ISSN 2072-0297

МОЛОДОЙ УЧЁНЫЙ

МЕЖДУНАРОДНЫЙ НАУЧНЫЙ ЖУРНАЛ



46
2026
ЧАСТЬ I

16+

Молодой ученый

Международный научный журнал

№ 46 (649) / 2026

Издается с декабря 2008 г. Выходит еженедельно

Главный редактор: Ахметов Ильдар Геннадьевич, кандидат технических наук

Редакционная коллегия:

Жураев Хусниддин Олтинбоевич, доктор педагогических наук (Узбекистан)
Иванова Юлия Валентиновна, доктор философских наук
Каленский Александр Васильевич, доктор физико-математических наук
Кошербаева Айгерим Нуралиевна, доктор педагогических наук, профессор (Казахстан)
Куташов Вячеслав Анатольевич, доктор медицинских наук
Лактионов Константин Станиславович, доктор биологических наук
Сараева Надежда Михайловна, доктор психологических наук
Абдрасилов Турганбай Курманбаевич, доктор философии (PhD) по философским наукам (Казахстан)
Авдеюк Оксана Алексеевна, кандидат технических наук
Айдаров Оразхан Турсункожаевич, кандидат географических наук (Казахстан)
Алиева Тарана Ибрагим кызы, кандидат химических наук (Азербайджан)
Ахметова Валерия Валерьевна, кандидат медицинских наук
Бердиев Эргаш Абдуллаевич, кандидат медицинских наук (Узбекистан)
Брезгин Вячеслав Сергеевич, кандидат экономических наук
Данилов Олег Евгеньевич, кандидат педагогических наук
Дёмин Александр Викторович, кандидат биологических наук
Дядюн Кристина Владимировна, кандидат юридических наук
Желнова Кристина Владимировна, кандидат экономических наук
Жуйкова Тамара Павловна, кандидат педагогических наук
Игнатова Мария Александровна, кандидат искусствоведения
Искаков Руслан Маратбекович, кандидат технических наук (Казахстан)
Калдыбай Кайнар Калдыбайулы, доктор философии (PhD) по философским наукам (Казахстан)
Кенесов Асхат Алмасович, кандидат политических наук
Коварда Владимир Васильевич, кандидат физико-математических наук
Комогорцев Максим Геннадьевич, кандидат технических наук
Котляров Алексей Васильевич, кандидат геолого-минералогических наук
Кузьмина Виолетта Михайловна, кандидат исторических наук, кандидат психологических наук
Курпаяниди Константин Иванович, доктор философии (PhD) по экономическим наукам (Узбекистан)
Кучерявенко Светлана Алексеевна, кандидат экономических наук
Лескова Екатерина Викторовна, кандидат физико-математических наук
Макеева Ирина Александровна, кандидат педагогических наук
Матвиенко Евгений Владимирович, кандидат биологических наук
Матроскина Татьяна Викторовна, кандидат экономических наук
Матусевич Марина Степановна, кандидат педагогических наук
Мусаева Ума Алиевна, кандидат технических наук
Насимов Мурат Орленбаевич, кандидат политических наук (Казахстан)
Паридинова Ботагоз Жаппаровна, магистр философии (Казахстан)
Прончев Геннадий Борисович, кандидат физико-математических наук
Рахмонов Азизхон Боситхонович, доктор педагогических наук (Узбекистан)
Семахин Андрей Михайлович, кандидат технических наук
Сенцов Аркадий Эдуардович, кандидат политических наук
Сенюшкин Николай Сергеевич, кандидат технических наук
Султанова Дилшода Намозовна, доктор архитектурных наук (Узбекистан)
Титова Елена Ивановна, кандидат педагогических наук
Ткаченко Ирина Георгиевна, кандидат филологических наук
Федорова Мария Сергеевна, кандидат архитектуры
Фозилов Садриддин Файзуллаевич, кандидат химических наук (Узбекистан)
Яхина Асия Сергеевна, кандидат технических наук
Ячинова Светлана Николаевна, кандидат педагогических наук

© Оформление. ООО «Издательство «Молодой ученый», 2026

Международный редакционный совет:
Айрян Заруи Геворковна, кандидат филологических наук, доцент (Армения)
Арошидзе Паата Леонидович, доктор экономических наук, ассоциированный профессор (Грузия)
Атаев Загир Вагитович, кандидат географических наук, профессор (Россия)
Ахмеденов Кажмурат Максутович, кандидат географических наук, ассоциированный профессор (Казахстан)
Бидова Бэла Бертовна, доктор юридических наук, доцент (Россия)
Борисов Вячеслав Викторович, доктор педагогических наук, профессор (Украина)
Буриев Хасан Чутбаевич, доктор биологических наук, профессор (Узбекистан)
Велковска Гена Цветкова, доктор экономических наук, доцент (Болгария)
Гайич Тамара, доктор экономических наук (Сербия)
Данатаров Агахан, кандидат технических наук (Туркменистан)
Данилов Александр Максимович, доктор технических наук, профессор (Россия)
Демидов Алексей Александрович, доктор медицинских наук, профессор (Россия)
Досманбетов Динар Бакбергенович, доктор философии (PhD), проректор по развитию и экономическим вопросам (Казахстан)
Ешиев Абдыракман Молдоалиевич, доктор медицинских наук, доцент, зав. отделением (Кыргызстан)
Жолдошев Сапарбай Тезекбаевич, доктор медицинских наук, профессор (Кыргызстан)
Игисинов Нурбек Сагинбекович, доктор медицинских наук, профессор (Казахстан)
Кадыров Кутлуг-Бек Бекмурадович, доктор педагогических наук, и.о. профессора, декан (Узбекистан)
Каленский Александр Васильевич, доктор физико-математических наук, профессор (Россия)
Козырева Ольга Анатольевна, кандидат педагогических наук, доцент (Россия)
Колпак Евгений Петрович, доктор физико-математических наук, профессор (Россия)
Кошербаева Айгерим Нуралиевна, доктор педагогических наук, профессор (Казахстан)
Курпаяниди Константин Иванович, доктор философии (PhD) по экономическим наукам (Узбекистан)
Куташов Вячеслав Анатольевич, доктор медицинских наук, профессор (Россия)
Кыят Эмине Лейла, доктор экономических наук (Турция)
Лю Цзюань, доктор филологических наук, профессор (Китай)
Малес Людмила Владимировна, доктор социологических наук, доцент (Украина)
Нагервадзе Марина Алиевна, доктор биологических наук, профессор (Грузия)
Нурмамедли Фазиль Алигусейн оглы, кандидат геолого-минералогических наук (Азербайджан)
Прокопьев Николай Яковлевич, доктор медицинских наук, профессор (Россия)
Прокофьева Марина Анатольевна, кандидат педагогических наук, доцент (Казахстан)
Рахматуллин Рафаэль Юсупович, доктор философских наук, профессор (Россия)
Ребезов Максим Борисович, доктор сельскохозяйственных наук, профессор (Россия)
Сорока Юлия Георгиевна, доктор социологических наук, доцент (Украина)
Султанова Дилшода Намозовна, доктор архитектурных наук (Узбекистан)
Узаков Гулом Норбоевич, доктор технических наук, доцент (Узбекистан)
Федорова Мария Сергеевна, кандидат архитектуры (Россия)
Хоналиев Назарали Хоналиевич, доктор экономических наук, старший научный сотрудник (Таджикистан)
Хоссейни Амир, доктор филологических наук (Иран)
Шарипов Аскар Калиевич, доктор экономических наук, доцент (Казахстан)
Шуклина Зинаида Николаевна, доктор экономических наук (Россия)

На обложке изображен *Андрей Александрович Чернов* (1966–2017) — советский и российский программист, автор кодировки KOI8-R, один из создателей Рунета и первый российский участник административного совета проекта FreeBSD.

