [et al.]. eNOS gene intron 4 a/b VNTR polymorphism is a risk factor for coronary artery disease in Southern Turkey // Clinica Chimica Acta. 2005. 354. Pp. 153–158. doi:10.1016/j.cccn.2004.11.022

13. Montesanto A., Crocco P., Tallaro F. [et al.]. Common polymorphisms in nitric oxide synthase (NOS) genes influence quality of aging and longevity in humans // Biogerontology. 2013. Vol. 14. Pp. 177–186. doi.org/10.1007/s10522-013-9421. EDN SDQCOD

14. Soerensen M., Nygaard M., Debrabant B. [et al.]. No Association between Variation in Longevity Candidate Genes and Aging-related Phenotypes in Oldest-old Danes. Experimental Gerontology. 2016. 78. Pp. 57–61. doi:10.1016/j.exger.2016.03.001

Фирсова Наталья Викторовна¹

канд. биол. наук, ведущий научный сотрудник

Казанцева Татьяна Николаевна²

магистрант

Ленгесова Наталья Анатольевна¹

канд. биол. наук, доцент, заведующая кафедрой,
ведущий научный сотрудник

Антонова Елена Ивановна¹

д-р биол. наук, профессор, директор

¹Научно-исследовательский центр фундаментальных
и прикладных проблем биоэкологии и биотехнологии

ФГБОУ ВО «Ульяновский государственный
педагогический университет им. И.Н. Ульянова»

г. Ульяновск, Ульяновская область

²ФГБОУ ВО «Ульяновский государственный

педагогический университет им. И.Н. Ульянова»

г. Ульяновск, Ульяновская область

DOI 10.31483/r-138740

ВЛИЯНИЕ DMSO-КРИОПРОТЕКТОРА НА БИОЛОГИЮ ФИБРОБЛАСТОВ КОЖИ ЧЕЛОВЕКА В КУЛЬТУРЕ IN VITRO

Аннотация: в данном исследовании проведен анализ влияния различных периодов DMSO-криоконсервации на морфофункциональные характеристики дермальных фибробластов.

Ключевые слова: клеточные технологии, фибробласты, DMSO, криоконсервация, размораживание.

Криоконсервация клеток является важным инструментом в современной биологии и медицине, позволяющим сохранять клетки и ткани для последующего использования в фундаментальных исследованиях, клинической практике, а также в репродуктивных технологиях животных, включая сохранение генетического материала исчезающих видов. Криоконсервация биологического материала для научных исследований позволяет создать банк клеточных линий, обеспечивает поддержание исходного морфотипа клеточной линии с сохраняемыми морфологическими и функциональными показателями таковых *in situ* [7]. С коммерческой точки зрения, доступность криоконсервации биологического материала обеспечивает длительную сохранность и возможность транспортировки биологического материала с контролируемым качеством и безопасностью.

Прогресс, достигнутый в оптимизации условий культивирования различных типов клеток, до сих пор несопоставим с уровнем исследований о влиянии процедур криоконсервации – хранения-размораживания на клетки. Различные криопротекторы и длительность консервации могут оказывать существенное влияние на биологию клеток в культуре [5]. Основные направления фундаментальных исследований в этой области заключаются в подборе криопротекторов и техники криоконсервации, включая этап выведения клеток из гипобиоза.

На сегодняшний день в зависимости от задач исследования и практического применения размораживаемых клеток для краткосрочного хранения биоматериала используются низкотемпературные холодильные камеры на -80°C , а для длительного хранения – сосуды Дьюара с парами или жидким азотом с поддержанием температуры на уровне -196°C . В то же время если сохранность жизнеспособности клеток при температуре -196°C доказана многочисленными исследованиями, то работы по изучению влияния длительности хранения при других низкотемпературных режимах является актуальным направлением в поиске оптимальных условий хранения биоматериала. Известно, что хранение замороженной культуры клеток при -80°C является субоптимальным по сравнению с хранением в жидком азоте, так как период хранения ограничивается несколькими месяцами, в течение которых отмечается постепенное снижение жизнеспособности клеток [8]. В случае отсутствия необходимости длительного хранения, а также учитывая риск инфицирования биоматериала микоплазмой, актуальным является более глубокий анализ изучения биологии клеточной линии в условиях криоконсервации при температуре -80°C . Одним из наиболее часто используемых криопротекторов является диметилсульфоксид (DMSO), который применяется в протоколах криоконсервации как для краткосрочного, так и долгосрочного хранения биоматериала. DMSO оказывает более щадящее действие на структуру и функции клеток, быстро проникает в клетки, минимизируя осмотический стресс, а его концентрация в диапазоне 5–10% не является токсичной [4]. В то же время влияние DMSO на биологию клеток, в частности фибробластов кожи человека, остается недостаточно изученным. В связи с этим целью настоящей работы является проведение оценки влияния длительности хранения на жизнеспособность криоконсервированных дермальных

фибробластов человека в DMSO-криопротекторе с термостатированием температурного режима -80°C .

Материалы и методы. Материалом для исследования служили экспланты кожного лоскута (область ареолы) после проведения реконструктивной и пластической хирургии в «ВМ-клиник». Кожные лоскуты погружались в заранее приготовленную транспортировочную среду и доставлялись в лабораторию клеточных технологий НИЦ ФППББ ФГБОУ ВО «УлГПУ им. И.Н. Ульянова». Этапы выделения, протокол и условия культивирования описаны ранее [3].

Криоконсервацию и размораживание клеточных линий дермальных фибробластов проводили по протоколу, описанному ранее [3].

Хранение замороженных клеточных линий дермальных фибробластов проводилось с использованием морозильной камеры (Haier, Китай), настроенной на -80°C (Thermo Fisher Scientific, США). Кривовials каждой группы размораживались в соответствии со сроком хранения.

Морфологический анализ и оцифровку полученных цитологических препаратов клеточной линии дермальных фибробластов в каждой исследуемой группе проводили через 7 суток после размораживания по протоколам, описанным ранее [3]. Для иллюстрации полученных результатов использовано программное обеспечение Prism9 (GraphPad, США).

Результаты и их обсуждение. В течение 7 дней после выведения из DMSO-криоконсервации клеточная линия дермальных фибробластов в группе *CulTh1* представлена 70% (Рис. 1А), в группе *CulTh2* – 65% (рис. 1Б), а в группе *CulTh3* – 55% (Рис. 1В) конфлюэнтным монослоем. Следует отметить увеличение погибших клеток в группе *CulTh2* и, особенно, в группе *CulTh3*, которые в световой микроскоп выглядят в виде темного скопления дебриса. Кроме этого, наблюдается увеличение разреженности клеток и снижение скорости заселения культурального флакона по мере увеличения срока хранения криоконсервированных клеток.

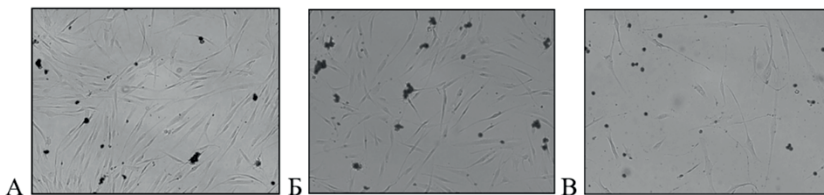


Рис. 1. Культура клеток фибробластов в группах *CulTh1* (А), *CulTh2* (Б) и *CulTh3* (В). Увеличение: ок. 10; об. 20

Известно, что DMSO-криоконсервация влияет на все структурные компоненты клеток, в том числе ядра. По литературным данным известно, что при криоконсервации в клетках происходит термодинамическая дестабилизация ядрышковых компонентов, денатурация ключевых ядрышковых белков (нуклеофозмин, фибрилларин), нарушение жидкофазной сепарации ядрышковых субкомпарментов [1; 6]. Нами выявлено, что после DMSO-криоконсервации в течение 2 и 4 недель снижается количество клеток с 6 ядрышками и увеличивается количество клеток с 2–4 ядрышками (Рис. 2А, Б). В группе с DMSO-криоконсервацией в течение 6 недель

снижается не только количество клеток с 5 и 6, но и с 4 ядрышками, с одновременным увеличением количества клеток с 2 ядрышками (рис. 2B). Что свидетельствует о снижении синтетической активности клеток по мере увеличения времени DMSO-криоконсервации.

Полученные нами экспериментальные данные свидетельствуют о наличии выраженной корреляции между продолжительностью DMSO-криоконсервации и изменением морфофункциональных характеристик дермальных фибробластов. Наблюдаемые изменения носят временной зависимый характер и проявляются в изменении формы клеток (от веретенообразной к округлой), уменьшении количества ядрышек, снижении количества отростков, что в совокупности свидетельствует о снижении пролиферативной и синтетической активности, нарушении адгезивных свойств дермальных фибробластов.

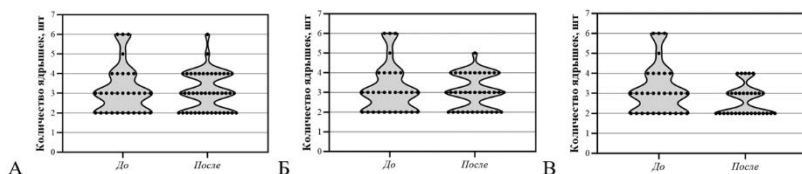


Рис. 2. Количество ядрышек в клетках до DMSO-криоконсервации (До) и после DMSO-криоконсервации (После) в группах *CulTh1* (А), *CulTh2* (Б) и *CulTh3* (В)

Список литературы

1. Гринчук Т.М. Влияние криоконсервации на стабильность кариотипа трансформированных фибробластов легкого китайского хомячка *in vitro* / Т.М. Гринчук, М.А. Шилина // Цитология. – 2021. – Т. 63. №1. – С. 63–73. DOI 10.31857/S0041377121010053. EDN VYZZGU
2. Фибробласты дермы в фокусе современной косметологии: старение и ответ на косметологические процедуры / Л.В. Кирсанова, Е.Р. Аравийская, М.Г. Рыбакова [и др.] // Consilium Medicum. – 2024. – Т. 26. №8. – С. 541–549
3. Влияние длительности хранения криоконсервированных культивированных клеток кожи человека на их жизнеспособность / Н.В. Фирсова, В.А. Савельева, Н.А. Ленгесова [и др.] // Фундаментальные и прикладные исследования по приоритетным направлениям биоэкологии и биотехнологии: сборник материалов VI Всероссийской научно-практической конференции с международным участием / гл. ред. Е.И. Антонова. – Чебоксары: Среда, 2023. – С. 160–167. DOI 10.31483/r-106721. EDN BYMDDL
4. Ekpo M.D., Boafu G.F., Xie J. [et al.]. Strategies in developing dimethyl sulfoxide (DMSO)-free cryopreservation protocols for biotherapeutics // Front. Immunol. – 2022. – 13:1030965
5. Gao D. [et al.]. Mitochondrial dysfunction in cryopreserved fibroblasts: Role of antioxidants // Free Radical Biology and Medicine. – 2022. – №180. – P. 1–10
6. Guan H., Jia C.Y., Chen B. [et al.]. Influence of different thawing temperature on the morphology and type I collagen metabolism of the human fibroblasts processed at – 10 degrees C *in vitro* // Zhonghua Shao Shang Za Zhi. – 2005. – №5. – P. 370–373
7. Humphrey S., Brown S.M., Cross S.J. Defining skin quality: clinical relevance, terminology, and assessment // Dermatol Surg. – 2021. – Vol. 47. №7. – P. 974–981. DOI 10.1097/dss.0000000000003079. EDN LXXGLG
8. Rabin A.H., Kim C.K. A brief review of applications of antifreeze proteins in cryopreservation and metabolic genetic engineering // Biotech. – 2019. – №9 (9) : 329.

ПЕДАГОГИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ПРЕПОДАВАНИЯ ДИСЦИПЛИН ЕСТЕСТВЕННОНАУЧНОГО ЦИКЛА

Ашырова Джерен

студентка

Научный руководитель:

Косякова Яна Сергеевна

старший преподаватель

ФГБОУ ВО «Донской государственный
технический университет»

г. Ростов-на-Дону, Ростовская область

ДИДАКТИЧЕСКИЙ ПОТЕНЦИАЛ МЕЖДИСЦИПЛИНАРНЫХ СВЯЗЕЙ ПРИ ФОРМИРОВАНИИ СКВОЗНЫХ ЕСТЕСТВЕННО- НАУЧНЫХ ПОНЯТИЙ У ОБУЧАЮЩИХСЯ В РАМКАХ РЕАЛИЗАЦИИ ПРОЕКТНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ В МНОГОПРОФИЛЬНОМ ВУЗЕ

***Аннотация:** в статье предпринята попытка рассмотреть применение междисциплинарных связей (МДС) в условиях развития диалектического мышления обучающихся при реализации проектной деятельности в многопрофильном вузе. Основное внимание в работе уделено анализу дидактических возможности МДС при формировании интегративных естественно-научных понятий на примере конкретного проекта благодаря применению метода случайной выборки, методам описания, анализа, синтеза и кластеризации.*

***Ключевые слова:** межпредисциплинарные связи, дидактический потенциал, диалектическое мышление, сквозные естественно-научные понятия, многопрофильный вуз, проектная деятельность, учебно-исследовательский проект.*

Актуальность применения междисциплинарных связей (МДС) в условиях развития диалектического мышления обучающихся при реализации проектной деятельности в многопрофильном вузе не вызывает сомнений ввиду того, что диалектическое мышление подразумевает под собой не только понимание всеобщности связей в научной картине мира, но и некое профессиональное умение демонстрировать диалектику отношений осваиваемых дисциплин (модулей) и диалектику самого процесса познания. И становится очевидным тот факт, что данное умение возможно сформировать только с применением междисциплинарного подхода в рамках проектной деятельности, а не в замкнутой среде определенной научной области.

МДС вызывают пристальный научный интерес педагогов, психологов, ученых естественнонаучной области уже не одно десятилетие. Отметим, что МДС является одной из стержневых проблем в общей дидактики и по-

разному осмысливались в научном мире. Так, Н.А. Умов рассматривает МДС как фактор возбуждения «мысленной самостоятельности» исследователя. В.Н. Федоров вкладывает в МДС сущностные характеристики определенного «дидактического условия», а П.Г. Кулагин, в свою очередь, рассматривает МДС как «принцип обучения», Н.С. Антонов – как «дидактическое средство интеграции знаний». Л.М. Кирюшин в некотором роде синтезирует все предыдущие точки зрения и определяет МДС как «средство уменьшения дублирования и дидактическое условие» [1]. В настоящем исследовании МДС рассматривается и как необходимое педагогическое условие, усиливающее познавательный интерес и активность обучающихся, интегрирующее, систематизирующее информацию из разных модулей, увеличивающее ее емкость, и как фактор, развивающий и активизирующий профессиональное мышление обучающихся, усиливающий его критичность, масштабность и самостоятельность [2].

Основная цель данной статьи – проанализировать дидактические возможности МДС при формировании интегративных естественно-научных понятий в рамках проектной деятельности у обучающихся многопрофильного вуза.

В качестве материала для исследования были использованы учебные проекты, выполненные обучающимися 1 курса на темы междисциплинарного характера, которые предусматривали включение сквозных естественно-научных понятий. В основе данного исследования лежит метод случайной выборки при отборе анализируемого материала, методы описания, анализа, синтеза и кластеризации.

Рассмотрим дидактический потенциал МДС при формировании сквозных естественно-научных понятий на примере одного проекта. Проект «Термин «морфология». Система образованных от него и связанных с ним терминов: междисциплинарный подход». Термин «морфология» (от др.-греч. Μορφή «форма» + λόγος «учение») – наука о формах, если рассматривать обобщенно. Так, в лингвистике, например, данному термину соответствует следующая дефиниция: раздел грамматики, который изучает слова естественных языков, их значимые части и морфологические признаки. В контексте биологии морфология – это наука о форме и строении организмов; геоморфология рассматривает рельефе суши, дна океанов и морей, а атематическая морфология, в свою очередь, рассматривает теорию и технику анализа и обработки геометрических структур, основанную на теории множеств, топологии и случайных функциях.