Андрей Чернов родился в Москве. Его детство и юность пришлись на эпоху, когда доступ к западным компьютерным технологиям в СССР был ограничен, а отечественная вычислительная техника развивалась в значительной мере путем адаптации зарубежных разработок.

После окончания средней школы Чернов поступил на факультет вычислительной математики и кибернетики Московского государственного университета. Уже будучи студентом третьего курса, в 1987 году он принял участие в семинаре по разработке операционных систем Unix, которым руководил профессор В. Г. Сухомлин. Практика проходила на операционной системе ДЕМОС — советском клоне Unix V7, адаптированном для отечественной техники. В 1990 году Чернов окончил университет, защитив диплом с отличной оценкой; его работа была посвящена развитию операционных систем класса Unix.

Еще в 1980-е годы, совмещая учебу с работой, Чернов вошел в коллектив разработчиков советских операционных систем МНОС и ДЕМОС на кафедре прикладной кибернетики Института повышения квалификации Минавтопрома. В его задачи входила реализация механизма оверлеев для управления памятью, русификация системы и отладка ядра и утилит. В 1988 году на Всесоюзной конференции по переносимому программному обеспечению в Калинине (нынешней Твери) он представил собственный многооконный текстовый редактор LE. В 1990 году Чернов участвовал в первой Всесоюзной конференции пользователей Unix.

В начале 1990-х годов он присоединился к команде разработки сети Релком, соединившей советские научные организации с глобальной сетью, а затем работал в компании «Демос» — первом российском интернет-провайдере. Чернов непосредственно участвовал в запуске и наладке первого интернет-канала между Россией и западными странами. В сетевых проектах он использовал никнейм ache.

Главным техническим достижением Чернова стала кодировка KOI8-R — 8-битная таблица символов, обеспечивающая поддержку русского алфавита при сохранении совместимости с ASCII в младшей части кодовой таблицы. В июле 1993 года она была зарегистрирована в Инженерном совете Интернета (IETF). На протяжении 1990-х годов KOI8-R фактически стал стандартом для обмена кириллической информацией в Unix-системах, электронной почте, группах новостей и ранней русскоязычной сети.

В 1991–2001 годах Чернов разрабатывал и поддерживал почтовую программу UUPC/@, позволившую подключить к сети Релком большое число пользователей со слабыми ПК под управлением MS-DOS и OS/2. В 1994 году написал перекодировщик TODOS для преобразования текстов из кодировки CP866 в KOI8-R. В 1993–2000 годах Чернов входил в административный совет, определявший развитие операционной системы FreeBSD, и был первым российским участником этого совета. Его вклад в проект охватывал драйверы устройств, соответствие стандарту POSIX, безопасность и русификацию.

Никнейм ache Чернов использовал во всех сетевых проектах; под этим псевдонимом он был известен и в контркультурной среде 1990-х годов.

Помимо программирования, он занимался литературным переводом с английского: в 2005–2016 годах публиковал переводы на личном сайте Vniz.net и в печатных изданиях («Колонна», «Митин журнал»).

В 2002 году служба гражданства и иммиграции США запретила Чернову въезд в страну, из-за чего он не смог посещать американские конференции разработчиков FreeBSD; к началу 2000-х он свел участие в совете проекта к минимуму, называя его «слишком забюрократизированной структурой».

Личный сайт Vniz.net Чернов использовал как цифровой архив редких материалов: графики художников рубежа XIX–XX веков (Н. Калмаков, Л. Уэйн, Ф. фон Байрос), аниме и оккультных текстов. В декабре 2018 года, через год после смерти Андрея Александровича, домен прекратил работу, так как пароль от сервера был известен только самому Чернову; архив был восстановлен энтузиастами по материалам Wayback Machine на зеркале zachem.ne.jp.

В последние годы Чернов тяжело болел: выраженный остеопороз осложнился переломом ноги и практически лишил его возможности покидать дом. Андрей Александрович Чернов скончался 16 августа 2017 года в Москве на 51-м году жизни; церемония прощания прошла в подмосковном Николо-Архангельском крематории.

Память об Андрее Александровиче Чернове сохраняется в самой инфраструктуре Рунета и открытого программного обеспечения: сообщество FreeBSD увековечило его имя в разделе In Memoriam, отметив влияние, затронувшее практически все аспекты проекта. Коллеги называли его одним из отцов-основателей Рунета — человеком, благодаря которому русская кириллица впервые свободно зазвучала в глобальной сети.

Информацию подготовила ответственный редактор
Екатерина Осянина

СОДЕРЖАНИЕ

МАТЕМАТИКА

Гурьянова А. С., Чубенко И. С.
Анализ чувствительности модели SEIR к параметрам распространения туберкулёза 1

ХИМИЯ

Абдикани А. Б.
Биоразлагаемые полимерные композиты на основе PLA: современные способы улучшения механических, термических и барьерных свойств 10

Бекзат Б., Абдикани А. Б.
Разработка и исследование свойств усовершенствованных биоразлагаемых полимерных композитов с использованием наполнителей и матриц на основе биомассы 12

ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

Алламуратова Н. К.
Решение обратной задачи рентгеновской томографии в условиях шума и ограниченных данных: сравнительный анализ регуляризации SIRT и полной вариации 15

Басов Д. А.
Прогнозирование аномалий в технологических процессах с помощью методов машинного обучения: практический взгляд 18

Васина П. С.
Влияние затрат на сопровождение на выбор облачной и локальной CRM для малого предприятия: сценарный анализ совокупной стоимости владения 20

Огнева А. В.
Метод обнаружения логических противоречий в тест-кейсах на основе анализа условий и ожидаемых результатов 23

Третков А. С.
Этические аспекты использования генеративного искусственного интеллекта в научных исследованиях.....25

Чубай Н. В., Рековец А. В.
Применение БПЛА и нейросетевой сегментации для автоматизированной оценки повреждений посевов кукурузы: анализ и адаптация зарубежного подхода 27

ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ

Акмалжонов О. А.
Технологические процессы повышения твердости поверхностных и подповерхностных слоев термически обработанных деталей.....34

Праздничных С. А., Жидко Е. А.
Механизмы воздействия светового загрязнения в городах на циркадные ритмы человека и экосистему.....37

АРХИТЕКТУРА, ДИЗАЙН И СТРОИТЕЛЬСТВО

Махова Н. Ю.
Предпроектное исследование и методы соучаствующего проектирования в модернизации школьного коммуникативного пространства (на примере МБОУ СОШ № 16 с. Дубовка) 41

Никишина М. Д.
Особенности монтажа большепролётных ферм крупными блоками.....43

Соколова К. С.
Особенности применения общеобменной вентиляции на примере конференц-зала офисного здания 47

Суржикова В. Д.
Огнестойкость несущих конструкций покрытий из клееной древесины при больших пролетах 49

Уварова М. А.
Благоустройство дворовых пространств в среднеэтажной застройке: существующие практики и перспективные направления развития 51

Шилова А. П.
Актуальные вопросы сохранения зданий исторической застройки Санкт-Петербурга.....53

МЕДИЦИНА

Гусейнова С. Р.
Влияние сидячего образа жизни на организм и способы компенсации его негативных эффектов 56

Достан Б. Г.
Разработка и характеристика липосомального пилокарпина для офтальмологического применения 58

Костомарова К. С.
Стационарная реабилитация после ишемического инсульта: результаты программы восстановления опорно-двигательного аппарата.....59

Лемачко О. Р., Антипина Е. О.
Особенности диагностики и лечения дефицита витамина B12 при фуникулярном миелозе и полинейропатии (клинические наблюдения) 61

Останина Е. В.
Современное решение проблемы антибиотикорезистентности 64

ЭКОЛОГИЯ

Холина Т. А., Исмаилов М. Э.
Ландшафтно-экологический анализ экосистем Самур-Яламинского национального парка (Азербайджан) 68

МАТЕМАТИКА

Анализ чувствительности модели SEIR к параметрам распространения туберкулёза

Гурьянова Ангелина Семеновна, студент;
Чубенко Ирина Сергеевна, студент
Научный руководитель: Владимирова Дарья Борисовна, кандидат физико-математических наук, доцент
Пермский национальный исследовательский политехнический университет

В данной работе исследована динамика распространения туберкулёза с использованием модели SEIR, которая нашла широкое применение в эпидемиологии для описания процессов передачи воздушно-капельных инфекций, протекающих со скрытой (латентной) фазой, и позволяет оценивать влияние противоэпидемических мер на развитие вспышки туберкулёза [7, 9]. Ключевыми параметрами модели выступают скорость перехода из инкубационного периода в заразное состояние (α), коэффициент передачи инфекции (β) и скорость выздоровления (γ). Данная SEIR-модель параметризована на основе данных по стране Z. С помощью серии вычислительных экспериментов показано влияние ключевых параметров (α, β, γ) на эпидемический процесс. Результаты демонстрируют, что коэффициент передачи инфекции (β) и скорость выздоровления (γ) критически влияют на масштаб вспышки. При этом скорость перехода из латентной фазы в заразную (α) определяет запаздывание развития эпидемии и момент выхода кривой заболеваемости на пик, что важно для своевременного планирования ответных мер. Полученные данные полезны для разработки стратегий борьбы с туберкулёзом в настоящее время.

Ключевые слова: *SEIR-модель, математическое моделирование, эпидемиология, туберкулёз.*

Введение

Модель SEIR (S — восприимчивые, E — инкубационный период, I — инфицированные, R — выздоровевшие) относится к классу компартментных моделей, в которых популяция делится на группы (состояния), а динамика описывается правилами переходов между ними. Исторически такие модели восходят к классической работе У. Кермака и А. Маккендрика 1920-х годов, предложивших модель SIR [6]. В дальнейшем, по мере изучения инфекций с длительной скрытой фазой, модель была дополнена состоянием E, что позволило учитывать период между заражением и началом заразности, так называемую латентную (инкубационную) фазу. Это особенно существенно для заболеваний, при которых инфицированный длительное время остаётся незаразным, что затрудняет своевременное выявление вспышки и сдвигает развитие эпидемии во времени [1, с.12; 8].

Модель SEIR традиционно применяется для описания и прогнозирования эпидемий воздушно-капельных инфекций, а также для анализа эффективности противоэпидемических мер; она сохраняет актуальность и в последние годы активно использовалась при моделировании распространения инфекции COVID-19 [1, с.11; 3, с.32]. В целом ряде исследований показано, что модель позволяет качественно и количественно оценивать последствия вспышки, когда существует риск вовлечения значительной доли популяции, и даёт возможность интерпретировать влияние отдельных эпидемиологических параметров. Вместе с тем модель имеет ограничения — она не учитывает мутации возбудителя, вакцинацию и изменение контактной структуры населения, поэтому её следует рассматривать как базовую, подлежащую уточнению для конкретных условий [1, с.11].

В настоящей работе изучена динамика туберкулёза для гипотетического региона с демографическими параметрами, усреднёнными по России. Основное внимание уделено параметрам: α (переход в заразное состояние), β (передача инфекции) и γ (выздоровление) [1, с.12].

Динамика модели SEIR

Модель SEIR описывает переходы между группами, основываясь на предположениях о скорости заражения, скорости перехода из инкубационного периода в заразное состояние и скорости выздоровления. Схема переходов имеет

вид: S → E → I → R. Скорость заражения пропорциональна контактам между восприимчивыми и инфицированными людьми. После заражения восприимчивый индивидуум переходит в инкубационный период (E), а затем становится заразными (I). Выздоровление происходит с постоянной скоростью.

α **— скорость перехода из инкубационного периода в заразное состояние. Этот параметр определяет, насколько быстро инфицированный человек становится заразным после заражения.**

Для туберкулёза коэффициент α относительно низкий, так как после заражения микобактериями туберкулёза может пройти много времени (месяцы или даже годы) до развития активной формы заболевания и, соответственно, до того, как человек станет заразным. Этот период называется латентной инфекцией [8].

β **— коэффициент передачи инфекции.** Этот параметр определяет вероятность заражения при контакте восприимчивого человека с инфицированным. Важно отметить, что β значительно отличается для туберкулёза и гриппа [4].

Туберкулёз характеризуется относительно низким уровнем заболеваемости из-за того, что для заражения обычно требуется длительный и тесный контакт с больным. Передача инфекции происходит преимущественно воздушно-капельным путём при кашле, чихании или разговоре, но вероятность заражения после однократного контакта относительно невелика.

γ **— коэффициент выздоровления. Э**тот параметр определяет скорость, с которой инфицированные люди выздоравливают и приобретают иммунитет. Также существенно различается для туберкулёза и гриппа.

Для туберкулёза коэффициент γ относительно низкий, так как лечение туберкулёза длительное (несколько месяцев) и требует строгого соблюдения режима приёма препаратов. Несоблюдение режима лечения может привести к развитию лекарственной устойчивости и снижению γ [9].

Примечание: поскольку целью данной работы является качественный анализ чувствительности модели, а не построение точного эпидемиологического прогноза для конкретного региона, время в системе дифференциальных уравнений рассматривается в условных единицах (шагах интегрирования). Значения параметров нормированы и подобраны таким образом, чтобы продемонстрировать различные сценарии развития эпидемического процесса (от быстрого затухания до агрессивной вспышки) [2. с.29].

Рассмотрим уравнения, описывающие динамику модели SEIR [1, с.12].

Восприимчивые: $\frac{dS}{dt} = \mu N - \mu S - \beta\left(\frac{I}{N}\right)S;$ (1)

Латентный/инкубационный период: $\frac{dE}{dt} = \beta\left(\frac{I}{N}\right)S - \mu E - \alpha E;$ (2)

Инфицированные: $\frac{dI}{dt} = \alpha E - \mu I - \gamma I;$ (3)

Выздоровевшие: $\frac{dR}{dt} = \gamma I - \mu R;$ (4)

Общая численность популяции. Предполагается, что популяция закрытая и её численность постоянна во времени (рождаемость = смертность), поэтому

$$\frac{dN}{dt} = \mu N - \mu S - \mu E - \mu I - \mu R = 0, \quad (5)$$

где S — численность восприимчивых индивидуумов;

E — численность особей в латентном/инкубационном периоде;

I — численность инфицированных индивидуумов;

R — численность выздоровевших индивидуумов;

N — общая численность популяции;

$\boldsymbol{\alpha}$ — скорость перехода из латентного состояния в инфекционное;

$\boldsymbol{\beta}$ — коэффициент передачи инфекции;

γ — скорость выздоровления;

μ — коэффициент рождаемости (предполагается равным коэффициенту смертности);