Образованное от понятия «морфология» морфофункциональный (дословно «морфе» – «образ», «форма»; «функцию» – «функция») находит широкое применение в естественнонаучном знании. Так, в биологии термин «морфофункциональный» применяется для описания характеристик организма, связанных с его структурой и функционированием. Например, «морфофункциональные функции организма» подразумевает комплекс взаимосвязанных процессов, которые определяют, как строение органов и тканей соотносится с их физиологической деятельностью, или «морфофункциональные единицы» есть повторяющиеся обособленные части ор-

гана (от отдельных клеток до долей), способные выполнять те же функции, что и сам орган. В области медицинского знания термин «морфофункциональный» используется, например, для изучения связи структуры и функции органов, тканей, клеток. Это помогает понять механизмы развития патологических процессов и процессов регенерации (например, в контексте «морфофункционального состояния левого желудочка») [3; 5]. Таким образом, оценки морфофункционального состояния тканей при различных заболеваниях. Данные таких исследований расширяют понимание причин патологий и способствуют выбору эффективной тактики.

В области селекции и животноводстве этот термин применяется при отборе и разведении животных, чтобы учитывать их продуктивность, здоровье и приспособленность к конкретным условиям среды. В физической культуре и спорте термин «морфофункциональный» применяется для описания характеристик, которые влияют на двигательную деятельность. Например, физические качества – врождённые морфофункциональные свойства, благодаря которым возможна физическая активность человека (мышечная сила, быстрота, выносливость, гибкость, ловкость). Или термин «морфофункциональное развитие» имеет следующую дефиницию: процесс становления, формирования и изменения на протяжении жизни индивидуума морфофункциональных свойств его организма и основанных на них физических качеств и способностей.

В сфере педагогики и образования данный термин зачастую используется для определения индивидуальных особенностей учеников и разработки подходящей методики обучения [4].

Таким образом, термин «морфология» и образованное от него «морфофункциональный» находят свое применение в достаточно широком спектре знаний, в частности, гуманитарная область находится в тесном соприкосновении с естественно научной областью благодаря наличию в этих областях сквозных терминов.

Далее в проекте рассматривается связь этих понятий с «морфологическим исследованием» (рис. 1).



Рис. 1. Связь с «морфологическим исследованием»

Таким образом, обучающий потенциал МДС заключен в создании определенных педагогических условий для развития стойкого познавательного интереса и активности обучающихся в рамках проектной деятельности. Именно проектная деятельность дает возможность систематизировать информацию из разных областей знаний, установить прочную связь с дисциплинами на протяжении всего периода обучения благодаря внедрению сквозных естественно-научных понятий в ходе осуществления учебно-исследовательской деятельности обучающихся многопрофильного вуза.

Список литературы

1. Бондаренко Е.В. Научный потенциал студента – ведущая тенденция в современном медицинском образовании / Е.В. Бондаренко, Л.Я. Хоронько // Мир науки. Педагогика и психология. – 2023. – Т. 11. №4. – EDN CWJNLT
2. Бондаренко Е.В. Симуляционное обучение как ведущее направление развития медицины / Е.В. Бондаренко, Л.Я. Хоронько // Мир науки. Педагогика и психология. – 2022. – Т. 10. №3. – EDN DNSMVI
3. Изменение морфофункционального состояния левого желудочка у пациентов с артериальной гипертензией и нарушением диастолической функции на фоне длительной терапии эпросартаном / Е.В. Осипов, И.И. Ануфриев, С.А. Затонский, М.И. Нажева // Медицинский вестник Юга России. – 2010. – №1. – С. 44–47. – EDN ONUFEN
4. Применение современных технологий симуляционного обучения как инновационного метода профессиональной подготовки врачей. отношение обучающихся / Е.В. Осипов, И.И. Ануфриев, С.С. Саркисян [и др.] // Развитие образования. – 2024. – Т. 7. №4. – С. 28–34. – DOI 10.31483/г-112786. – EDN HQSOOO
5. Осипов Е.В. Язвенный колит, тотальная форма, рецидивирующее течение с формированием глюкокортикостероидной зависимости / Е.В. Осипов, Г.Н. Леонова, А.И. Дубкова // Воробьевские чтения. Научные труды XI научно-практической конференции молодых учёных. – Ростов н/Д., 2025. – С. 90–95. – EDN IUZIQZ

Бекетова Марина Андреевна

преподаватель

Димитровградский инженерно-технологический институт
ФГАОУ ВО «Национальный исследовательский ядерный университет
«МИФИ»

г. Димитровград, Ульяновская область

**ИГРОВЫЕ ТЕХНОЛОГИИ КАК СРЕДСТВО
ФОРМИРОВАНИЯ ТЕРМИНОЛОГИЧЕСКОЙ
КОМПЕТЕНТНОСТИ У ОБУЧАЮЩИХСЯ СПО
ПО СПЕЦИАЛЬНОСТИ «ТЕХНОЛОГИЯ
АНАЛИТИЧЕСКОГО КОНТРОЛЯ
ХИМИЧЕСКИХ СОЕДИНЕНИЙ»**

Аннотация: в статье рассматривается роль игровых технологий в формировании терминологической компетентности обучающихся СПО по специальности химического профиля.

Ключевые слова: игровые технологии, терминологическая компетентность, технологическая карта, образовательный процесс, обучающиеся.

В современном профессиональном образовании важной целью является освоение специализированной лексики. Термины играют многогранную роль в процессе формирования профессионала: на этапе обучения они служат источником знаний и инструментом для приобретения профессиональных навыков, а в профессиональной деятельности становятся средством общения и теоретической основой для развития, благодаря их расширению и актуализации. Таким образом, уверенное знание терминологии в определенной области традиционно считается признаком успешного освоения учебной программы, а активное использование терминов в профессиональной среде способствует взаимопониманию и эффективному сотрудничеству при обмене опытом. Современные педагоги признают, что терминологическая компетентность необходима для успешной профессиональной деятельности [2].

Подтверждением актуальности вопроса формирования терминологической грамотности у студентов СПО являются трудности, связанные с недостаточной осведомленностью в профессиональной лексике, с которыми столкнулись обучающиеся 3 курса специальности «Технология аналитического контроля химических соединений» техникума ДИТИ НИЯУ МИФИ. В октябре по междисциплинарному курсу «Основы качественного и количественного анализа природных и промышленных материалов» был проведен терминологический диктант по теме: «Титриметрический анализ», по итогам которого было выявлено, что грамотно написали такие термины как «бюретка», «индикатор», «титрант», «аликвота» и др. всего лишь 31% обучающихся, а также 19% студентов и вовсе не справились с заданием (рис. 1).

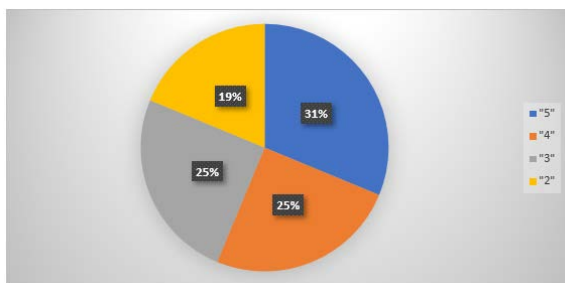


Рис. 1. Результаты терминологического диктанта по теме «Титриметрический анализ», октябрь 2024 года

Специфика преподавания химических дисциплин в учреждениях среднего профессионального образования диктует особые условия. Активное применение инновационных педагогических подходов и методов развивающего обучения оказывает значительное влияние на креативность пре-

подавателя, а также на результативность учебного процесса. Преподаватель выступает уже не просто транслятором знаний, а как организатор самостоятельной, исследовательской и творческой деятельности студентов. Его задача – не только способствовать самостоятельному освоению знаний, анализу информации, но и ее применению в практических ситуациях.

При обучении химии важно учитывать: начальный уровень знаний студентов, разнородность подготовки из-за разных школ и программ, профессиональную ориентацию предмета и необходимость развития навыков самостоятельной работы для формирования компетентного специалиста. Педагог, применяющий современные образовательные технологии, должен понимать, что методика преподавания химии – это специализированная методология, включающая: тщательно разработанную модель учебного процесса, адаптированное химическое содержание и комплекс методов и средств обучения [3].

Для повышения терминологической грамотности студентов специальности «Технология аналитического контроля химических соединений» необходимо создать и интегрировать в образовательную практику методы, которые бы систематически развивали креативное мышление школьников. Одной из перспективных моделей организации учебного процесса, применяемых в химическом образовании СПО, решающих проблему формирования терминологической компетентности будущих специалистов, являются игровые технологии.

Концепция «игровых технологий» охватывает широкий спектр подходов, техник и инструментов для организации обучения в формате разнообразных учебных игр. Отличительной чертой применения игровых технологий является наличие четко определенной цели и соответствующего ей результата, который характеризуется образовательной направленностью. Игровая форма занятий служит инструментом мотивации и стимуляции учебной деятельности. Еще одним преимуществом применения игровых технологий является то, что исход игры приносит учащимся как моральное, так и интеллектуальное удовлетворение, а для преподавателя служит индикатором уровня освоения материала. И, безусловно, достоинством интерактивных дидактических игр является их неявный характер обучения, делающий этот процесс захватывающим и интересным [1].

В связи с важностью данного вопроса, нами была разработана игровая технология «Химический словарь». Сущность данной технологии заключается первоначально в методической разработке технологических карт по разделам «Титриметрический анализ», «Гравиметрический анализ», «Анализ воды», «Анализ газов». К примеру, инструкционные карты раздела «Титриметрический анализ» могут включать термины: бюретка, титрование, колба, титруемое вещество, а раздела «Анализ газов» – индикаторная трубка, хроматографический анализ и другие (рис. 2, 3).

В рамках данной методики одному студенту, которого выбрал преподаватель, необходимо сформулировать научное описание термина, зафиксированного в технологической карте, с использованием специализированного химического языка. Описание должно быть достаточно ясным и

понятным для одноклассников, чтобы они смогли успешно разгадать, какой термин обозначен в инструкционной карте. Оценка знаний осуществляется на основании следующих критериев: 1) корректное объяснение химического термина (1 балл); 2) успешная идентификация термина (1 балл). Итоговая оценка формируется путем суммирования баллов, полученных в течение занятия.

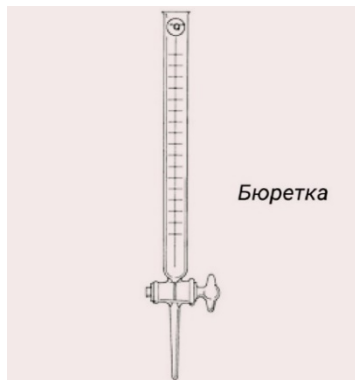


Рис. 2. Технологическая карта игровой технологии «Химический словарь» к разделу «Титриметрический анализ»



Рис. 3. Технологическая карта игровой технологии «Химический словарь» к разделу «Анализ газов»

По окончании каждого тематического блока дисциплины использовался описанный подход, с последующей оценкой усвоения терминологии посредством диктанта. Важно отметить, что в ноябре 2024 года после применения игровой технологии «Химический словарь» количество обучающихся, которые справились с терминологическим диктантом на оценку «отлично» повысилось с 31 до 44%, и важным аспектом является отсутствие студентов, получивших за работу отметку «неудовлетворительно» (рис. 4).

Исходя из вышесказанного, можно судить о предположительной эффективности внедрения игровой технологии «Химический словарь» в образовательный процесс обучающихся СПО по специальности «Технология аналитического контроля химических соединений».

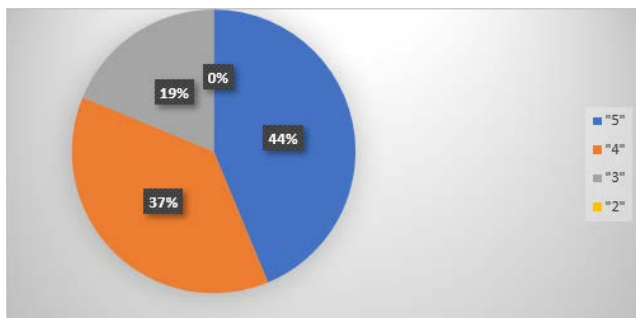


Рис. 4. Результаты терминологического диктанта по теме «Титриметрический анализ», ноябрь 2024 года

Таким образом, игровая технология не только повышает мотивацию обучающихся к изучению химических дисциплин, но и существенно способствует формированию терминологической компетентности у будущих специалистов в области химического анализа, что, в свою очередь, является ключевым элементом в подготовке высококвалифицированных кадров.

Список литературы

1. Алтенова Н.Т. Игровые технологии в процессе обучения химии / Н.Т. Алтенова, С.М. Сергазина // Евразийский союз ученых. – 2020. – №10–3 (79). – С. 56–58. DOI 10.31618/ESU.2413-9335.2020.3.79.1053. EDN OIQQAC
2. Бордовская Н.В. Терминологическая компетентность специалиста: проявление и уровни развития / Н.В. Бордовская, Е.А. Кошкина // Человек и образование. – 2016. – №3 (48). – С. 4–11. EDN WIBSKP
3. Мухторова Ш.Б. Использование новых педагогических технологий в преподавании химии / Ш.Б. Мухторова // Мировая наука. – 2020. – №3 (36). – С. 372–375. EDN SYBDUC

Истомина Елена Юрьевна

канд. биол. наук, доцент

Юсупова Диана Рафисовна

магистрант

ФГБОУ ВО «Ульяновский государственный
педагогический университет им. И.Н. Ульянова»

г. Ульяновск, Ульяновская область

**УЧЕБНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЕ ШКОЛЬНЫЕ
ПРОЕКТЫ ЭКОЛОГО-БИОЛОГИЧЕСКОЙ ТЕМАТИКИ**

Аннотация: в статье отмечена роль учебно-исследовательской деятельности в урочной и внеурочной работе учащихся. Приведен анализ 10 учебно-исследовательских конкурсов для школьников в области экологии и

биологии различного уровня, проведенных в период с 2022 по 2024 г. Выявлена тематика эколого-биологических конкурсов школьных проектов.

Ключевые слова: учебно-исследовательская деятельность школьников, учебно-исследовательские проекты, школьные конкурсы.

В современном школьном образовании учебно-исследовательская деятельность рассматривается в качестве эффективной технологии, направленной на развитие личности учащегося в рамках системно-деятельностного подхода [1]. Учебно-исследовательская деятельность – это деятельность, главной целью которой является образовательный результат, она направлена на обучение учащихся, развитие у них исследовательского типа мышления [2]. В настоящее время учебно-исследовательская деятельность приобретает все большее значение как в урочной, так и внеурочной работе учащихся и имеет разнообразную тематику.

Для выявления тематики учебно-исследовательских проектов в области экологии и биологии нами проанализированы соответствующие региональные, всероссийские и международные конкурсы. Результаты представлены в таблице 1.

Согласно полученным данным, в настоящее время для школьников разного возраста (от 7 до 18 лет) проводится большое количество конкурсов по эколого-биологической тематике. Номинации конкурсов содержат как традиционные направления: ботаника, зоология, охрана природы и окружающей среды, так и актуальные – эко-технологии и зеленая инженерия, экология энергетики. Большое значение играют конкурсы, поддерживающие волонтерские экологические движения, например, «Волонтеры могут всё». В номинациях этого конкурса такие направления, как лесное и зелёное волонтерство, зооволонтерство, чистая планета и др. Он поощряет участие волонтеров в создании и реализации инициатив по улучшению экологии на муниципальном уровне. Конкурс ориентирован на стимулирование волонтерского движения, а также на поддержку и финансирование локальных инициатив, что позволяет участникам непосредственно влиять на экологическую ситуацию в своём районе или городе.

Среди ежегодных наиболее значимых региональных конкурсов можно отметить: городской экологический марафон «Вместе на чистой планете» и Всероссийский конкурс юных исследователей окружающей среды «Открытия – 2030».

Городской экологический марафон «Вместе на чистой планете» фокусируется на практическом участии в экологических инициативах на уровне городов. Его целью является привлечение городских жителей к мероприятиям, направленным на улучшение экологической обстановки в их регионах. Марафон может включать акции по уборке территорий, раздельному сбору мусора, посадке деревьев и другие активные формы участия горожан в экологических проектах. Также включаются и образовательные компоненты – лекции, семинары и тренинги на экологическую тематику.

Таблица 1

Обзор школьных конкурсов эколого-биологической тематики, проведённые в 2022–2024 гг.

№	Название конкурса	Основные направления (номинации)	Возраст участников	Ссылка на сайт
1.	Всероссийский конкурс юных исследователей окружающей среды им. Б.В. Всесвятского	<ul style="list-style-type: none"> – юные исследователи; – ботаника и экология растений; – зоология и экология позвоночных животных; – зоология и экология беспозвоночных животных; – экспериментальная зоология; – микология, лишенология, альгология; – человек и его здоровье; – ландшафтная экология и почвоведение; – палеонтология; – экологический мониторинг; – геоинформатика; – прикладная химия и биотехнология; – клеточная биология, генетика; – экология энергетики; – зеленая инженерия; – обращение с отходами 	10–18 лет	https://uios.fedcdo.ru/
2.	Всероссийский конкурс для школьников «Мир вокруг нас «Экология XXI века», в рамках «Национального проекта «Экология»»	Исследовательские и проектные работы, связанные с изучением состояния конкретных компонентов окружающей среды и конкретных территорий, а также с предупреждением ухудшения и мероприятиями по улучшению состояния атмосферного воздуха, почвы, геологических пород, поверхностных вод (рек, озер, прудов и иных водоемов), грунтовых вод (в т.ч. родников), растительного мира, животного мира, природных комплексов, последствий лесных и степных пожаров.	3 возрастные категории: 1–4 классы, 5–8 классы, 9–11 классы	https://xn--d1abbusdiv.xn
3.	Всероссийский открытый конкурс юношеских исследовательских работ	<ul style="list-style-type: none"> – агробиология, агрохимия, защита растений; – астрономия и физика атмосферы; – ботаника; – зоология беспозвоночных; – зоология позвоночных; 	Учащиеся 5–7 класс, 8–11-х классов и студенты 1, 2 курсов СПО	https://vernadsky.info/

	имени В.И. Вернадского с международным участием	<ul style="list-style-type: none"> – инженерная экология; – компьютерное моделирование; – математика и информатика; – микробиология, клеточная биология и физиология растений; – науки о водоемах; – науки о земле; – охрана природы и окружающей среды; – физика и астрономия; – физиология животных и человека, медицинская биохимия, медицинская биотехнология; – фитоценология и растительные сообщества; – фундаментальная медицина, профилактика заболеваний, медицинская генетика; – химия 		
4.	Открытый международный конкурс творческих, учебно-образовательных, исследовательских, научно-популярных проектов «ЕСО Life», 2022/2023	<ul style="list-style-type: none"> – эко-пространство: экологически безопасная и комфортная обстановки в местах проживания населения, работы и отдыха; чистота быта и окружающей среды; чистый воздух и вода; экологический туризм; озеленение пространства «Зеленые решения»; – эко-бизнес: создание эффективного экологического сектора экономики; производство и материалы; переработка и утилизация; чистый воздух; – эко-технологии: инновации, в основе которых лежат принципы устойчивого развития и повторного использования ресурсов, снижения негативного воздействия на окружающую среду; – здоровый образ жизни и красота: образ жизни; эко-косметика, эко-питание 	Обучающиеся и педагоги всех уровней образования (высшего, среднего профессионального, общего среднего и начального образования)	https://sowar.ru.com/eco-life-2022-2023/
5.	Конкурс социально значимых экологических проектов с элементами исследования на иностранных	Участники Конкурса исследуют экологическую ситуацию в своем городе, на своей улице, в своей школе, например: качество воды и воздуха, потребление энергии, растительный и животный мир, управление отходами, связанные с экологической обстановкой вопросы здоровья/питания и др. Исходя из результатов исследования, авторы конкурсных работ предлагают конкретные идеи и проводят акции, направленные на улучшение экологической ситуации и привлечение	учащиеся 5–11 классов, изучающих иностранный язык (английский, испанский, итальянский, китайский, немецкий, французский)	https://konkurs.mosmetod.ru/index.php?el=2&id=4535

	языках «Школа за экологию: учись быть ответственным!»	внимания широкой общественности к актуальным проблемам экологии и доступным решениям		
6.	Городской экологический марафон «Вместе на чистой планете»	<p>– «Разделяя – помогаешь природе!»</p> <p>В данную номинацию предоставляются отчёты (презентации, видеоролики, серии фотографий с сопроводительной информацией) по итогам проведённых в образовательной организации мероприятий по проблеме раздельного сбора твёрдых коммунальных отходов для вторичной переработки (сбор макулатуры, пластиковых бутылок, установка в образовательной организации контейнеров для раздельного сбора твёрдых бытовых отходов, организация просветительских мероприятий, направленных на формирование культуры обращения с твёрдыми коммунальными отходами, другое);</p> <p>– «Сортировать отходы – планету спасти!»</p> <p>В данную номинацию участники предоставляют на конкурс видеоролик или анимационный фильм, призывающий жителей города к раздельному сбору твёрдых коммунальных отходов с целью их повторного использования и переработки.</p> <p>– «Пусть всегда будет чистой Земля!»</p> <p>В данную номинацию принимаются рисунки, выполненные акварелью, гуашью, карандашом</p>	<p>учащиеся общеобразовательных организаций, организаций дополнительного образования, дошкольных образовательных организаций от 6 до 18 лет, педагогические работники образовательных организаций и учреждений культуры города Ульяновска, жители города</p>	<p>https://www.ul-eco.ru/promo/gorodskie-konkursi/</p>
7.	Конкурс проектных и исследовательских работ «ЭКО – 2024»	<p>– фаунистические исследования;</p> <p>– флористические исследования;</p> <p>– экологические исследования;</p> <p>– астрономические исследования;</p> <p>– эволюция жизни на Земле,</p> <p>– от слов к действию (практические природоохранные проекты).</p>	<p>обучающиеся общеобразовательных организаций и учреждений дополнительного образования в возрасте до 10 лет включительно</p>	<p>https://www.ul-eco.ru/promo/gorodskie-konkursi/</p>
8.	Муниципальный этап Всероссийского конкурса экологических проектов	<p>– лесное волонтерство;</p> <p>– зелёное волонтерство;</p> <p>– чистая планета;</p> <p>– социальное волонтерство;</p> <p>– социальное волонтерство;</p> <p>– герои Отечества;</p>	<p>Участниками Конкурса могут быть обучающиеся общеобразовательных организаций и организаций</p>	

	«Волонтеры могут всё»	<ul style="list-style-type: none"> – зооволонтерство; – быть здоровым – это здорово!; – медиаволонтерство; – экологическое просвещение 	дополнительного образования детей в возрасте от 5 до 18 лет	
9.	Всероссийский конкурс юных исследователей окружающей среды «Открытия – 2030»	<p><i>Для обучающихся в возрасте от 10 до 13 лет:</i> «Юные исследователи» (учебные исследования или проектные работы, соответствующие тематическим направлениям номинаций Конкурса.</p> <p><i>Для обучающихся в возрасте от 14 до 18 лет:</i> Зоология и экология позвоночных животных); Зоология и экология беспозвоночных животных; Экспериментальная зоология; Ботаника и экология растений; Микология, лишенология, альгология; Микробиология, вирусология; Человек и его здоровье; Ландшафтная экология и почвоведение; Палеонтология; Экологический мониторинг; Геоинформатика; Современная химия; Клеточная биология, генетика и биотехнология; Экология энергетики; Зеленая инженерия; Обращение с отходами</p>	от 10 до 18 лет	https://rdebc.ru/uios/
10.	XVIII международный конкурс научно-исследовательских и творческих работ учащихся «Старт в науке»	<ul style="list-style-type: none"> – астрономия; – биология; – география; – иностранный язык; – информатика; – история; – краеведение; – математика; – обществознание; – окружающий мир; – основы безопасности жизнедеятельности; – русский язык и литература, – технология; – техническое творчество и изобретательство; – физика; – химия; – экономика 	Учащиеся 1–11 классов и СПО, студенты 1 курса высших учебных заведений	https://school-science.ru/18/about

Всероссийский конкурс юных исследователей окружающей среды «Открытия – 2030» направлен на вовлечение молодого поколения в исследование и изучение окружающей среды. Он поощряет создание исследовательских проектов и научных работ, ориентированных на сохранение природы и устойчивое развитие. Участие предполагает детальный подход к изучению экологических проблем, выполнение научных изысканий и разработку решений. Конкурсеры обычно представляют свои проекты жюри из экспертов в области экологии.

Как видно, каждый конкурс имеет свои специфические цели и задачи: от практической помощи и улучшения городской среды до научных исследований и разработки решений для экологических проблем на местном и национальном уровне, поэтому ребята могут выбрать для себя подходящее направление и попробовать свои силы. Такая разнообразная тематика эколого-биологических конкурсов позволяет школьнику выбрать интересное его направление и в полной мере реализовать свои исследовательские и творческие способности.

Список литературы

1. Леонтович А.В. Исследовательская и проектная работа школьников. 5–11 классы / А.В. Леонтович, А.С. Саввичев; под ред. А.В. Леонтовича. – М.: ВАКО, 2014. – 160 с.
2. Рассадина М.И. Основы исследовательской деятельности студентов: учеб. пособ. для колледжей культуры и искусства / М.И. Рассадина. – Владимир: Изд-во ВлГУ, 2017. – 208 с.

Коняев Игорь Сергеевич

канд. биол. наук, старший научный сотрудник, доцент
Научно-исследовательский центр фундаментальной
и прикладных проблем биоэкологии и биотехнологии
ФГБОУ ВО «Ульяновский государственный
педагогический университет им. И.Н. Ульянова»
г. Ульяновск, Ульяновская область

Жульков Никита Владиславович

учитель
МБОУ «Средняя школа №47 им. И.Я. Яковлева»
г. Ульяновск, Ульяновская область

Жулькова Наталья Викторовна

канд. пед. наук, заместитель руководителя –
начальник отдела методического сопровождения
и развития работников в сфере дополнительного образования
Региональный модельный центр дополнительного
образования Ульяновской области
г. Ульяновск, Ульяновская область

DOI 10.31483/r-138547

**ФОРМИРОВАНИЕ БАЗОВЫХ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИХ
ДЕЙСТВИЙ ОБУЧАЮЩИХСЯ В РАМКАХ ШКОЛЬНОГО
ВНЕУРОЧНОГО КУРСА «ОСНОВЫ МИКРОБИОЛОГИИ»**

***Аннотация:** в статье приведены результаты опытно-экспериментальной работы по формированию базовых исследовательских действий у обучающихся на уровне основного общего образования в рамках курса внеурочной деятельности «Основы микробиологии».*

***Ключевые слова:** метапредметный образовательный результат, познавательные универсальные учебные действия, базовые исследовательские умения, исследовательские умения, внеурочная деятельность, микробиология.*

Современные школьники живут в век больших скоростей и интенсивной динамики общественных процессов. С первых лет жизни ребенок оказывается в центре огромного информационного потока. Поэтому особенно актуальным становится формирование самостоятельной личности, способной мыслить критически, видеть проблему и предлагать креативные способы ее решения.

Обновленный федеральный государственный образовательный стандарт общего образования предъявляет требования не только к предметным образовательным результатам, но и к личностным и метапредметным [5]. Метапредметный результат складывается из познавательных, коммуникативных и регулятивных универсальных учебных действий (далее – УУД) и формируется, в том числе, в рамках внеурочной деятельности. Одним из видов познавательных УУД являются базовые исследовательские действия, основанные на исследовательских умениях обучающихся, фор-

мирование которых «возможно лишь в контексте их участия в учебно-исследовательской деятельности, которая представляет собой самостоятельное изучение, исследование интересующей проблемы, открытие учеником субъективно нового научного знания» [3, с. 360].

В последние годы резко возрос интерес подростков к микромиру – жизнедеятельности вирусов и других микроорганизмов. Скорее всего, это связано с мифами, которые в бесчисленном множестве рождались в период пандемии коронавируса. Однако в действующих образовательных программах по биологии не уделяется достаточное внимание такому разделу биологической науки, как микробиология. Сведения по вирусологии предлагаются к изучению только для углубленного уровня освоения предмета [4]. Поэтому логично предложить заинтересованным обучающимся программу внеурочной деятельности «Основы микробиологии», направленную на знакомство с миром микроорганизмов и вирусов. Данный курс предназначен для обучающихся 8-х и 9-х классов общеобразовательных организаций.

Программа рассчитана на 68 учебных часов с периодичностью 2 часа в неделю в течение 1 учебного года или 1 час в неделю в течение 2 учебных лет и включает в себя 14 теоретических занятия и 16 лабораторных работ.

Занятия разработаны в контексте системно-деятельностного подхода, задания практико-ориентированы, носят надпредметный характер. Обучающимся создаются условия для саморазвития и профессионального самоопределения.

Для решения ситуационных заданий, составленных с ориентацией на проблемы, с которым сталкивается человек в своей обычной, повседневной жизни, программа предусматривает взаимосвязи таких школьных предметов, как биология, химия, география. Так, например, ребятам предлагаются вопросы типа «Почему при бесконтрольном применении антибиотиков теряется их эффективность в лечении бактериальных инфекций?», «Почему кипячением нельзя уничтожить все бактерии?», «Почему при приготовлении бактериального препарата не окрашивается спорогенная зона?». На эти вопросы требуется дать обоснованный ответ, со ссылкой на литературные источники.

Для выяснения эффективности реализации курса внеурочной деятельности «Основы микробиологии» было проведено небольшое педагогическое исследование, целью которого являлось выявление, теоретическое обоснование и экспериментальная проверка педагогических условий формирования базовых исследовательских действий.

Известно, что любое действие, в том числе и базовое исследовательское, является структурным элементом деятельности, а умения, в нашем случае – исследовательские, являются маркерами сформированности действий. В соответствии с этой логикой мы провели входную диагностику уровня сформированности исследовательских умений у обучающихся 8-х классов в начале учебного года.

Положительной оценки был достоин любой уровень сформированности исследовательских умений. В исследовании приняли участие 114 учащихся 8-х классов общеобразовательных организаций г. Ульяновска. В качестве ориентира использовались уровни и критерии сформированности исследовательских умений, предложенные О.А. Ивашовой [1]: исходный, начальный, продуктивный, креативный уровни.

На констатирующем этапе педагогического эксперимента было выявлено следующее: 12 из 114 учеников 8-х классов не умеют выдвигать гипотезу, ставить вопросы, составлять план своих действий, выделять причинно-следственные связи, предлагать несколько вариантов решения поставленной проблемы. У 56 учеников выявлена потребность в помощи учителя, так как они сомневаются в правильности тех или иных действий, и только 46 учеников способны выполнять все самостоятельно.

Таким образом, на начало 8-го класса 11% обучающихся имели начальный уровень сформированности исследовательских умений, 49% обучающихся демонстрировали продуктивный уровень исследовательских умений и 40% обучающихся обладали креативным уровнем сформированности исследовательских умений.

На следующем этапе эксперимента 46 обучающихся 8-х классов выбрали для изучения курс внеурочной деятельности «Основы микробиологии». Из них 8 обучающихся (17%) с начальным уровнем сформированности исследовательских умений, 34 обучающихся (74%) с продуктивным уровнем и 4 обучающихся (9%) с креативным уровнем.

В экспериментальной группе проводились занятия в рамках курса «Основы микробиологии», разработанные с учетом педагогических условий (наличие мотивации, использование метода проектов, использование приемов проблемного обучения), с целью формирования исследовательских умений и базовых исследовательских действий, взятых за основу в нашем исследовании по классификации, предложенной Г.В. Мухамадияровой [2]. Диагностика в данной группе проводилась в конце 8-го класса и в конце 9-го класса. Диагностика уровня сформированности исследовательских умений и базовых исследовательских действий в контрольной группе проводилась в конце 9-го класса.

В результате проведенного нами сравнительного анализа, основанного на показателях, полученных в ходе педагогического эксперимента, можно сделать следующий вывод.

Количество обучающихся экспериментальной группы, демонстрирующих креативный уровень исследовательских умений, увеличилось на 43,5%, количество обучающихся этой группы с начальным уровнем исследовательских умений сократилось на 13,1%. За этот же промежуток времени (2 учебных года) изменения в контрольной группе составили от 1,5 до 4%.

Таким образом, в ходе исследования выявлено следующее:

а) одним из средств эффективного формирования исследовательских умений и базовых исследовательских действий у обучающихся являются курсы внеурочной деятельности, в том числе естественнонаучной направленности (на примере курса «Основы микробиологии»);

б) педагогическими условиями, обеспечивающими эффективное формирование исследовательских умений и базовых исследовательских действий, являются мотивация к занятиям исследовательской деятельностью, систематическое использование метода проектов и приемов проблемного обучения при организации образовательной деятельности обучающихся;

в) в результате изучения курса внеурочной деятельности «Основы микробиологии» было отмечено существенное повышение уровня сформированности исследовательских умений обучающихся.