$\boldsymbol{\alpha E}$ — переход индивидуумов из латентной группы (E) в группу инфицированных (I) по завершении инкубационного периода;

$\boldsymbol{\beta\left(\frac{I}{N}\right)S}$ — переход индивидуумов из восприимчивой группы (S) в латентную группу (E) за счёт заражения инфекцией;

γI — переход индивидуумов из группы инфицированных (I) в группу выздоровевших (R) за счёт выздоровления и приобретения иммунитета;

μS — отток восприимчивых особей из популяции за счет естественной смертности;
μE — отток индивидуумов из группы с латентной инфекцией за счет естественной смертности;
μI — отток инфицированных особей из популяции за счет естественной смертности;
μR — отток выздоровевших особей из популяции за счет естественной смертности;
μN — приток новых восприимчивых особей в популяцию за счет рождаемости;

$\frac{dS}{dt}$ — скорость изменения численности восприимчивых особей в популяции;
$\frac{dE}{dt}$ — скорость изменения численности особей, находящихся в латентном/инкубационном периоде;
$\frac{dI}{dt}$ — скорость изменения численности инфицированных особей в популяции;
$\frac{dR}{dt}$ — скорость изменения численности выздоровевших особей в популяции;
$\frac{dN}{dt}$ — скорость изменения общей численности популяции;

μS + μE + μI + μR — отток особей из популяции за счёт естественной смертности во всех группах (S, E, I, R).

Для замыкания системы дифференциальных уравнений (1–5) необходимо задать начальные условия — численность особей в каждой группе в начальный момент времени t = 0. В рамках данного исследования были приняты следующие начальные условия:

$S_0 = 50$, $E_0 = 20$, $I_0 = 30$, $R_0 = 0$.

Начальная численность популяции составила $N = S_0 + E_0 + I_0 + R_0 = 100$ условных человек. Задание данных начальных условий позволило перейти к численному **решению системы и получить графики динамики распространения инфекции (рис. 1–9).**

Исследование динамики распространения инфекции в рамках SEIR-модели

Скорость перехода из инкубационного периода в заразное состояние (α). Значение α для туберкулёза было определено на основе средней продолжительности латентного периода. Таким образом, α было рассчитано как α = 1/L, где L — средняя продолжительность латентного периода [1, с.12].

Коэффициент передачи инфекции (β). Оценка значения β для туберкулёза проводилась на основе данных «Росстата»: 26.9 случаев заражения на 100000 человек. R0 для туберкулёза был рассчитан по формуле $R_0 = \frac{\alpha}{\mu + \alpha} \cdot \frac{\beta}{\mu + \gamma}$. Для базового набора параметров было оценено базовое репродуктивное число R0. Его значение оказалось меньше единицы, что соответствует сценарию затухания вспышки при заданных условиях изоляции. Далее коэффициент β менялся на 0.25 (то есть повышался шанс контакта с инфицированным человеком) [5].

Коэффициент выздоровления (γ). Значение γ для туберкулёза было определено на основе средней вероятности выздоровления человека. В рамках анализа чувствительности коэффициент выздоровления γ варьировался в диапазоне от 0.1 до 0.9, что соответствует сценариям с различной длительностью инфекционного периода в условных единицах времени [1, с.12].

На приведённом графике (рис. 1) отображена динамика распространения инфекции в рамках SEIR-модели при следующих параметрах: коэффициент смертности μ = 0.45, скорость инкубации α ≈ 0.00099, коэффициент передачи инфекции β ≈ 0.00027, коэффициент выздоровления γ = 0.9 и численность популяции N = 100. Анализ графика показывает, что инфекция распространяется крайне медленно: численность восприимчивых (S) остаётся стабильной, около 50 человек, в то время как количество инфицированных (I) быстро падает практически до нуля. Это объясняется сочетанием низкого значения β, что ограничивает новые заражения, и высокого значения γ, которое способствует быстрому выздоровлению. Экспонированные (E) постепенно переходят в инфицированные, но из-за низкой скорости передачи общее число больных остаётся низким. Число выздоровевших (R) быстро возрастает в первые дни и затем стабилизируется, отражая завершение эпидемического процесса. Таким образом, модель демонстрирует сценарий контролируемой вспышки, при которой эпидемия не получает широкого распространения.

В ходе моделирования были последовательно рассмотрены четыре сценария с различными значениями коэффициента передачи инфекции β: 0.01, 0.25, 0.5 и 0.75, при фиксированных остальных параметрах (μ = 0.45, α ≈ 0.00099, γ = 0.9, N ≈ 100). Анализ графиков показывает чёткую зависимость интенсивности эпидемического процесса от величины β. При низком значении β = 0.01 инфекция распространяется медленно: количество инфицированных (I) остаётся незначительным, а основные изменения касаются умеренного роста числа выздоровевших (R). В этом случае наблюдается быстрое затухание эпидемии и сохранение большей части населения в категории восприимчивых (S).