Список литературы

1. Ивашова О.А. Педагогическая технология новой образовательной парадигмы / О.А. Ивашова // Образовательная технология. – 2008. – №3. – С. 110–119.

2. Мухамадиярова Г.Ф. Формирование исследовательских умений старшеклассников сельской школы в учебной деятельности: дис. ... канд. пед. наук / Г.Ф. Мухамадиярова. – Стерлитамак, 2010. – 195 с. – EDN QEUVAD

3. Острикова Е.А. Психолого-педагогические основы формирования исследовательских умений и навыков школьников / Е.А. Острикова // Молодой ученый. – 2012. – №10. – С. 358–361. – EDN PFXBFP

4. Федеральная образовательная программа основного общего образования (Приказ Министерства просвещения Российской Федерации от 18.05.2023 №370 «Об утверждении федеральной образовательной программы основного общего образования», зарегистрирован 12.07.2023 №74223) [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://static.edsoo.ru/projects/fop/index.html#/sections/2> (дата обращения: 11.05.2025).

5. Федеральный государственный образовательный стандарт: основное общее образование (Приказ Министерства просвещения Российской Федерации от 31.05.2021 №287 «Об утверждении федерального государственного образовательного стандарта основного общего образования», зарегистрирован 05.06.2021 №64101 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://edsoo.ru/wp-content/uploads/2023/08/Приказ-№-287-от-31.05.2021-ФГОС_ООО.pdf (дата обращения: 11.05.2025).

Краснова Ольга Викторовна

магистрант

Пырова Светлана Александровна

канд. с.-х. наук, доцент

ФГБОУ ВО «Ульяновский государственный
педагогический университет им. И.Н. Ульянова»

г. Ульяновск, Ульяновская область

**ВИРТУАЛЬНАЯ ЭКСКУРСИЯ КАК ИННОВАЦИОННАЯ
ФОРМА ОБУЧЕНИЯ БИОЛОГИИ ДЕТЕЙ С
ОГРАНИЧЕННЫМИ ВОЗМОЖНОСТЯМИ ЗДОРОВЬЯ**

Аннотация: педагогическая работа с детьми, имеющими ограниченные возможности здоровья (ОВЗ), представляет собой сложную и многогранную задачу, требующую постоянного поиска эффективных методов обучения и развития. Перед педагогами ежедневно стоит вызов – найти ключи к успешному обучению детей, чьи возможности ограничены

физическими или психическими особенностями. Они неустанно ищут новые подходы, осваивают инновационные педагогические технологии и методики, адаптируя их к специфическим потребностям каждого ребенка. Особое внимание уделяется вовлечению детей в образовательный процесс, стимулированию их интереса к обучению, особенно в таких сложных дисциплинах, как биология, которая требует наглядности, практического опыта и глубокого понимания. Задача состоит не просто в передаче знаний, а в развитии познавательной активности, формировании положительной самооценки и уверенности в своих силах.

Ключевые слова: *дети с ограниченными возможностями здоровья, ОВЗ, развивающее обучение, виртуальная экскурсия, инклюзивное образование, дифференцированный подход.*

К сожалению, в современном мире число детей с ОВЗ достаточно велико. Это дети, страдающие различными нарушениями, от легких отклонений в развитии до серьезных физических и психических заболеваний, которые препятствуют их полноценной жизни и интеграции в общество.

Важно понимать, что наличие физического или умственного дефекта не является приговором, не предопределяет «неправильного» развития и не означает невозможность достижения значительных успехов в жизни. Каждый ребенок уникален, и педагогическая работа должна быть индивидуализирована, учитывая конкретные особенности каждого ученика.

Часто дети с ОВЗ сталкиваются с комплексом нарушений, затрагивающих различные аспекты психической деятельности. Это может быть снижение концентрации внимания, трудности с запоминанием информации, замедленное или нестандартное мышление, речевые расстройства, двигательные нарушения (от незначительных трудностей с координацией до параличей) и эмоциональные проблемы, включая повышенную тревожность, агрессию или заторможенность.

Работа с такими детьми требует высокой квалификации педагогов, глубокого понимания психологических и физиологических особенностей ОВЗ, а также терпения, эмпатии и индивидуального подхода. Поэтому интеграция детей с ОВЗ в общество – это не просто механическое включение их в общеобразовательные учреждения. Это целостный процесс, требующий разработки и внедрения новых педагогических подходов, специальных программ обучения и реабилитации, создания инклюзивной среды, где каждый ребенок чувствует себя комфортно и может развиваться в соответствии со своими возможностями [11].

Важным аспектом является также работа с семьями детей с ОВЗ, предоставление им необходимой информации и поддержки, что способствует более эффективной реабилитации и социализации ребенка. В конечном итоге, цель состоит в том, чтобы каждый ребенок с ОВЗ смог достичь своего максимального потенциала и жить полноценной жизнью, интегрируясь в общество на равных правах со своими сверстниками.

Дети с ограниченными возможностями здоровья (ОВЗ) особенно остро нуждаются в использовании инновационных методов обучения, и виртуальные экскурсии в рамках курса биологии представляют собой ис-

ключительно ценный инструмент. Проблема стимулирования познавательной активности школьников – одна из наиболее актуальных задач современного образования.

Образовательная система должна ставить перед собой цель не только передачу информации, но и формирование у детей устойчивой потребности к познанию, воспитание умения эффективно работать с информацией, анализировать её и применять на практике. В основе познавательного развития лежит активная деятельность: именно через взаимодействие с окружающим миром, через эксперименты и исследования ребёнок по-настоящему усваивает знания [1].

В стремительно меняющемся мире информационные технологии играют решающую роль в образовательном процессе. Инновационные подходы, в том числе использование цифровых ресурсов, являются эффективным средством повышения интереса школьников к обучению. Виртуальные экскурсии представляют собой один из наиболее перспективных методов интеграции инновационных технологий в развивающее обучение. Универсальность этого метода позволяет применять его практически в любом школьном предмете, превращая образовательный процесс в увлекательное и доступное приключение.

Двадцать первый век характеризуется бурным развитием информационных технологий и их активным внедрением в систему образования. Традиционные экскурсии, ограниченные временными и географическими рамками, уступают место интерактивным виртуальным аналогам, которые открывают перед школьниками невероятные возможности.

Виртуальная экскурсия – это современный формат образовательной деятельности, отличающийся от реальной экскурсии методом представления информации: вместо непосредственного посещения объекта, школьник получает доступ к его виртуальной модели, созданной с использованием современных технологий. Преимущества виртуальных экскурсий очевидны: они доступны в любое время и в любом месте, при наличии компьютера и интернет – соединения. Это особенно важно для детей с ОВЗ, для которых поездка на реальную экскурсию может представлять значительные сложности [7].

Виртуальная экскурсия позволяет развернуть перед ребенком завораживающий мир флоры и фауны, демонстрируя его в мельчайших деталях. Возможность панорамного обзора, интерактивные элементы, дополнительная информация, видео- и аудиоматериалы – все это делает виртуальную экскурсию не только увлекательной, но и познавательной.

Дети с ОВЗ, часто сталкивающиеся с ограничениями в физической активности и восприятии информации, получают благодаря виртуальным экскурсиям равные возможности для освоения учебного материала. Они могут в удобном для себя темпе изучать представленные объекты, многократно просматривать некоторые фрагменты, получать необходимые пояснения и закреплять полученные знания. Это способствует формированию у них устойчивого интереса к биологии, развитию познавательной активности и повышению уверенности в своих силах.

Виртуальные экскурсии – это не просто альтернатива, а новый качественный уровень образования, обеспечивающий инклюзивность и доступность для всех учащихся. Их внедрение в образовательный процесс – это важный шаг на пути к созданию более справедливой и эффективной системы обучения [9].

Виртуальные экскурсии открывают перед детьми с ограниченными возможностями здоровья (ОВЗ) безграничные образовательные возможности, радикально меняя подход к обучению и делая его доступным и эффективным.

Ключевым преимуществом является безусловная доступность. В отличие от традиционных экскурсий, требующих физического присутствия и преодоления потенциальных барьеров, виртуальные туры позволяют учащимся с ОВЗ многократно посещать образовательное пространство, изучать экспонаты в собственном темпе и повторять пройденный материал столько раз, сколько необходимо. Это особенно важно для детей с замедленной скоростью восприятия информации или проблемами с памятью. Замедленный темп восприятия, характерный для некоторых категорий детей с ОВЗ, перестаёт быть препятствием – ребёнок может приостановить просмотр, вернуться к интересующему фрагменту, проанализировать детали, не испытывая при этом давления со стороны времени и окружающих [4].

Наглядность виртуальных экскурсий играет решающую роль в усвоении материала. Благодаря использованию высококачественной графики, трехмерного моделирования и интерактивных элементов, учащиеся получают полное ощущение присутствия, что значительно улучшает погружение в образовательный процесс. Это особенно важно для детей с ОВЗ, которые могут иметь трудности с абстрактным мышлением или восприятием информации через традиционные методы. Виртуальная реальность превращает обучение в яркое и запоминающееся событие, а не в сухую лекцию. Кроме того, виртуальные экскурсии способствуют систематизации знаний.

Структурированный подход к представлению информации помогает детям с ОВЗ классифицировать новые данные, устанавливать между ними связи и эффективно использовать полученные знания в будущем. Задания, встроенные в виртуальную экскурсию, позволяют практически применять полученные знания, развивая навыки самостоятельной работы и критического мышления. Дети учатся анализировать информацию, выделять главное, сопоставлять факты, формируя собственное мнение. В процессе виртуального путешествия развивается наблюдательность. Ребёнок может сосредоточиться на деталях, которые в обычных условиях мог бы пропустить. Это способствует более глубокому пониманию предмета изучения. Интерактивные элементы виртуальной экскурсии, такие как игры, викторины и задания, активизируют познавательный интерес и мотивируют детей с ОВЗ к учению.

Важной особенностью является адаптивность виртуальных экскурсий. Разработчики могут учитывать специфику нарушений зрения, слуха или других ограничений здоровья, используя специальные цветовые и звуковые решения, а также адаптируя скорость представления информации и

сложность заданий. Это позволяет решать коррекционные задачи и создавать инклюзивную образовательную среду, где каждый ребёнок может достичь своих образовательных целей [10].

В целом, виртуальные экскурсии представляют собой инновационный и эффективный инструмент, позволяющий сделать образование доступным и интересным для детей с ОВЗ, обеспечивая их равные возможности с их сверстниками.

Виртуальные экскурсии, несомненно, открывают перед школьниками невероятные возможности: они могут посетить далекие страны, увидеть редких животных и уникальные природные явления, не выходя из класса. Однако, замена реального опыта виртуальным имеет существенный недостаток: отсутствие непосредственного, чувственного контакта с объектами и явлениями. Школьник, наблюдающий за тигром на экране монитора, не почувствует его мощь, не услышит реального рыка, не ощутит запах лесного воздуха. Этот недостаток крайне важен, особенно когда речь идет об изучении живой природы, где тактильные ощущения, ароматы и звуки играют не менее важную роль, чем визуальная информация. Виртуальная реальность не способна полностью передать сложность и многогранность живого мира, его динамику и неповторимость.

Поэтому важно помнить о необходимости дифференцированного подхода к обучению. Нельзя предполагать, что все ученики одинаково воспринимают информацию и усваивают материал с одинаковой скоростью. Современная образовательная система должна быть гибкой и адаптивной, предоставляя каждому ученику возможность выбирать темп и форму освоения материала. Это означает предоставление альтернативных способов обучения – от индивидуальной работы с преподавателем до групповых проектов и самостоятельного изучения материала с использованием различных ресурсов. Важно учитывать индивидуальные особенности учеников – их темперамент, стиль обучения, мотивацию и интересы. Только такой индивидуализированный подход позволит максимизировать эффективность обучения и развить потенциал каждого ученика.

Современная образовательная среда должна стремиться к саморазвитию и самореализации каждого ученика. Это означает создание атмосферы творчества, исследования и взаимопомощи. Ученики должны чувствовать себя участниками образовательного процесса, а не пассивными слушателями. Использование игровых технологий, симуляций и других интерактивных методов способствует повышению интереса к обучению и мотивации учащихся к самостоятельной работе. Интерактивные учебники, образовательные игры и симуляторы позволяют ученикам активно участвовать в процессе обучения, решать проблемы, принимать решения и получать немедленную обратную связь [5].

В заключение, следует отметить, что успех образовательного процесса заключается не только в передаче знаний, но и в формировании личности ученика, его способности к самообучению, критическому мышлению и адаптации к изменениям. Современный мир динамично меняется, и образование должно подготовить учеников к жизни в этом изменчивом мире, воспитывая в них гибкость, адаптивность и способность к постоянному

самосовершенствованию. Только интегрированный подход, сочетающий традиционные методы обучения с современными технологиями, и учитывающий индивидуальные особенности каждого ученика, может гарантировать эффективность современного образования.

Список литературы

1. Федеральный государственный общеобразовательный стандарт среднего (полного) общего образования.
2. Богатырева Н.А. Технология развивающего обучения и ее разновидности применения в современной школе / Н.А. Богатырева // Наука без границ. – 2017. – №8. – С. 70–71. EDN ZEMBKR
3. Федеральный закон «Об образовании в Российской Федерации».
4. Устюжанина Н.В. Виртуальная экскурсия как инновационная форма обучения. / Н.В. Устюжанина // Наука и перспективы. – 2017. – №2. – С. 2–4. – EDN ZDUTWZ
5. Дашкова Е.В. Особенности организации экскурсий для современных школьников / Е.В. Дашкова, Е.Б. Ивушкина // Педагогика и современность. – 2014. – Т. 1. №1–1. – С. 60. EDN RXWLZV
6. Александрова Е.В. Виртуальная экскурсия как одна из эффективных форм организации учебного процесса на уроке литературы / Е.В. Александрова // Литература в школе. – 2010. – №10. – С. 22–24. EDN LNPLPZ
7. Платунова Е.В. Виртуальные экскурсии как средство формирования познавательных универсальных учебных действий обучающихся / Е.В. Платунова // Молодой ученый. – 2017. – №14 (148). – С. 645–647. EDN YJWSYR
8. Баженова Н.А. Виртуальная экскурсия как одна из эффективных форм организации образовательного процесса на основе ЭОР / Н.А. Баженова // Открытый урок. – 2015
9. Виртуальная экскурсия как форма дистанционного обучения детей с особыми образовательными потребностями / ГБОУ СО ЦППМСП «Ресурс». – 2022. – 30 с.
10. Организация специальных образовательных условий для детей с ограниченными возможностями здоровья в общеобразовательных учреждениях / отв. ред. С.В. Алехина. – М.: МГППУ, 2012.
11. Организация инклюзивного образования детей с ограниченными возможностями здоровья: учебное пособие / отв. ред. С.В. Алехина, Е.Н. Кутепова. – М.: МГППУ, 2012.
12. Староверова М.С. Настольная книга педагога, работающего с детьми с ОВЗ / М.С. Староверова [и др.]. – М.: Владос, 2011.

Ленгесова Наталья Анатольевна

канд. биол. наук, доцент, заведующая кафедрой,
ведущий научный сотрудник
Научно-исследовательский центр фундаментальных
и прикладных проблем биоэкологии и биотехнологии
ФГБОУ ВО «Ульяновский государственный
педагогический университет им. И.Н. Ульянова»
г. Ульяновск, Ульяновская область

Аверьянова Алёна Сергеевна

студентка
ФГБОУ ВО «Ульяновский государственный
педагогический университет им. И.Н. Ульянова»
г. Ульяновск, Ульяновская область

МЕТОДИЧЕСКИЕ ПОДХОДЫ К ИСПОЛЬЗОВАНИЮ НАГЛЯДНЫХ СРЕДСТВ ОБУЧЕНИЯ В ШКОЛЬНОМ КУРСЕ БИОЛОГИИ

Аннотация: статья посвящена изучению методических подходов к использованию наглядных методов обучения в школьном курсе биологии. В ходе работы была проанализирована литература, разработаны и проведены уроки с использованием наглядных методов, а также выполнено контрольное тестирование для оценки итогового уровня знаний учащихся. Результаты эксперимента позволили оценить эффективность применения наглядных средств обучения и выявить их влияние на успеваемость учеников.

Ключевые слова: наглядные методы обучения, педагогический эксперимент, абсолютная успеваемость, методика преподавания биологии.

Наглядные методы обучения представляют собой такие методы, применение которых способствует осуществлению дидактического принципа наглядности в обучении, повышает действенность и продуктивность урока, развивает у детей наблюдательность, наглядно-образное мышление, зрительную память и внимание [2].

В «Педагогическом энциклопедическом словаре» утверждается, что методы наблюдения требуют значительных усилий и времени и заключаются в длительном и целенаправленном изучении объектов и явлений реального мира. Эти методы необходимы для формирования у учеников точных образов, которые служат основой для дальнейших обобщений [1].

Чешский педагог Ян Амос Коменский неоднократно цитировал фразу: «Ничего не может быть в сознании, что заранее не было дано в ощущении». Теоретическое обоснование эффективности использования этого принципа в обучении было развито такими педагогами, как И. Г. Песталоцци, К.Д. Ушинский и другие.

Проведенный анализ учебно-методической литературы показал, что применение наглядных пособий, таких как модели, схемы, таблицы, мультимедийные презентации и т. д. позволяют визуализировать абстрактные

понятия и сделать их более доступными для восприятия. Это особенно важно при изучении микроскопических объектов (клетка растений и др.)

Исследование проводилось на базе Муниципального общеобразовательного учреждения «Кротковская основная школа» Ульяновской области, Сенгилеевского р-на, с. Кротково, ул. Школьная, д. 11. Период проведения педагогического эксперимента: сентябрь – ноябрь 2024 года, в исследовании принимали участие 16 обучающихся шестых классов. Обучение проходило по УМК «Линия жизни» В.В. Пасечника.

Исследование проходило в три этапа.

1. Констатирующий этап (сентябрь 2024 г.): была проанализирована литература, поставлены задачи, определены предмет и цель работы, найдена методика по оценке начального уровня знаний обучающихся.

2. Формирующий этап (сентябрь-октябрь 2024 г.): были разработаны и проведены уроки по биологии для учащихся 6 класса с использованием на уроках различных наглядных методов обучения.

По теме «Введение. Ботаника – наука о растениях. Общие признаки, разнообразие, распространение, значение растений» была представлена коллекция «Многообразие растений», включающая цветковые растения, хвойные, папоротники и мхи.

По теме «Строение растительной клетки» на этапе изучения нового материала было использовано интерактивное задание с сайта «Wordwall» и демонстрация микропрепарата кожицы лука под микроскопом.

По теме «Химический состав клетки» были использованы примеры продуктов с высоким содержанием белков (отварные яйца), жиров (орехи) и углеводов (печенье) и проведена демонстрация их свойств.

По теме «Жизнедеятельность клетки, её деление и рост» ребятам было предложено видео: «Движение цитоплазмы в клетках листа элодеи», которое показывает учащимся движение цитоплазмы в клетке, а также видео «Деление клетки».

В конце уроков для закрепления изученного материала учащимся было предложено заполнить карточку и сделать вывод по данному уроку. Также в рамках педагогического эксперимента для контроля образовательных достижений обучающихся после каждой изученной темы был проведен проверочный тест. Полученные оценки обучающихся после проведения уроков с активным использованием наглядных методов обучения и традиционные отдельно анализировались и в сумме складывались в абсолютную успеваемость. Далее проводился расчёт показателей абсолютной успеваемости по формуле: % успеваемости = (кол-во «отлично» + кол-во «хорошо» + кол-во «удовлетворительно») * 100% / кол-во учащихся.

3. Контрольный этап (конец октября – начало ноября 2024 г.): было проведено контрольное тестирование для изучения итогового уровня знаний. Далее проводился анализ и обобщение полученных результатов, формулировались выводы.

Результаты исследования демонстрируют высокую эффективность активного использования наглядных методов в образовательном процессе. При активном использовании наглядных методов успеваемость учащихся значительно повысилась на 0,77 балла от исходного уровня знаний, учащиеся достигли общей абсолютной оценки «отлично» (4,45 балла), в то

время как использование традиционных методов обеспечил рост знаний на 0,03 балла, что соответствует оценке «хорошо» (3,71 балла). Это подтверждает существенную роль наглядности в повышении качества обучения и эффективности усвоения учебного материала.

Анкетирование показало, что 96% опрошенных учащихся положительно относятся к использованию наглядных методов обучения, отмечая, что это помогает им лучше усваивать материал и делает уроки более интересными и запоминающимися. Большинство ребят подчеркнули, что наглядные пособия облегчают понимание сложных тем и способствуют развитию ассоциативного мышления.

Часто возникает необходимость самостоятельно создавать наглядные материалы. В таком случае можно привлечь учащихся к совместной деятельности, где дети могут создавать:

- тематические коллажи или короткие мультфильмы с использованием технологий искусственного интеллекта;
- модели природных объектов, такие как коллекции яиц, перьев, насекомых или гербариев;
- иллюстративные справочники, например, диаграммы жизненного цикла бактерий или простейших;
- простые модели и макеты с помощью компьютерных программ или 3D-сканеров.

Результаты, полученные в ходе исследования, свидетельствуют о том, что наглядные методы обучения повышают мотивацию учащихся к изучению биологии, развивают их познавательный интерес и стимулируют активную мыслительную деятельность. Ученики начинают воспринимать уроки биологии не просто как школьный предмет, а как увлекательное исследование.

Список литературы

1. Бим-Бад Б.М. Педагогический энциклопедический словарь / гл. ред. Б.М. Бим-Бад. – М.: Большая Российская энциклопедия, 2012. – 528 с.
2. Подласый И.П. Педагогика: учебник / И.П. Подласый. – М.: Высшее образование, 2017. – 540 с.

Ленгесова Наталья Анатольевна

канд. биол. наук, доцент, заведующая кафедрой,
ведущий научный сотрудник
Научно-исследовательский центр фундаментальных
и прикладных проблем биоэкологии и биотехнологии
ФГБОУ ВО «Ульяновский государственный
педагогический университет им. И.Н. Ульянова»
г. Ульяновск, Ульяновская область

Гуськова Алина Артуровна

студентка
ФГБОУ ВО «Ульяновский государственный
педагогический университет им. И.Н. Ульянова»
г. Ульяновск, Ульяновская область

ОПОРНЫЕ КОНСПЕКТЫ КАК ЭФФЕКТИВНОЕ СРЕДСТВО ОБУЧЕНИЯ НА УРОКАХ БИОЛОГИИ

***Аннотация:** в статье рассматривается использование опорных конспектов как инструмента повышения эффективности образовательного процесса на уроках биологии. Результаты подтверждают, что использование опорных конспектов оказывает положительное влияние на успеваемость учащихся.*

***Ключевые слова:** опорные конспекты, учащиеся, успеваемость, уроки.*

Скорость и эффективность работы с информацией напрямую влияют на продуктивность ученика в образовательном процессе. Одним из действенных методов организации информации является создание опорных конспектов [1, с. 154].

Понятие «опорный конспект» изначально связано с именем народного учителя СССР В.Ф. Шаталова [5, с. 124]. Он создал эффективную систему обучения благодаря умелому структурированию материала, наращиванию информации в оптимальном темпе и её многократному повторению [6].

Изучая историю преподавания биологии, было выявлено, что ранее наиболее популярным методом визуализации биологических знаний, исключая проведение лабораторных и практических занятий, были научные иллюстрации и конспекты, выполненные вручную. Эти методические материалы, часто детальные и скрупулёзные. Однако ручной труд и субъективность автора ограничивала их масштабируемость и объективность.

На сегодняшний день конспекты стали более интерактивными, так как можно легко редактировать, форматировать и дополнять текст, вставлять изображения и различные диаграммы или ссылки.

В рамках педагогической практики в период с сентября по ноябрь 2024 года среди обучающихся 9 «Б» и 9 «В» классов МБОУ СШ №17 – 38 человек, был проведен педагогический эксперимент. Экспериментальной группой был 9 «Б» класс, в этом классе ребятам предлагалось составить

Педагогические аспекты преподавания дисциплин естественнонаучного цикла

опорные конспекты по определенному плану. 9 «В» рассматривался в качестве контрольной группы, изучение нового материала давалось по стандартному протоколу классного занятия.

На начальном этапе исследования с целью выявления уровня имеющихся знаний по предмету «Биология» у школьников 9 «Б» и 9 «В» класса был проведен анализ годовых оценок за 8 класс.

Результаты анализа годовых оценок показал, что средняя оценка в обоих классах находится на уровне «хорошо» что соответствует отметке «3,75» в 9 «Б», и «3,61» в 9 «В».

При прохождении тем в 9 классе учащиеся сталкиваются с большим потоком информации. Ученикам было предложено объяснение тем в виде опорных конспектов (рис. 1). Дальнейшая задача заключалась в дополнении по своему усмотрению необходимой информации для более детального запоминания. Приведенный пример конспекта имеет связь не только с ранее пройденными темами по биологии, но и включает межпредметную связь с химией.

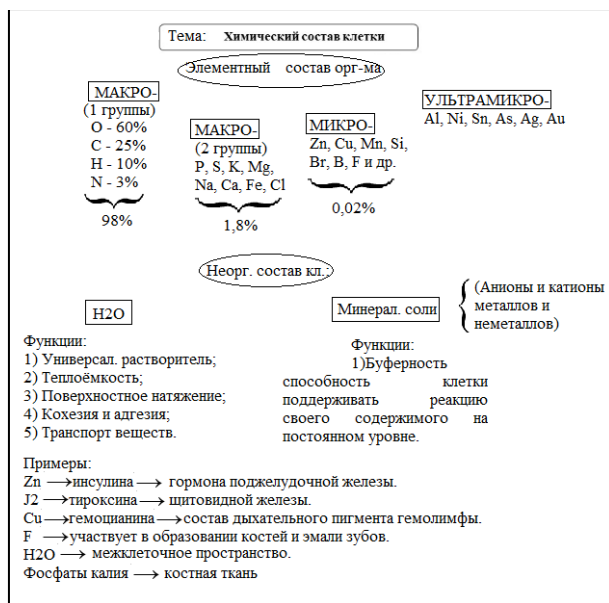


Рис. 1. Образец опорного конспекта по теме:
«Химический состав клетки. Вода и минеральные соли»

Сравнительный анализ опорных конспектов, выполненных учащимися девятых классов, выявил, что между контрольной и экспериментальной группами существуют значительные различия по способу оформления конспекта: полнота информации, структурированность, наглядность, самостоятельность составления конспекта.

Приведем ключевые дидактические условия, способствующие формированию устойчивых навыков конспектирования:

- 1) создание у учащихся мотивации к конспектированию;
- 2) следует начинать обучение с простых форм конспектирования;
- 3) важно акцентировать внимание на понимание текста;
- 4) при объяснении рекомендуется использовать различные визуальные средства;
- 5) требуется научить детей различным техникам конспектирования.
- 6) необходимо предоставлять возможность детям практиковаться в составлении конспектов;
- 7) следует развивать у учащихся навыки вычленения главного, выделения ключевых моментов, установления связей между различными понятиями, а также формулирования кратких и точных выводов;
- 8) важным условием является регулярная проверка и оценка конспектов, составленных детьми;
- 9) современные информационные технологии предоставляют широкие возможности для обучения конспектированию [4, с. 200].

Проанализировав тестовые работы учащихся на контрольном этапе исследования был сделан вывод, что средняя оценка в обоих классах повысилась и находится на уровне «отлично» в 9 «Б» классе, а в 9 «В» хорошо, что соответствует среднему баллу: «4,53» в 9 «Б», и «3,92» в 9 «В».

При сравнении экспериментальной и контрольной группы установлено, что с использованием опорных конспектов на момент окончания педагогического эксперимента дети 9 «Б» в среднем на 0,61 балла лучше усваивают знания в сравнении с учащимися 9 «В».

Таким образом, анализ результатов педагогического эксперимента показал, что использование опорных конспектов положительно влияет на успеваемость учащихся. Средняя оценка в экспериментальном классе (9 «Б») повысилась до уровня «отлично» – 4,53 балла, а в контрольном классе (9 «В») – до уровня «хорошо» – 3,92 балла. Коэффициент усвоения знаний в экспериментальной группе также значительно повысился. Разница в успеваемости между экспериментальной и контрольной группами составила 0,61 балла в пользу экспериментальной группы. Это свидетельствует о том, что использование опорных конспектов способствует более эффективному усвоению знаний по биологии [2, с. 212].

Список литературы

1. Левитес Д.Г. Практика обучения: современные образовательные технологии / Д.Г. Левитес. – М., 2018. – 154 с.
2. Пустохина О.А. Урок в современной школе / О.А. Пустохина. – Волгоград: Учитель, 2019. – 212 с.
3. Павлова Т.А. Графический конспект как средство развития монологической речи у учащихся на уроках биологии (из опыта работы) / Т.А. Павлова // Биология в школе. – 2022. – №3 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://fullbiology.ucoz.ru/index/periodika/0-314> (дата обращения: 01.10.2024).
4. Шаталов В.Ф. Приглашение к поиску / В.Ф. Шаталов. – М.: Педагогика, 2001. – 200 с.
5. Шаталов В.Ф. Точка опоры / В.Ф. Шаталов. – М.: Педагогика, 2002. – 124 с.
6. Эффективные методы организации познавательной учебной деятельности учащихся [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://infourok.ru/vistuplenie-na-kpk-effektivnietodiorganizaciipoznatelnoy-uchebnoy-deyatelnosti-uchashchihsyal181211.html> (дата обращения: 20.02.2025).

Магомедова Аида Насрутдиновна

канд. пед. наук, доцент
ФГБОУ ВО «Дагестанский государственный
педагогический университет»
г. Махачкала, Республика Дагестан

ПРЕОБРАЗОВАНИЕ МИССИИ ПЕДАГОГИЧЕСКОГО УНИВЕРСИТЕТА В СОВРЕМЕННОЙ РОССИИ

***Аннотация:** в статье рассмотрена проблема определения миссии или главной идеи университета, его государственной и общественной значимости, роли в формировании культуры общества, которая сохраняет актуальность до настоящего времени.*

***Ключевые слова:** педагогический университет, миссия университета, концепция образования, эконпедагогика.*

К середине прошлого века стало очевидным, что ставшая классической модель советского образования начала исчерпывать себя и появилась проблема поиска/конструирования новых парадигм образования, педагогических идей, которые можно было бы использовать в качестве методологии обновления педагогики.

Период так называемой «оттепели» в стране (60-е годы XX в.) стал временем проникновения в социум идей диалога, сотрудничества, толерантности, уважения личности – тех элементов культуры, которые могли бы значительно повысить качество образования в его мивоззренческом, духовно-нравственном выражении. Однако, они, по политическим причинам того времени, не стали ориентирами образовательной практики, что позже (конец XX в.) определило проблему поиска гуманистического потенциала образования. В силу происходящих идеологических и социальных преобразований потребовалось образование, в котором человек рассматривался бы, как субъект познания, общения, творчества. Уже на протяжении почти 60-и лет педагогическая наука находится в поиске адекватной происходящим изменениям в обществе человеко-ориентированной концепции образования.

В XXI в. интенсивность поисков гуманистического потенциала образования не только не снизилась, но постоянно возрастает. И прежде всего потому, что множественные трансформации общества, в том числе нравственные, происходят под влиянием информатизации с ее глобальным распространением. Процессы глобализации, сопровождающиеся взаимопроникновением разнородных культур, изменяют представления о ценностях, идеалах, пороках. Однако, они не должны касаться главных, фундаментальных вещей, к которым относится ценность жизни и условия ее существования. Это требует неуклонного повышения роли культурологической направленности педагогического образования, что признается и на государственном уровне: основные нормативные документы, на основе которых проектируется современное образование, ориентируют на культуру, на нравственный рост субъектов.

Так, в законе «Об образовании в Российской Федерации» дано определение высшего образования, согласно которому его целью является осуществление обучения индивидов во всех областях деятельности, необходимой для общества, подготовка высококвалифицированных специалистов в этих областях, претворение в жизнь нужд индивида в *интеллектуальном, культурном и моральном становлении*, усовершенствовании и модернизации обучения, научно-педагогической квалификации).

Федеральные государственные стандарты общего, среднего профессионального и высшего образования определяют в качестве одного из результатов образования формирование человека культуры. Основные образовательные программы различных уровней, разрабатываемые и реализуемые образовательными учреждениями, отражают в своем содержании требования названных нормативов и, следовательно, имеют культурологическую направленность.