μ	α	β	γ	N
0,45	0,000992063	0,000269	0,9	100

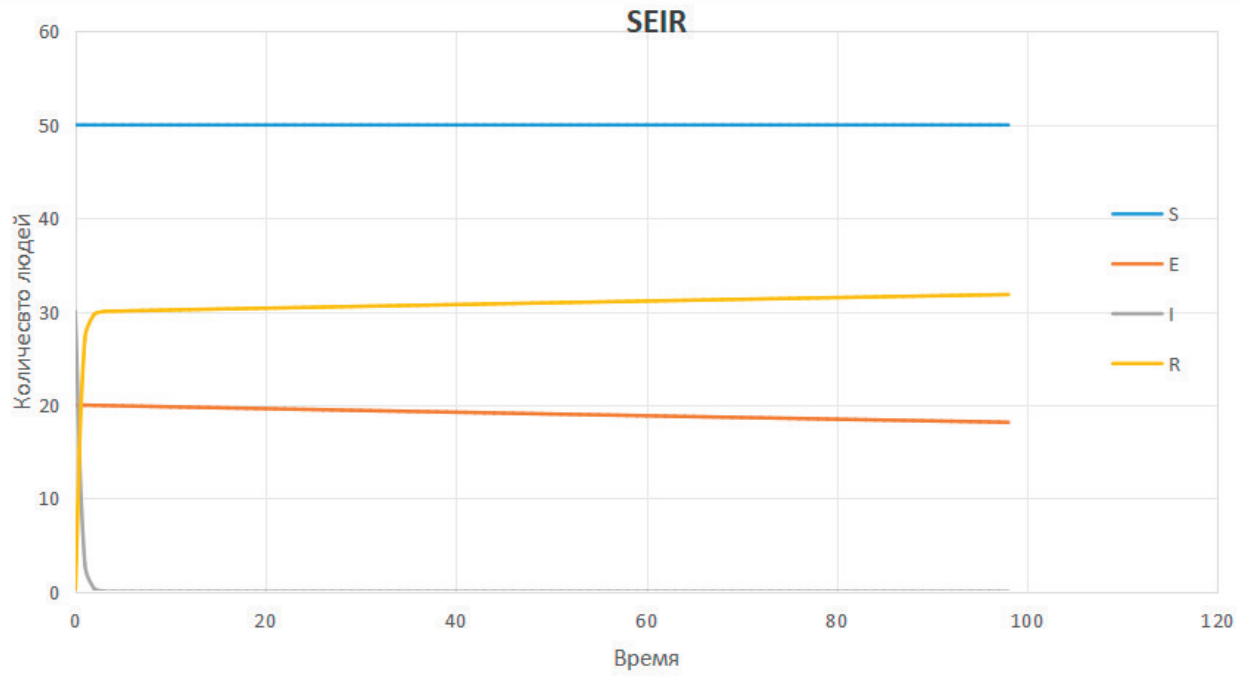


Рис. 1. **Динамика распространения инфекции в рамках SEIR-модели № 1**

μ	α	β	γ	N
0,45	0,000992063	0,01	0,9	100

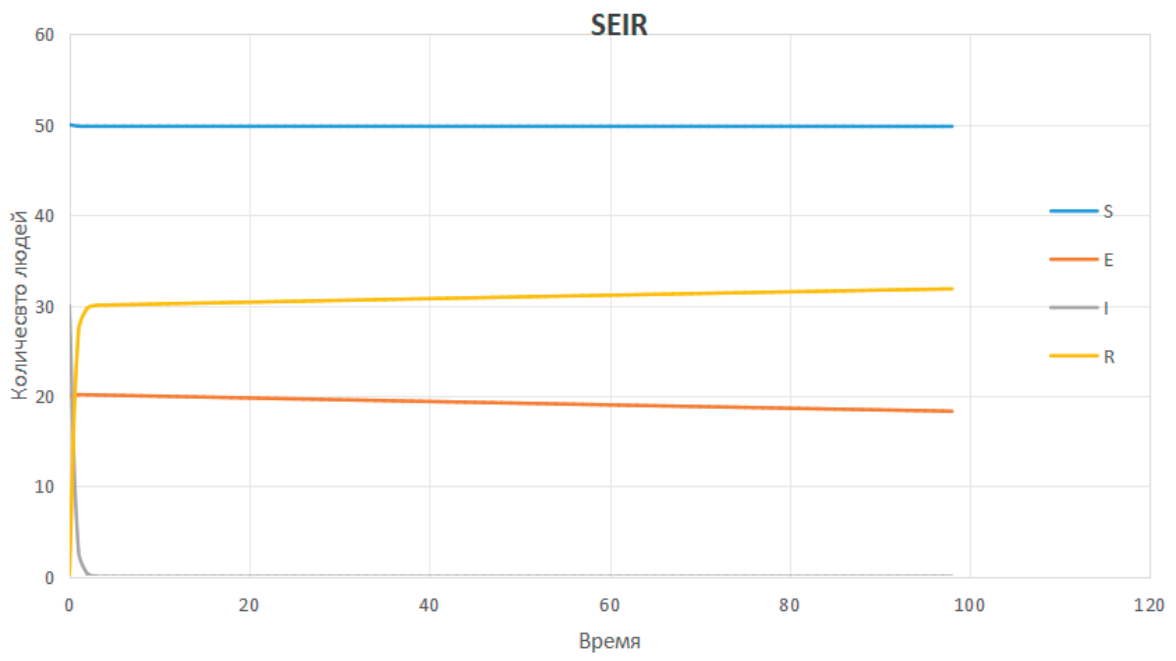


Рис. 2. **Динамика распространения инфекции в рамках SEIR-модели № 2**

При увеличении β до 0.25 наблюдается более выраженная вспышка: доля инфицированных резко возрастает в первые дни, после чего быстро снижается благодаря высокой скорости выздоровления. Количество выздоровевших (R) увеличивается значительно, а S уменьшается более существенно, что указывает на более масштабное вовлечение населения в эпидемический процесс.

μ	α	β	γ	N
0,45	0,000992063	0,25	0,9	100,0004

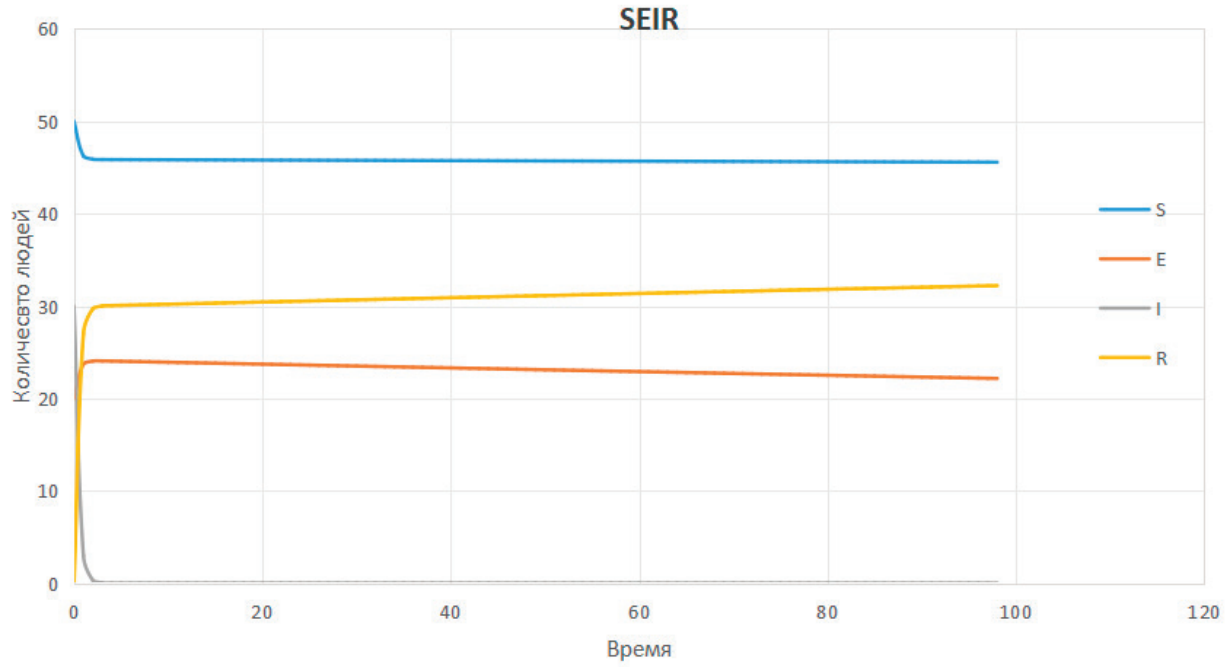


Рис. 3. **Динамика распространения инфекции в рамках SEIR-модели № 3**

При $0.5 \leq \beta \leq 0.75$ эпидемия становится более интенсивной: до 30–40 % населения заражается быстро, резко сокращая число восприимчивых и увеличивая долю переболевших. Это соответствует условиям высокой заразности без ограничительных мер.