Мнение ученых (Н.В. Бордовская, З.И. Равкин, А.А. Реан, С.И. Розуми др.) соответствует государственным идеям. Так, в современной научно-педагогической литературе образование (в самом широком смысле) понимается не как узко-педагогический, а как социокультурный феномен, выполняющий многообразные социальные и культурные функции, как:

- становление человека частью мира науки и культуры;
- социализация индивида и осуществление диалога между поколениями;
- становление человека частью общественной и духовной жизни;
- массовое духовное воспроизводства;
- передача культурно-оформленных методов активности общества;
- развитие регионов, сохранение и развитие традиций и обычаев различных народов;
- передача культурных и нравственных целей и образцов становления социума;
- детерминация изменений в культуре и существовании социума, а также в жизни каждого отдельного индивидуума.

В научных исследованиях социально-экономической направленности образование представлено как триединство: сфера деятельности, образовательная услуга, элемент или характеристика квалификации специалиста. Поэтому образование, включая высшее, некоторые авторы рассматривают в качестве единственного возможного мирного существования индивида в обществе с рыночной экономикой.

Если характеризовать образование с позиции функционального подхода (в представлениях Е.П. Белозерцева, В.С. Библера, Б.С. Гершунского, А.Ф. Лосева, В.В. Розанова, Н.С. Розова, В.А. Слостенина, Л.Н. Харченко и др.), то его можно рассматривать в следующих смысловых плоскостях: как цель; как результат; как процесс; как система; как ценность; как социальное явление; как культурное явление. В современных реалиях ни одна из указанных ипостасей образования не характеризуется направленностью на реализацию культуросозидающего потенциала. Происходит это, в числе прочего, по причине сохраняющейся неопределенности в определении миссии университета, педагогического университета в первую очередь.

Определение миссии современного педагогического университета и роли каждого отдельно взятого сотрудника, преподавателя, студента в выполнении этой миссии можно считать краеугольным камнем проблематики воспитания подрастающего поколения в соответствии с государственными представлениями и требованиями. В жизни общества образование играет огромную роль, оказывая всестороннее влияние на развитие социума, посредством формирования системы знаний у граждан, их опыта, умений, профессиональных и личностных качеств (Ж. Аллака, В. Гумбольдта, И.А. Ильина, В.Б. Миронова, Дж.Г. Ньюмена, Б. Саймона, П.А. Сорокина, К. Ясперса и др.). Признание государство-определяющей роли образования, высшего образования позволяет обозначить миссию педагогического образования как цивилизованную, культуросозидающую, социально-развивающую.

Среди определений понятия «миссия» к настоящему времени существуют две, существенно различающихся группы:

– инструментально-прагматические – как цели и задачи деятельности, выбираемые самой системой, исходя из текущих или перспективных интересов: задание, поручение, требующее большой ответственности; суть деятельности организации, цель, на которую направлена ее активность; цель деятельности организации с точки зрения претворения в жизнь нужд клиентов, направленности сотрудников на усовершенствование своих навыков;

– идейно-философские – как предназначение и смысл чего-либо, задаваемые явлениями и процессами более высокого порядка: роль, предназначение чего-либо для общества; смысл деятельности организации, философия и предназначение; пример – миссия компании Matsushita, владелец, которой Коносукэ Мацусита считал, что миссия компании заключается в противостоянии бедности и увеличении доходов общества.

Заметим, что исходным является философское трактование, однако в настоящее время в большинстве организаций (включая педагогические университеты) миссия формулируется в прикладных терминах. Однако среди основных аспектов миссии педагогического университета обязательно должны быть четко определены: философия педагогического университета, цель функционирования, область деятельности, способы достижения поставленных целей, формы взаимодействия с региональным сообществом и обществом в целом (социальная политика). При этом миссия университета должна иметь общий философский смысл и в тоже время содержать то, что делает её особенной, уникальной именно для того университета, в котором она разработана. Так, С. Бланк, один из основателей Силиконовой долины, американский предприниматель, по данному поводу пишет, что создание миссии организации скажется на ней положительно, только если задачи, содержащиеся в ней, реальны и дают людям осознание того, для чего они каждый день приходят и выполняют служебные обязанности.

Проблема определения миссии или главной идеи университета, его государственной и общественной значимости, роли в формировании культуры общества сохраняет актуальность до настоящего времени. К

этой теме постоянно обращались исследователи разных исторических эпох. Их взгляды, порой, существенно разнятся, поскольку вместе со сменой эпох, меняются и люди, их интересы и потребности, меняются системы и учреждения образования. Однако неизменным можно считать представление о роли высшего образования как социального института, задающего общий культурный контент личности, обществу, государству, позволяющий наладить культурный диалог, активизировать цивилизованные механизмы взаимодействия общества с государством, обществом, бизнесом.

Университет, как образовательно-воспитательная система, на многовековом пути своего развития и сохранял фундаментальные, смысловые основы своего функционирования, и изменялся; это, по своей сути, консервативная, и в тоже время развивающаяся социально-педагогическая система. Будучи институтом общественной культуры, он меняется под влиянием внешних социально-экономических процессов и сам оказывает воздействие на эти процессы, на процессы культурогенеза (как на уровне общецивилизационных тенденций, так и на уровне процессов в отдельных государствах). В исторической ретроспективе очевидно, что изменения университета происходили по всем его характеристикам: методическим и технологическим, нормативно-коммуникативным, ценностно-смысловым (миссианским). Соответствующие сведения содержатся в трудах зарубежных авторов К. Ясперса, Дж. Г. Ньюмена, Ортега-и-Гассет, отечественных ученых А. Кизеветтера, Н.И. Пирогова, В.А. Садовниченко и др., где отраже, в том числе, представления исследователей об идеалах и главной миссии университета.

Одна из первых целостных концепций университета и университетского образования была предложена В. Гумбольдтом, который воплотил ее основные положения при становлении Берлинского университета (идея – образование наукой, единство обучения и исследования). Дж. Ньюмен, в контексте миссии университета раскрывал ведущую цель существования: университет формирует интеллект, интеллектуальную культуру и универсальные знания. В представлениях Ортега-и-Гассет миссия университета – культурная; в идеальном университете обязательный и самый важный факультет – факультет культуры, изучаемые дисциплины должны формировать культуру. К. Ясперс определяет для университета тройственную миссию, при этом интегрирует вышеприведенные идеи и определяет, что университет воссоздает культуру посредством проведения исследований и обучения студентов.

В России к вопросам определения миссии университета обращались такие исследователи, как А. Кизеветтер, М.В. Ломоносов, М. Новиков, Н.И. Пирогов, В.А. Садовнический и др. К примеру, М.В. Ломоносов «полагал университет в качестве центра национальной культуры, а Н.И. Пирогов считал, что наши университеты напрямую направлены на то, чтобы освещать студентам их дальнейшую жизнь, быть маяками в выборе профессии и ее реализации. При этом педагог считал, что университеты определяют уровень нравственности и развития общества, их назначение в том числе состоит в развитии в личности тех качеств, которые помогут обществу стать лучше.

Исследователь истории Московского университета А. Кизеветтер видел основную идею университета в служении обществу: университетская наука должна служить общественному благу, восполнять духовные потребности общества. А.М. Новиков, некогда возглавлявший Московский университет, пишет о том, что идея университета состоит в культивировании высшего знания, свободы мысли, общественном служении и просвещении. А нынешний ректор МГУ В.А. Садовничий считает университет национальным достоянием, миссия которого – культуuroобразующая, цивилизационная, нациообразующая.

К актуальным направлениям поиска новых ценностно-смысловых ориентиров для формулирования современной миссии университета относится обеспечение полноценного учета состояния природы и общества, их взаимоотношений. К настоящему моменту оно таково, что игнорирование нравственной или нравственно – природной составляющей образования не может не сказаться отрицательно на состоянии как природы, так и социума, как отдельной личности, так и государства. Недостаток нравственной, а точнее, биоэтической составляющей в ценностно-целевых характеристиках образования не позволяет проектировать и организовывать образовательный процесс таким образом, чтобы он обеспечивал формирование такой личностной и общественной культуры, которая бы способствовала сохранению природной части мироздания. Одним из существующих на настоящий момент результатов научного и практического поиска эффективных в плане биоэтических ориентиров принципов, средств, методов образования является экопедагогика. Она возникла на стыке экологии и педагогики и в определенной мере может способствовать улучшению нравственного климата в образовательном обществе и в обществе в целом.

Нужно отметить, что перед экопедагогикой, которая отличается по своему содержанию в разных странах, стоят многообразные задачи. Это, например, задачи противостояния промышленной цивилизации и природоразрушительным крайностям научно-технического прогресса, технологическому или сугубо потребительскому отношению к природе; задача построения футуристических проектов будущего планеты и человеческой жизни в этих гипотетических условиях; задача создания человеко- и природо-ориентированных образовательных систем и пр. Сближает разные экопедагогические течения то, что все они нацелены на построение общества гуманизма.

Идейные вдохновители и сторонники экопедагогики считают данный вид педагогики альтернативным и одновременно перспективным направлением развития социальной и педагогической мысли. При этом все ныне существующие концепции развития государства и общества, формальные (формализованные) системы образования ими жестко критикуются. Жесткость в критике проявляется вследствие того, что довольно долгое время в культуре общества и в культуре образования, функционирующих как придатки экономики (не экологичной, не гуманной) индустриальной культуры, не происходит значительных перемен, которые бы свидетель-

ствовали о совершенствовании нравственных основ образования и культуры. Нравственной может быть только та культура, по мнению сторонников экопедагогике, которая улучшает человека и его взаимоотношения с природой.

Представители экопедагогике обосновано и конструктивно оппонировать социально-техническим концепциям экологического воспитания, согласно постулатам которых предполагается ориентировать воспитанников на содействие смягчению темпов эксплуатации и разрушения природы посредством изменения индивидуального поведения человека. С точки зрения экопедагогике, любое насильственное отношение к природе, казалось бы, просчитываемое и планируемое с научно-технической точки зрения, только усложняет ситуацию, ухудшает взаимодействия в системе «человек-природа». Хищническое отношение, высокий уровень эксплуатации природы не могут быть смягчены просто принятием новых лозунгов, типа: «улучшение качества жизни», «жить в согласии с природой», «воспитание дисциплинированных природопользователей» и т. п.

В данном контексте важной представляется точка зрения Н.Н. Моисеева, изучавший взаимоотношения цивилизации и природы, который отводил университету роль верхнего звена в системе накопления и передачи знаний, культуры, моральных ценностей следующим поколениям. В целом ученый и мыслитель называл эту систему «УЧИТЕЛЬ», подразумевая и университетское, и все другие уровни образования, включая семейное воспитание, дополнительное, включая постуниверситетское, образование, а также СМИ и Интернет. В системе «*учитель*», по мнению Н.Н. Моисеева, университет – самое важное звено, поскольку объединяет и передачу традиций, и образовательные приоритеты нации, и формирование основ человеческой нравственности. Именно университет растит новую цивилизацию, обучает будущих специалистов с позиций общечеловеческой морали, прежде всего с позиций гуманных взаимоотношений общества с Природой. Гуманизм, который рождается на пересечении гуманитарного и естественнонаучного знания, должен, по мнению Н.Н. Моисеева, зародиться и пестоваться в университетах – в этом их обязанность и ответственность.

В научной мысли России университету, высшему образованию отводилась и продолжает отводиться роль условия, преобразующего общество и реальность; воспитательная и культууроформирующая функции считаются главными. По мнению ученых и организаторов университетского образования, современный университет обладает развивающим и воспитательным потенциалами, способными раскрыть внутренние силы человека, развить разум и интеллект, нравственно возвысить человека, обеспечить становление основных составляющих общечеловеческой культуры.

Особая роль в данной связи принадлежит педагогическим вузам, в образовательном процессе которых осуществляется подготовка учителя, обладающего необходимыми – биоэтическими – ценностными ориентациями. Ценности являются основой педагогического образования; формирование профессиональных ценностных ориентаций будущих учителей – приоритетное направление их воспитания в системе высшего образования. Формируемые сегодня ценности студента – будущего учителя – это

ориентир и фундамент для будущей культуры общества. Причем большинство мыслителей убеждены в острой необходимости серьезного преобразования ценностно-смысловых основ культуры общества. Например, по мнению немецкого ученого Е.У. Вайцзакера, грядущее общество сохранит себя как цивилизованное общество, только если его культура будет серьезным образом отличаться от той, которая господствует в нем сегодня. А именно, как считает исследователь, мировоззрение и, следовательно, культура общества должны уйти от единственного ныне способа оценивания всего окружающего – от монетарного способа. Он также утверждает, что природа, животные, растения, как и человек, ценны сами по себе, им не нужно этого доказывать, им нужно вернуть их ценность; человек должны рассматривать Землю как родину и потому не имеет права вредить ей, ведь в любой культуре родина – это священное место.

Рассматривая вопрос о миссии педагогического университета, мы не могли обойти вниманием Magna Charta Universitatum – Великую хартию университетов, которая была провозглашена и принята европейским университетским сообществом на праздновании 900-летия Болонского университета 18 сентября 1988 г. Великая Хартия Университетов утверждает миссию в современном мире как центров воспроизведения культуры, производства знаний и научных исследований.

Еще одним важным соображением видится следующее: миссия университета неразрывно связана с идеей обеспечения непрерывного развития личности, общества. В интеграции с ранее приведенными взглядами, можно сказать, что педагогический университет несет моральную ответственность перед обществом, так как вуз – созидатель культуры общества, а выпускники вуза – это нравственный и интеллектуальный специалист, несущий культуру в общество; миссия современного педагогического университетского образования – созидание культуры, которую понесут в общество его выпускники.

Процессы развития университетов не завершены, они развиваются под влиянием подвижности социально-экономических и идеологических условий той или иной страны. Соответственно, концепции и идеи относительно миссии университетов в настоящее время не сформированы до конца, данная проблематика остается актуальной. Однако считаем необходимым принять за аксиому тезис о том, миссия педагогического университета всегда связана с культуросозиданием. Так, С.И. Гессен, обращаясь к сущностной характеристике образования, писал о том, что образование подразумевает культуру лица, потому целью любого образовательного процесса является отражение в сознании человека нравственных и иных ценностей, основных постулатов права, искусства, благодаря чему индивид становится действительно культурным человеком. По его мнению, которое близко и нам, образование длится в течение всего существования человека, и сказать, что он уже образован достаточно, может лишь глубоко необразованный человек.

В результате проведенного анализа научной литературы относительно заявленной в теме проблематики, обобщения практического опыта функ-

ционирования современных педагогических вузов России нами констатируется текущая неопределенность и продолжающаяся трансформация миссии университета. Преодоление этой неопределенности возможно за счет усиления экологической, биоэтической составляющей целей и ценностей, смыслов и установок высшего педагогического образования. А именно:

– текущая неопределенность миссии университета позволяет внести обоснованный вклад в ее уточнение – путем включения категорий биоэтики в проектирование ее содержания и биоэтического уточнения функций образования, реализуемых через посредство университетов (педагогических университетов, в первую очередь);

– цивилизационная, а именно культуросозидающая (а также культуротранслирующая и развивающая) функция образования, которая должна находить отражение в миссии университета, позволяет включить формирование биоэтической культуры студентов в состав целевых ориентиров педагогического университета;

– посредническая функция образования, обеспечивающая культурный диалог государства и общества, позволяющая функционировать механизмам взаимодействия между ними, предполагает включение в состав тактических задач педагогических университетов, (как непосредственных действий по реализации отраженных в миссии функций образования), обучение студентов способам, принципам, механизмам ретрансляции биоэтических знаний и ценностей в общество;

– консолидирующая (нациообразующая) функция образования может трансформироваться (путем расширения) в экообразующую (обеспечивающую единство человек-природа) через детерминацию и активизацию просветительской деятельности педагогов со сформированной биоэтической культурой.