μ	α	β	γ	N
0,45	0,000992063	0,5	0,9	100,0008

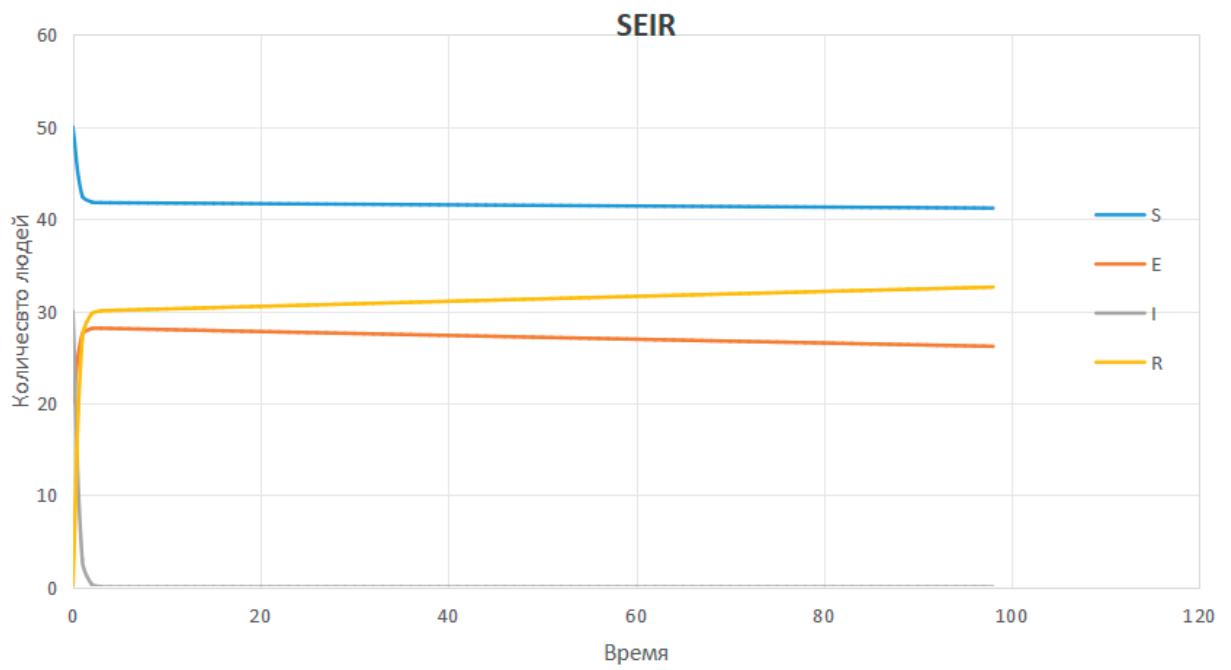


Рис. 4. **Динамика распространения инфекции в рамках SEIR-модели № 4**

μ	α	β	γ	N
0,45	0,000992063	0,75	0,9	100,0012

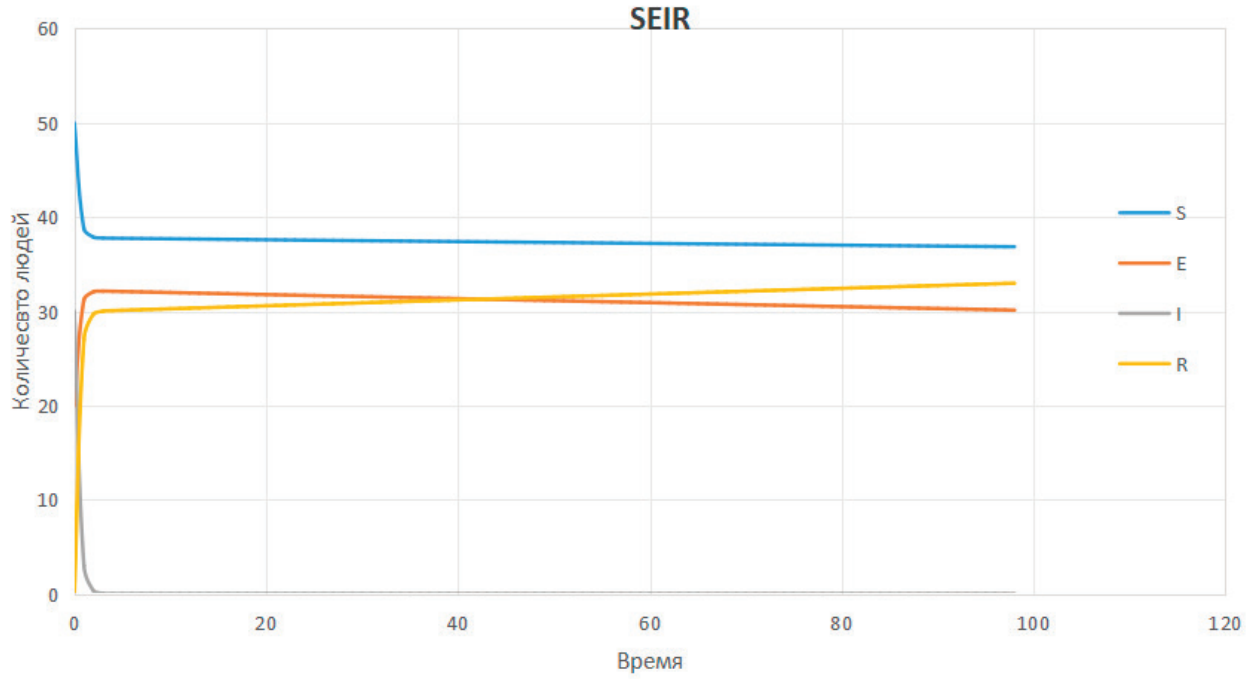


Рис. 5. **Динамика распространения инфекции в рамках SEIR-модели № 5**

Таким образом, β является критическим параметром, определяющим масштаб и скорость эпидемии. Его рост трансформирует относительно стабильную ситуацию в высокоопасную вспышку с риском перегрузки системы здравоохранения, подчёркивая важность профилактики и социального дистанцирования [9; 10].

μ	α	β	γ	N
0,45	0,000992063	0,000269	0,75	100

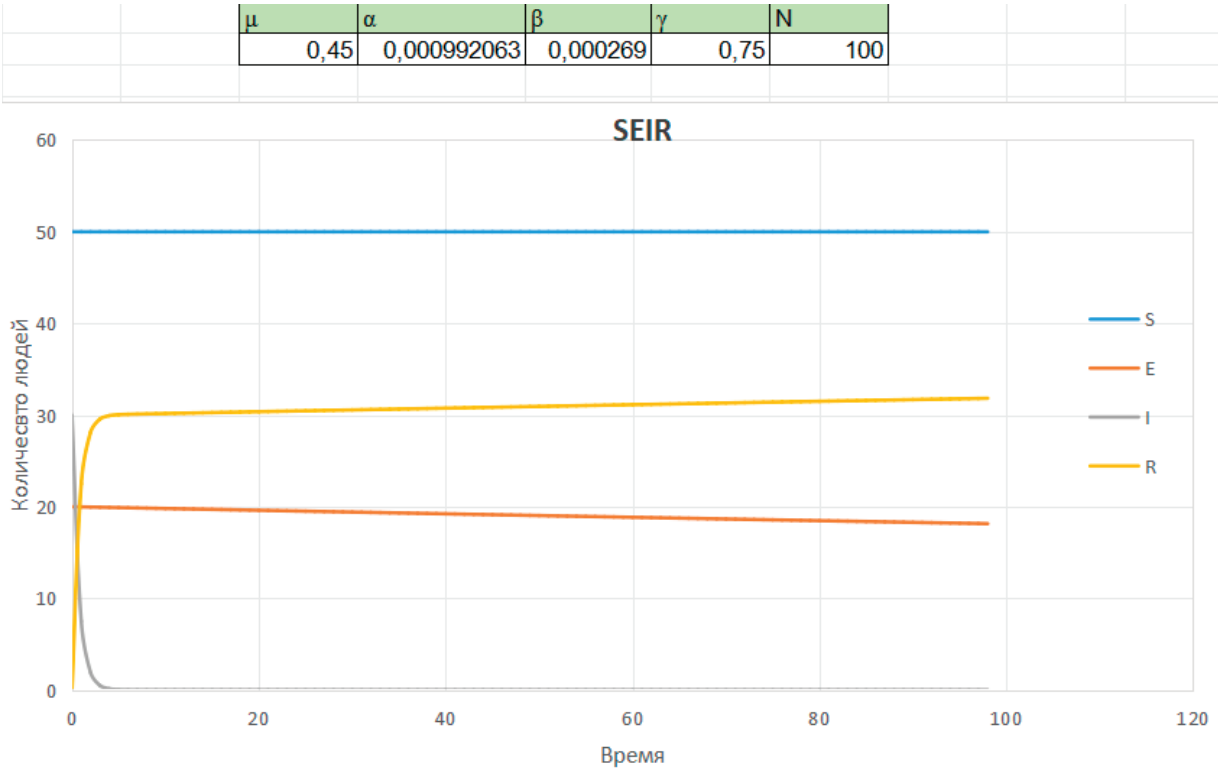


Рис. 6. **Динамика распространения инфекции в рамках SEIR-модели № 6, коэффициент выздоровления γ = 0.75**

В ходе численного эксперимента изучено влияние коэффициента выздоровления γ (0.75, 0.5, 0.25, 0.1) на модель SEIR. Остальные параметры фиксированы: μ = 0.45, $\alpha \approx 0.00099$, β = 0.000269, N = 100. Низкое значение β имитирует условия ограниченных противоэпидемических мер.