Список литературы

1. Бланк С. Четыре шага к озарению. Стратегии создания успешных стартапов / С. Бланк. – М.: Альпина Паблишер, 2014. – 368 с.
2. Бордовский В.А. Теория и практика организационно-методического обеспечения инновационного развития высшего педагогического образования: автореф. дис. ... докт. пед. наук: 13.00.08 / Владимир Алексеевич Бордовский. – СПб.: Рос. гос. пед. ун-т, 1999. – 38 с. EDN NLMKSP
3. Борзенков В. Преодоление раскола? / В. Борзенков // Высшее образование в России. – 1999. – №5. – С. 23–31
4. Валуни В.И. Социальная экология / В.И.Валуни [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://studme.org/166994/ekologiya/ekologicheskaya_kultura (дата обращения: 11.05.2025)
5. Ильиных И.А. Экологическая этика: учебное пособие / И.А. Ильиных. – 2-е изд., стер. – М.; Берлин: Директ-Медиа, 2020. – 736 с.
6. Кавтарадзе Д.Н. Природа: от охраны – к заботе? / Д.Н. Кавтарадзе // Знание – сила. – 1990. – №3. – С. 13
7. Корнетов Г.Б. Педагогическое наследие человечества в пространстве образования XXI века: монография / Г.Б. Корнетов, Е.Н. Астафьева, Н.Б. Баранникова. – М.: Корпоративный университет развития образования, 2024. – 240 с. EDN ULDDDC
8. Ортега-и-Гассет Х. Миссия университета / Х. Ортега-и-Гассет; пер. с исп. М.Н. Голубевой; ред. Перевода А.М. Корбут; под общ. ред. М.А. Гусаковского. – Минск: БГУ, 2005. – 104 с.

9. Моисеев Н.Н. Цивилизация на переломе. Пути России / Н.Н. Моисеев. – М.: ИСПИ РАН, 1996. – 167 с.

10. Ниязова А.А. Историко-логический анализ становления и развития непрерывного социально-экологического образования / А.А. Ниязова, Ф.И. Аметова // Мир науки, культуры, образования. – 2024. – №3 (106). – С. 110–113. – DOI 10.24412/1991-5497-2024-3106-110-113. – EDN ECQCTA

11. Русский космизм: антология философской мысли / сост. С.Г. Семенова, А.Г. Гачева. – М.: Педагогика-Пресс, 1993. – 368 с.

12. Naan G. de. Ökologie-Handbuch Sekundarstufe I: sieben Umweltthemen in nichtmathematisch-naturwissenschaftlichen Fächern. Weinheim; Basel: Beltz, 1994. 242 s.

Набиуллина Лилия Юрьевна

магистрант

Пырова Светлана Александровна

канд. с.-х. наук, доцент

ФГБОУ ВО «Ульяновский государственный
педагогический университет им. И.Н. Ульянова»

г. Ульяновск, Ульяновская область

ФОРМИРОВАНИЕ ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ КУЛЬТУРЫ У ШКОЛЬНИКОВ 6–7 КЛАССОВ УЛЬЯНОВСКОЙ ОБЛАСТИ НА СЕМЕЙНОМ ОБУЧЕНИИ

***Аннотация:** статья посвящена исследованию влияния семейного обучения на формирование экологической культуры у школьников 6–7 классов в Ульяновской области. Проведен анализ теоретических источников, разработана и проведена анкета для учащихся, находящихся на семейном обучении и обучающихся в традиционной школе. Результаты анкетирования показали, что школьники, находящиеся на семейном обучении, демонстрируют более высокий уровень экологической осведомленности, более выраженные экологические ценности и более активно проявляют экологически ориентированное поведение. Выявлены факторы, способствующие формированию экологической культуры в условиях семейного обучения, и сформулированы рекомендации для родителей и педагогов.*

***Ключевые слова:** экологическая культура, экологическое образование, семейное обучение, школьники, Ульяновская область, анкетирование, экологическая осведомленность, экологические ценности, экологически ориентированное поведение.*

В эпоху глобальных экологических вызовов, формирование экологической культуры у подрастающего поколения становится не просто желательным, а жизненно необходимым. От того, насколько осознанно и ответственно дети будут относиться к окружающей среде, зависит будущее нашей планеты [4, с. 13].

Формирование экологической культуры у школьников среднего звена – это инвестиция в будущее нашей планеты. Развивая экологическое сознание и ответственность у подрастающего поколения, мы создаем условия для устойчивого развития и сохранения природы для будущих поколений. Необходимо использовать все доступные ресурсы и возможности для того, чтобы экологическая культура стала неотъемлемой частью жизни каждого школьника [5, с. 52].

Традиционная система образования играет важную роль в этом процессе, однако в последние годы все большее внимание уделяется альтернативным формам обучения, в частности, семейному образованию. Данная статья посвящена исследованию влияния семейного обучения на формирование экологической культуры у школьников 6–7 классов в Ульяновской области.

Проблема экологического образования приобретает особую остроту в связи с ухудшением экологической обстановки во многих регионах России, в том числе и в Ульяновской области. Загрязнение воздуха и воды, вырубка лесов, истощение природных ресурсов – все это требует активных действий по формированию экологически осознанного поколения [1, с. 112].

Семейное обучение, благодаря своей гибкости и индивидуальному подходу, может стать эффективным инструментом в решении этой задачи.

Целью исследования является выявление и анализ особенностей формирования экологической культуры у школьников 6–7 классов, находящихся на семейном обучении в Ульяновской области, и сравнение полученных данных с показателями учащихся, обучающихся в традиционной средней школе.

Для достижения поставленной цели были определены следующие задачи.

1. Провести анализ теоретических источников по вопросам экологической культуры, экологического образования и семейного обучения.
2. Разработать анкету для школьников 6–7 классов, находящихся на семейном обучении и обучающихся в обычной средней школе, с целью выявления уровня их экологической осведомленности, ценностей.
3. Провести анкетирование учащихся средней школы и учащихся, которые находятся на семейном обучении в Ульяновской области.
4. Проанализировать результаты анкетирования и сравнить показатели экологической культуры между группами учащихся.
5. Выявить факторы, влияющие на формирование экологической культуры в условиях семейного обучения.
6. Разработать рекомендации для родителей и педагогов, практикующих семейное обучение, по повышению эффективности экологического образования.

В ходе исследования использовались следующие методы:

- теоретический анализ: изучение научных публикаций, методических разработок и нормативных документов по вопросам экологического образования и семейного обучения;
- анкетирование: проведение опроса учащихся 6–7 классов, находящихся на семейном обучении и обучающихся в традиционной школе, с использованием специально разработанной анкеты;

Педагогические аспекты преподавания дисциплин естественнонаучного цикла

– статистический анализ: обработка данных, полученных в результате анкетирования, с использованием методов описательной статистики и сравнительного анализа;

– качественный анализ: анализ ответов на открытые вопросы анкеты с целью выявления факторов, влияющих на формирование экологической культуры.

Для проведения анкетирования была разработана анкета, включающая вопросы, направленные на оценку следующих аспектов:

– экологическая осведомленность: знание основных экологических проблем, принципов устойчивого развития и правил экологически безопасного поведения;

– экологические ценности: отношение к природе, мотивация к участию в природоохранной деятельности, готовность к изменению своего образа жизни в соответствии с экологическими принципами;

– экологически ориентированное поведение: участие в экологических акциях, сортировка мусора, экономия воды и электроэнергии, использование экологически чистых товаров.

В анкетировании приняли участие 25 школьников 6–7 классов, находящихся на семейном обучении, и 25 школьников, обучающихся в традиционной средней школе №73 в Ульяновской области. Результаты анкетирования представлены в таблицах ниже.

Таблица 1

Сравнение уровня экологической осведомленности учащихся

Показатель	Семейное обучение (%)	Традиционная школа (%)
Знают об основных экологических проблемах	80	65
Знают принципы устойчивого развития	60	40
Знают правила экологически безопасного поведения	75	55

Таблица 2

Сравнение выраженности экологических ценностей у учащихся

Показатель	Семейное обучение (%)	Традиционная школа (%)
Положительное отношение к природе	90	80
Мотивация к участию в природоохранной деятельности	70	50
Готовность к изменению образа жизни	65	45

Сравнение выраженности экологически ориентированного поведения у учащихся

Показатель	Семейное обучение (%)	Традиционная школа (%)
Участвуют в экологических акциях	40	25
Сортируют мусор	60	40
Экономят воду и электроэнергию	75	60
Используют экологически чистые товары	30	20

Анализ результатов анкетирования показал, что школьники, находящиеся на семейном обучении, демонстрируют более высокий уровень экологической осведомленности, более выраженные экологические ценности и более активно проявляют экологически ориентированное поведение, по сравнению с учащимися традиционной средней школы.

Качественный анализ ответов на открытые вопросы анкеты позволил выявить ряд факторов, которые способствуют формированию экологической культуры в условиях семейного обучения.

1. Индивидуальный подход к обучению: родители имеют возможность адаптировать учебную программу к интересам и потребностям ребенка, уделяя больше внимания экологическим темам, которые вызывают у него наибольший интерес.

2. Интеграция экологического образования в повседневную жизнь: родители могут обучать детей экологически безопасному поведению на практике, вовлекая их в сортировку мусора, экономию ресурсов, уход за садом и огородом.

3. Пример родителей: дети часто перенимают экологические ценности и поведенческие модели своих родителей, поэтому важно, чтобы родители сами были экологически осознанными и ответственными.

4. Гибкий график обучения: позволяет больше времени проводить на природе, изучать экологические процессы в естественной среде, участвовать в экологических акциях и проектах.

5. Возможность выбора образовательных ресурсов: родители могут использовать различные образовательные ресурсы, такие как книги, фильмы, интернет-сайты, экологические игры, для расширения знаний детей об окружающей среде.

На основе результатов исследования можно сформулировать следующие рекомендации для педагогов дополнительного образования, учителей, родителей, практикующих семейное обучение, по повышению эффективности экологического образования.

1. Включать экологические темы в учебную программу по различным предметам: биологии, географии, химии, истории, литературе, физике.

2. Использовать интерактивные методы обучения: игры, эксперименты, проекты, экскурсии, которые позволяют детям активно участвовать в процессе обучения и развивать практические навыки.

3. Вовлекать детей в природоохранную деятельность: участие в экологических акциях, уборке территорий, посадке деревьев, уходе за животными и растениями.

4. Поощрять самостоятельное изучение экологических проблем: чтение книг и статей, просмотр фильмов, поиск информации в интернете.

5. Создавать условия для общения с единомышленниками: посещение экологических клубов, лагерей, конференций.

6. Личным примером демонстрировать экологически ответственное поведение: сортировать мусор, экономить ресурсы, использовать экологически чистые товары.

Проведенное исследование показало, что семейное обучение может быть эффективным инструментом в формировании экологической культуры у школьников 6–7 классов. Школьники, находящиеся на семейном обучении, демонстрируют более высокий уровень экологической осведомленности, более выраженные экологические ценности и более активно проявляют экологически ориентированное поведение, по сравнению с учащимися традиционной школы. Это связано с индивидуальным подходом к обучению, интеграцией экологического образования в повседневную жизнь, примером родителей, гибким графиком обучения и возможностью выбора образовательных ресурсов.

Для дальнейшего повышения эффективности экологического образования в условиях семейного обучения необходимо продолжать разработку и внедрение инновационных методик и технологий, а также активно привлекать родителей к процессу формирования экологической культуры у детей. Только совместными усилиями семьи, школы и общества мы сможем воспитать поколение, способное сохранить и улучшить окружающую среду для будущих поколений [2, с. 26].

Список литературы

1. Захлебный А.Н. Экологическое образование школьников во внеклассной работе: пособие для учителей / А.Н. Захлебный. – М.: Просвещение, 2019. – 208 с.
2. Кириллова З.А. Экологическое образование и воспитание школьников в процессе изучения природы / З.А. Кириллова // Биология в школе. – 2018. – №5. – С. 25–27
3. Кучер Т.В. Экологическое воспитание учащихся / Т.В. Кучер. – М.: Просвещение, 2020. – 174 с.
4. Новолодская Е.Г. Методика развития экологической культуры у младших школьников / Е.Г. Новолодская // Биология в школе. – 2002. – №3. – С. 52–55

Нефедова Екатерина Васильевна
студентка

Истомина Елена Юрьевна
канд. биол. наук, доцент
ФГБОУ ВО «Ульяновский государственный
педагогический университет им. И.Н. Ульянова»
г. Ульяновск, Ульяновская область

ЛЕТНИЕ ПРОФИЛЬНЫЕ СМЕНЫ ЭКОЛОГО-БИОЛОГИЧЕСКОЙ ТЕМАТИКИ КАК ФОРМА ОРГАНИЗАЦИИ КАНИКУЛЯРНОГО ОТДЫХА ШКОЛЬНИКОВ

Аннотация: в статье рассматриваются летние профильные школы эколого-биологического профиля, формирующие предметные компетенции школьников. Приводится тематика и структура программ летних профильных школ, а также авторская разработка программы «С биологией на «ты»».

Ключевые слова: профильные смены, программа летних профильных смен эколого-биологической направленности, содержание программы летних профильных смен, тематика программы летних профильных смен.

В настоящее время довольно сложно грамотно выстроить учебную программу естественно-научного профиля, сделать её интересной и привлекательной для школьников, ведь важно совместить развитие науки, внедрение новых технологий, актуальные темы и интересы школьников. В этой связи особое значение и актуальность приобретают летние профильные школы – форма образовательной и оздоровительной деятельности с одаренными или социально активными детьми, проводимая как смена юных техников, химиков, экологов, спортсменов, математиков, журналистов и других направлений. Именно правильно организованные и содержательно интересные летние профильные школы востребованы как со стороны школьников и их родителей, так и всевозможных образовательных организаций.

На основании приказа Министерства образования от 13.07.2001 №2688 под сменой профильного лагеря понимается форма образовательной и оздоровительной деятельности с творчески одарёнными или социально активными детьми, проводимая как смена юных техников, туристов-краеведов, экологов, спортсменов, математиков, филологов, журналистов, спасателей, моряков, автомобилистов, волонтеров, актива детских и молодёжных общественных объединений, зимняя и летняя профильная школа по различным видам детского творчества и т. п. в период каникул с круглосуточным или дневным пребыванием обучающихся и воспитанников.

Профильная смена – это объединение детей и педагогов, совместно реализующих один или несколько образовательных проектов (программ) в интересах детей [3].

По материалам образовательного центра «Орион» профильная смена – форма учебно-воспитательной работы, при которой учитываются интересы, склонности и способности учащихся, создаются условия для максимального развития в соответствии с их познавательными и профессиональными намерениями [6].

Для знакомства с программами летних профильных смен эколого-биологической направленности и их содержанием были проанализированы 5 программ, представленных в свободном доступе в сети интернет на сайтах образовательных организаций (табл. 1).

По итогам сравнительного анализа программ летних профильных смен, на наш взгляд, наиболее оптимальной является программа «Поколение БИО». Несмотря на небольшую длительность (4 дня, 24 часа), разделы и темы чётко структурированы и соответствуют профилю. Каждый день посвящён одному разделу: ботаника, зоология беспозвоночных и позвоночных, анатомия. На занятиях присутствуют как лекции, так и экскурсии, практические и лабораторные работы, следовательно, учащиеся сразу смогут применить знания на практике, тем самым закрепив их.

Стоит отметить, что программ эколого-биологической направленности оказалось немного, что делает нашу программу особенно уникальной. По итогам анализа выяснилось, что биологию часто рассматривают как самостоятельную и отдельную дисциплину для изучения. Часто встречаются разработки программы эколого-географического и эколого-оздоровительного направления. Возраст участников программ варьируется от 10 до 15 лет, но большая часть рассчитана на детей от 11 до 13 лет, ведь именно в этом возрасте активность и познавательная деятельность у детей возрастает и требует изучение новых направлений и закрепление уже изученных.

Таким образом, разработка летних профильных смен эколого-биологической направленности является не только сложным и многогранным, но и довольно интересным и актуальным процессом. Так как программ данного профиля немного, то при разработке программы следует учитывать все требования и нюансы, правильно организовать себя и всех участников смены, а также учитывать интересы детей и последние изменения в системе.

Разработку нашей программы мы начали с её названия. Биология – наука сложная, а нашей целью было показать, что даже сложные на первый взгляд вещи, на деле могут оказаться совершенно ясными и объяснимыми. Поэтому было решено назвать программу летней профильной школы эколого-биологической направленности «С биологией на «ты».

Таблица 1

Сравнительный анализ программ летних профильных смен эколого-биологической направленности

№ п/п	Название программы	Разработчик	Возраст учащихся / кол-во дней (часов)	Содержание
1	«Юный исследователь»	Минина О.М. [5] учитель химии и биологии МСОШ №8 г. Красновишерска Пермского края	13–14 лет (6–7 класс) 10 дней 10 ч.	<ol style="list-style-type: none"> 1. Вводное. 2. Экскурсия в смешанный лес. 3. Исследование животного мира биогеоценоза леса. 4. Обработка собранного материала. Занятие. Исследование биогеоценоза луга. Экскурсия к водоёму. 5. Типы нарушения фитоценозов под действием природных и антропогенных факторов. 6. Итоговое мероприятие по подведению итогов.
2	«Старт в науку» (Эколого-географическое направление)	Жуковская Э.А. [6], начальник лагеря, учитель начальных классов МКОУ Подгоренский лицей имени Н.А. Белозорова Россошанского муниципального района Воронежской области	11–13 лет (5–6 класс) 21 день 42 ч.	<ol style="list-style-type: none"> 1. Экскурсия в городскую библиотеку: «Пернатые друзья»: орнитологический турнир. 2. О Земле, глобусах, картах и планах. Как люди определяли форму и размер Земли. 3. Ботаника – наука о растениях. 4. Адреса земных объектов. Модели и выкройки Земли. 5. Интеллектуальный марафон ко Дню России «Отечество мое, мой край, моя Россия» 6. О тех, кто бежит, прыгает и летает. 7. Топографические карты и планы. Тайны топографической карты. 8. Экологический марафон «Экскурсия по цветочной галерее». Игра-поиск «Насекомые нашего края». 9. Игровая программа «Огонь – друг, огонь – враг». Встреча с инспектором пожарной части.

				<p>10. Экскурсия в с. Новая Калитва «Миронова гора. Путешествие в прошлое».</p> <p>11. Игровая программа «С днем варенья!» Шахматный турнир.</p> <p>12. Знакомство с химией.</p> <p>13. Расстояние и площади на карте. Азбука карты.</p> <p>14. Экологика спешит на помощь.</p> <p>15. Третье измерение. С картой и компасом по маршруту.</p> <p>16. Встреча с инспекторами ОГИБДД ОМВД на базе ДРПК «Изумрудный».</p> <p>17. Загадочная стрелка. В каком направлении.</p> <p>18. Где мы находимся? Познавательная игра по окружающему миру «Кто хочет стать миллионером?»</p> <p>19. Занимательный час по экологии. Экскурсия «Лекарственные растения нашего края».</p> <p>20. Экологическая акция «Чистота спасет мир»</p>
3	«Кедровка»	Андросюк Е.В. [1] педагог дополнительного образования п. Чегдомын	10–15 лет, 30 ч.	<p>1. Эколого-биологический раздел 1. Экология. Цивилизация. Культура (1 час)</p> <p>2. Экология растений (9 часов)</p> <p>3. Экология животных (9 часов)</p> <p>4. Охрана природы и туризм (9 часов)</p>
4	Эколого-оздоровительная профильная смена «Экомир»	Ильенкова Ю.Б. [4] учитель географии биологии MAOY Школа №16 г. Благовещенска	11–14 лет (5–7 классы) 10 дней 20 часов	<p>1. Озеленение школьной территории.</p> <p>2. Растения Амурской области. Красная книга Амурской области. Практическое занятие «Работа с определителем растений».</p> <p>Мероприятие «Растения вокруг нас».</p> <p>3. Экскурсия по экологической тропе пришкольной территории MAOY «Школа №16 г. Благовещенска».</p> <p>4. Практическое занятие «Уход за школьными растениями».</p>

				<p>Своя игра «Познай свой край».</p> <p>5. Сбор и оформление материалов по пришкольному двору для НПК, проектов. Выпуск экологических буклетов и листовок. Подготовка к защите экологических проектов.</p> <p>6. Экскурсия в мини-зоопарк Амурского биологического центра, Экзотик Парк.</p> <p>Практическое занятие «Животные мира».</p> <p>7. Акция «Частый школьный двор».</p> <p>Подвижные экологические игры на стадионе школы.</p> <p>8. Практическое занятие «Охрана и восстановление водных ресурсов: проблемы питьевой воды, очистки загрязненных стоков».</p> <p>9. Конкурс рисунков «ЭКОМИР». Защита проектов «Природа и творчество».</p> <p>Подведение итогов. Награждение</p>
5	«Поколение БИО»	Афонина И.С [2] заместитель директора по содержанию ГБОУ Школа №851 г.Москва	12–14 лет (6–7 классы) 24 ч.	<p>1. День практической ботаники.</p> <p>2. День зоологии беспозвоночных.</p> <p>3. День зоологии позвоночных животных.</p> <p>4. День анатомии человека</p>

Программа рассчитывается на детей 12–15 лет, поэтому следующим шагом стало изучение разделов учебников 7–9 классов, для дальнейшего составления планов-конспектов. После анализа стало ясно, какие темы учащиеся должны знать точно, а какие темы окажутся новыми.

Учебную программу мы разделили на 4 содержательных раздела: общая биология, ботаника, зоология, экология. Каждое занятие состояло из небольшой лекции и практического или лабораторного занятия. Мы считаем, что именно такой подход позволяет лучше усвоить пройденный материал и закрепить его.

Стоит отметить, что при подготовке занятий необходимо проверить соответствие лекционного материала с практическими, продумать каждое лабораторное занятие, составить список необходимых материалов и оборудования, чтобы избежать внештатных ситуаций при реализации программы.

Структура программы «С биологией на «ты» включает 3 раздела. В первом разделе «Комплекс основных характеристик программы» традиционно приведены пояснительная записка, в которой указаны основные нормативные документы, направленность, актуальность и новизна, объём и сроки, и т. д., прописаны цели и задачи программы.

Второй раздел «Содержание учебного плана» включает в себя учебный план с названиями разделов и тем, видами учебных занятий, а также в разделе описаны предметные, метапредметные и личностные планируемые результаты

Третий раздел «Комплекс организационно-педагогических условий» содержит следующие пункты:

1) календарный учебный график, в котором описаны место и время проведения занятий;

2) условия реализации программы: методическое, кадровое, информационное и материально-техническое обеспечение.

Также в программе приводится список литературы, используемый при подготовке.

Таким образом, летние профильные смены становятся все более популярной формой организации каникулярного отдыха для школьников в России. Они представляют собой специализированные детские лагеря, где учащиеся могут не только отдыхать, но и углубленно изучать определенные дисциплины или развивать свои навыки в различных областях. Разработанная нами программа подходит для реализации в школах в качестве летних профильных смен по биологии и экологии, так и в системе дополнительного образования, в кванториумах и технопарках. Программа может быть использована студентами педагогических направлений, проходящих летнюю педагогическую практику (вожатскую).

Список литературы

1. Андросюк Е.В. Программа летнего эколого-биологического лагеря «Кедровка» / Е.В. Андросюк. – 2023 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://infourok.ru/programma-letnego-ekologo-biologicheskogo-lagerya-kedrovka-6958210.html> (дата обращения: 02.06.2025)

2. Афонина И.С. Информационная карта образовательной смены «Поколение БИО» / И.С. Афонина. – 2024 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://sch851u.mskobr.ru/files/NEWS/2024/май/13/Образовательная%20программа%20Поколение%20БИО.pdf> (дата обращения: 02.06.2025)

3. Баринаева Е.В. Профильная смена в условиях современного ДОЛ / Е.В. Баринаева // Материалы XII Международной студенческой научной конференции «Студенческий научный форум». – 2020 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://scienceforum.ru/2020/article/2018019227> (дата обращения: 02.06.2025)

4. Ильенкова Ю.Б. Программа проведения летней эколого-оздоровительной профильной смены «Экомир» / Ю.Б. Ильенкова. – Благовещенск, 2022 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://multiurok.ru/files/programma-profilnoi-ekologicheskoi-smeny-ekomir.html> (дата обращения: 02.06.2025)

5. Минина О.М. Программа деятельности летнего профильного отряда «Юный исследователь» / О.М. Минина. – 2013 // Образовательная социальная сеть nsportal.ru [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://nsportal.ru/shkola/biologiya/library/2013/05/03/programma-deyatelnosti-letnego-profilnogo-otryada-yunyy> (дата обращения: 02.06.2025)

6. Сборник программ профильных (тематических) смен на базе лагерей с дневной формой пребывания. – 2018 // Образовательный центр «Орион» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://orioncentr.ru/wp-content/uploads/camp/20180521-sbornik-prog-temat-smen.pdf> (дата обращения: 02.06.2025)

Сергеева Алена Александровна

канд. пед. наук, доцент
ФГБОУ ВО «Тульский государственный
педагогический университет им. Л.Н. Толстого»
г. Тула, Тульская область

ФОРМИРОВАНИЕ ЕСТЕСТВЕННО-НАУЧНОГО МИРОВОЗЗРЕНИЯ У ШКОЛЬНИКОВ В ПРОЦЕССЕ ОБУЧЕНИЯ В КУРЧАТОВСКИХ КЛАССАХ

***Аннотация:** в статье рассмотрены основные пути формирования естественно-научного мировоззрения у школьников в процессе обучения в курчатовских классах. Охарактеризована специфика организации и проведения уроков биологии. Представлен опыт использования межпредметных связей, знакомства с современными направлениями науки и технологий, формирования навыков проектной и исследовательской деятельности в процессе обучения биологии.*

***Ключевые слова:** обучение биологии, обучающийся, курчатовский класс, естественно-научное мировоззрение, межпредметные связи, проектная деятельность, исследовательская деятельность.*

Курчатовский класс – это учебный класс в общеобразовательной организации, основная цель которого заключается в знакомстве обучающихся с основными принципами и достижениями современной науки. Роль курчатовского класса в современном образовании трудно переоценить. Данная форма организации обучения позволяет привлечь подростков и старшеклассников к науке и стимулирует их интерес к изучению естественно-научных дисциплин (биологии, химии, физики). Кроме того, такие классы помогают выявить интересы и склонности детей к науке и способствуют их эффективному профессиональному самоопределению [1]. Демонстрация примеров успешного применения научных знаний и заметно расширяют представления обучающихся о возможности современной науки.

184 Фундаментальные и прикладные исследования по приоритетным направлениям
биоэкологии и биотехнологии

Решение практикоориентированных научных задач стимулирует творческое мышление, развивает аналитические и экспериментальные навыки, способствует формированию критического мышления, которые являются ключевыми компетенциями в современном обществе.

В курчатовском классе ученики имеют возможность познакомиться с ведущими учеными и специалистами в различных областях науки, принимать участие в научно-исследовательских и технических проектах [2; 3].

На сегодняшний день одной из целей деятельности курчатовских классов является приобщение учеников к изучению естественно-научных предметов и их знакомство с достижениями современной науки. Безусловно, в процессе такой работы происходит формирование естественно-научного мировоззрения детей, то есть системы взглядов на живой мир, построенной на данных естественных наук и полученной научным путем.

Для того, чтобы реализовать данные цели в Центре образования №51 г. Тулы процесс обучения строится с учетом ряда принципов:

- изучение предметов естественно-научного цикла происходит с использованием межпредметных связей и междисциплинарного подхода;
- в процессе обучения происходит знакомство учеников с современными направлениями науки и технологий;
- организация учебной деятельности включает систему заданий, направленных на развитие научного творчества школьников;
- в образовательном процессе происходит формирование опыта проектной и исследовательской деятельности у детей.

Реализация данных принципов происходит в процессе изучения всего комплекса естественно-научных предметов (биологии, химии и физики).

В процессе проектирования и организации учебных занятий по биологии в курчатовских классах существует определенная специфика, которую мы учитываем, проводя уроки и внеурочные занятия на базе центра естественно-научной и технологической направленности «Точка роста». Рассмотрим данные особенности.

1. Уроки по биологии строятся с *использованием межпредметных связей*. Важно отметить, что такое использование межпредметных связей на уроке помогает ученикам объединить полученные ими ранее знания из разных областей в единую систему, что повышает их интерес к изучению естественно-научных дисциплин, ориентирует их на решение практических задач и на понимание теоретических знаний в связи с реальной жизнью.

Приведем примеры тем уроков и внеурочных занятий с использованием межпредметных связей:

- «Физика и биология в животном мире»;
- «Глаз человека как оптическая система»;
- «Элементы жизни»;
- «Если хочешь быть здоров... Факторы здоровья современного человека»;
- «Тайны витаминов»;
- «Кровь на перекрестке естественных наук».

2. Использование потенциала центра естественно-научной и технологической направленности «Точка роста» позволяет детям *знакомиться с современными направлениями науки и технологий*.

На уроках мы получаем возможность использовать современное лабораторное оборудование и демонстрационные материалы. Это открывает богатые возможности по проектированию учебных занятий с применением проблемных и частично-поисковых технологий обучения. Например, изучая цикл ботаники, школьники выполняют исследовательские задания цикла «Космическая роль зеленых растений», используя оборудование «Точки роста».

3. Важно отметить и систему *заданий, направленных на развитие научного творчества школьников*, которые органично включены в организацию учебного процесса по биологии.

Приведем примеры тем заданий, направленных на развитие научного творчества школьников:

- «Конструкторское бюро живой природы»;
- «Эти удивительные соцветия, или букет на стебельке»;
- «Тайна борщевика Сосновского».

В процессе подготовки таких заданий дети активно используют интернет-ресурсы, совершенствуют свои навыки поиска и отбора необходимой информации, учатся оформлять результаты своей работы.

4. *Формирование опыта проектной и исследовательской деятельности* у детей является одним из условий развития естественно-научного мировоззрения школьников.

Приведем тематику проектных и исследовательских работ, которые могут выполнять школьники:

- антибиотики и здоровье человека: правда и вымысел;
- влияние влажности воздуха и атмосферного давления на здоровье человека.

- Вирусы – беда XXI века;
- искусственные органы – проблема и перспективы;
- исчезающие растения Тульского края;
- модная одежда и здоровье.

Отметим, что проектно-исследовательская деятельность в средней школе классах проходит под руководством учителя, который контролирует каждый этап работы: от определения темы и постановки цели до подведения итогов и подготовки презентации.

Таким образом, процесс обучения биологии на базе курчатовских классов выстроен таким образом, что позволяет приобщить учеников к изучению естественно-научных предметов и познакомить их с достижениями современной науки.

Список литературы

1. Морозова М.И. Конвергентная образовательная среда как условие успешности функционирования курчатовского класса / М.И. Морозова, В.В. Штерн, С.А. Киселева // Вестник Ленинградского государственного университета им. А.С. Пушкина. – 2024. – №2. – С. 30–43. DOI 10.35231/18186653_2024_2_30. EDN UZXUCY

2. Нефедова В.В. Опыт организации проектной и исследовательской деятельности в Курчатовской школе в рамках реализации городского проекта «Медицинский класс в мос-

Педагогические аспекты преподавания дисциплин естественнонаучного цикла

ковской школе» / В.В. Нефедова, Н.С. Соловьева // Сборник трудов Российской научно-методической конференции-семинара «Творчество молодых исследователей в системе «школа – наука – вуз» (Москва, 22–23 ноября 2017 года) / под ред. Д.Б. Богоявленской, А.О. Карпова. – М.: Научно-техническая ассоциация «Актуальные проблемы фундаментальных наук», 2017. – С. 164–171. EDN ХМКCFV

3. В науку со школьной скамьи. Опыт реализации проекта «Курчатовские классы» в ГБОУ гимназия №406 пушкинского района Санкт-Петербурга в 2022–2024 гг. / Ю.Д. Башкина, С.А. Киселева, В.В. Штерн, О.В. Шишигина // Большой конференц-зал: дополнительное образование – векторы развития. – 2024. – №2 (13). – С. 39–46. EDN VDSHSW

Научное электронное издание

**ФУНДАМЕНТАЛЬНЫЕ И ПРИКЛАДНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ
ПО ПРИОРИТЕТНЫМ НАПРАВЛЕНИЯМ
БИОЭКОЛОГИИ И BIOTEХНОЛОГИИ**

Сборник материалов
VIII Всероссийской научно-практической конференции
(Ульяновск, 22 мая 2025 г.)

Главный редактор *Е. И. Антонова*
Компьютерная верстка *Е. И. Антонова, Н. В. Фирсова*

Подписано к использованию 06.06.2025 г.

Объем 3,64 Мб. Тираж 20 экз.

Уч. изд. л. 11.21.

Издательский дом «Среда»
428023, Чебоксары, Гражданская, 75, офис 12
+7 (8352) 655-731
info@phsreda.com
<https://phsreda.com>