При высоком значении γ = 0.75 большинство инфицированных быстро переходят в категорию выздоровевших. В таких условиях даже при наличии латентного периода и минимальной передачи инфекции эпидемия практически не развивается: число инфицированных остаётся минимальным, а доля восприимчивых практически не изменяется. Это указывает на быструю локализацию очага заражении.

При снижении γ от 0.5 до 0.25 инфекционный период удлиняется, но низкий β (0.000269) сдерживает эпидемию: заражение происходит медленно, пик заболеваемости смещается, а выздоровление растягивается.

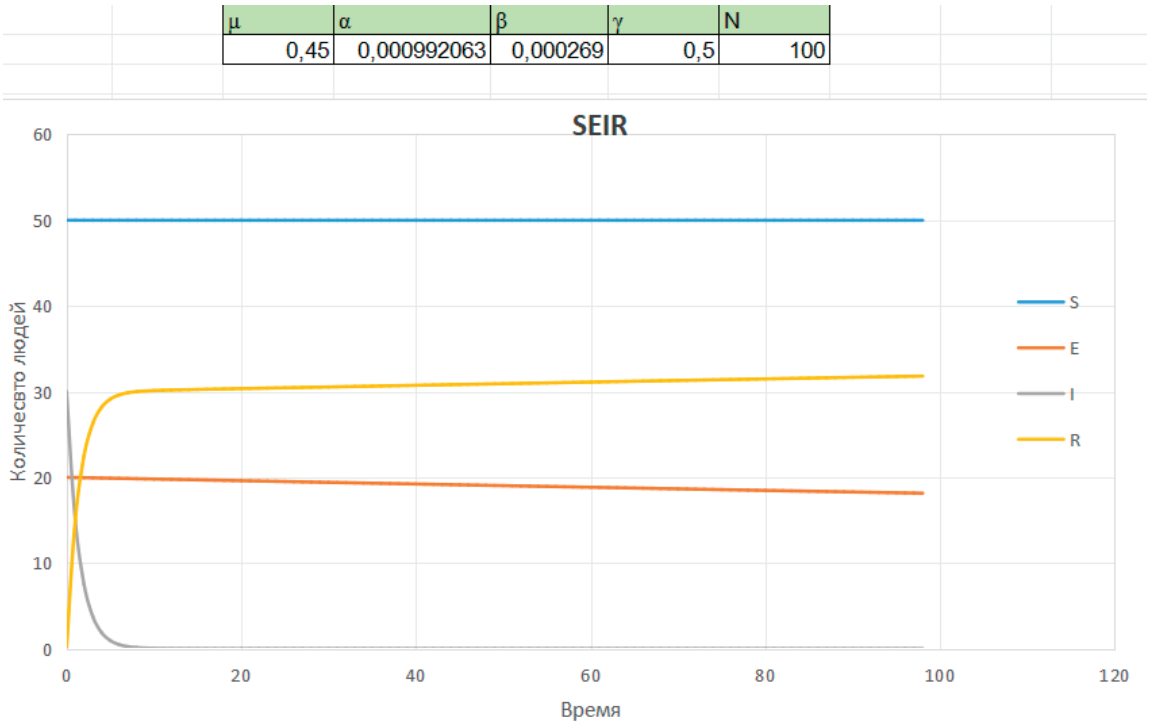


Рис. 7. **Динамика распространения инфекции в рамках SEIR-модели № 7, коэффициент выздоровления γ = 0.5**

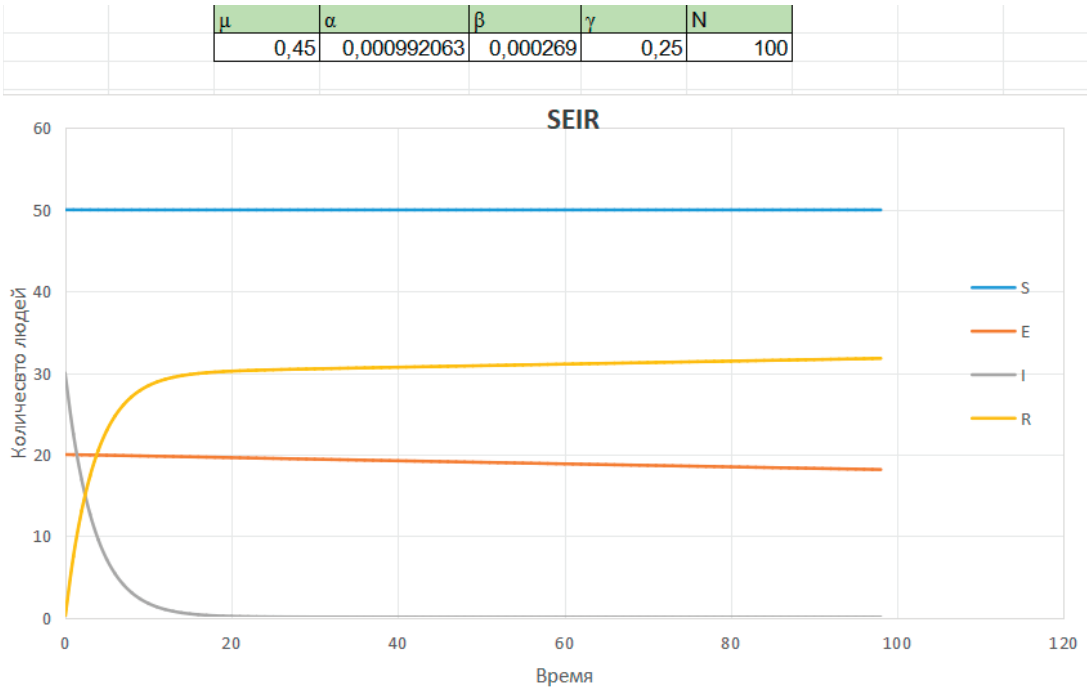


Рис. 8. **Динамика распространения инфекции в рамках SEIR-модели № 8, коэффициент выздоровления γ = 0.25**

Наиболее интересное поведение наблюдается при γ = 0.1. В этом случае выздоровление происходит крайне медленно, что позволяет инфицированным накапливаться в популяции. Несмотря на низкую вероятность заражения, длительное нахождение в инфекционном состоянии создаёт условия для устойчивой, хотя и вялотекущей циркуляции болезни. Динамика приобретает затяжной характер: эпидемия не утихает быстро и может сохраняться длительное время.

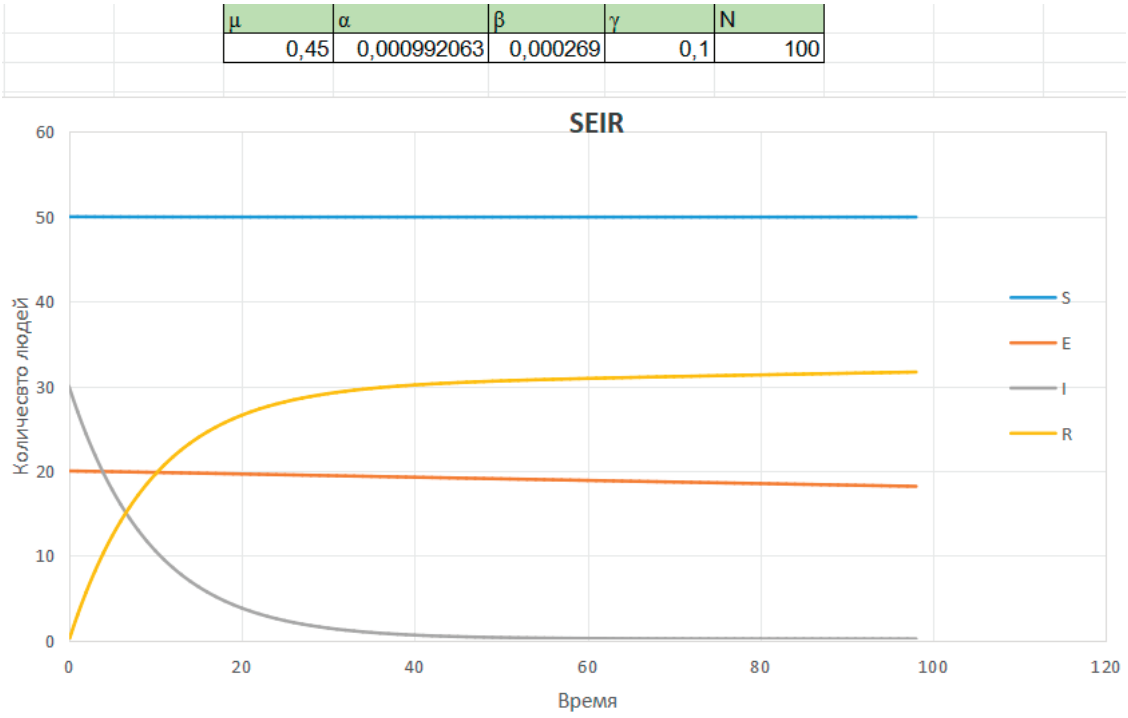


Рис. 9. **Динамика распространения инфекции в рамках SEIR-модели № 9, коэффициент выздоровления γ = 0.1**

Коэффициент выздоровления γ существенно влияет на развитие эпидемии. При высоких значениях γ вспышка быстро затухает, тогда как при низких значениях инфекция может сохраняться длительное время, даже при незначительной передаче инфекции.

Заключение

В данной работе проведён анализ чувствительности модели SEIR к ключевым параметрам распространения туберкулёза: коэффициенту передачи инфекции (β), скорости перехода из инкубационного периода в заразное состояние (α) и коэффициенту выздоровления (γ). На основе серии вычислительных экспериментов выявлены факторы, определяющие динамику распространения инфекции, и оценена чувствительность системы к изменению эпидемиологических параметров.

Показано, что коэффициент передачи инфекции β является критическим параметром, определяющим масштаб и скорость вспышки: его рост от 0.01 до 0.75 переводит процесс из контролируемой вспышки в интенсивную эпидемию с вовлечением 30–40 % населения. Коэффициент выздоровления γ определяет длительность циркуляции инфекции: при высоких значениях (0.75–0.9) вспышка быстро затухает даже при наличии латентного периода, тогда как при низком γ (0.1) инфекция сохраняется длительное время даже при малой передаче. Скорость перехода α определяет запаздывание развития эпидемии и момент выхода кривой заболеваемости на пик, что важно для своевременного планирования ответных мер.

Полученные результаты подчёркивают важность контроля параметров β и γ для управления эпидемическим процессом. Дальнейшие исследования могут включать уточнение модели для конкретных регионов, учёт вакцинации, мутаций возбудителя и формирования лекарственной устойчивости, что особенно актуально для туберкулёза.

Литература:

1. Акимов В. А., Бедило М. В., Иванова Е. О. Математические модели эпидемий и пандемий как источников чрезвычайных ситуаций биолого-социального характера / В. А. Акимов, М. В. Бедило, Е. О. Иванова // Civil Security Technology. — 2022. — № 3. — С. 11–14.

2. Андерсон, Р. Инфекционные болезни человека. Динамика и контроль / Р. Андерсон, Р. Мэй; пер. с англ. — Москва: Мир, 2004. — 784 с.
3. Прогноз динамики пандемии COVID-19 по России на основе простых математических моделей эпидемий // Cyberleninka URL: https://cyberleninka.ru/article/n/prognoz-dinamiki-pandemii-covid-19-po-rossii-na-osnove-prostyh-matematicheskih-modeley-epidemiy (дата обращения: 26.05.2025).
4. Туберкулез возвращается в число ведущих инфекционных причин смертности // Всемирная организация здравоохранения — URL: https://www.who.int/ru/news/item/29–10–2024-tuberculosis-resurges-as-top-infectious-disease-killer
5. Заболеваемость туберкулезом (3.3.2) // Репозиторий данных НЦСЭД. URL: https://repository.nsedc.ru/dataset/emiss_58512
6. Kermack W. O., McKendrick A. G. A contribution to the mathematical theory of epidemics // Proceedings of the Royal Society of London. Series A. 1927. Vol. 115, No. 772. P. 700–721. URL: https://jxshix.people.wm.edu/2009-harbin-course/classic/Kermack-McKendrick-1927-I.pdf
7. Криворотько О. И., Кабанихин С. И., Петракова В. С. Идентифицируемость математических моделей эпидемиологии: туберкулез, ВИЧ, COVID-19 // Математическая биология и биоинформатика. 2023. Т. 18, № 1. С. 177–214. URL: https://www.matbio.org/2023/Krivorotko_18_177.pdf
8. World Health Organization. Latent tuberculosis infection: updated and consolidated guidelines for programmatic management [Электронный ресурс]. Geneva: WHO, 2018. URL: https://www.who.int/publications/i/item/9789241550239
9. Сценарный анализ и оптимизация управления заболеваемостью туберкулезом на основе многокомпартментной модели [Электронный ресурс] // КиберЛенинка. URL: https://cyberleninka.ru/article/n/stsenarnyy-analiz-i-optimizatsiya-upravleniya-zabolevaemostyu-tuberkulezom-na-osnove-mnogokompartmentnoy-modeli
10. World Health Organization. Global tuberculosis report 2025 [Электронный ресурс]. Geneva: WHO, 2025. URL: https://www.who.int/publications/i/item/9789240116924

ХИМИЯ

Биоразлагаемые полимерные композиты на основе PLA: современные способы улучшения механических, термических и барьерных свойств

Абдикани Айнур Базарханкызы, студент магистратуры
Научный руководитель: Тастанова Ляззат Кнашевна, кандидат химических наук, доцент
Актюбинский региональный университет имени К. Жубанова (г. Актобе, Казахстан)

Рассмотрены способы повышения прочности, теплостойкости и барьерной эффективности композитов на основе полилактида. Проанализированы армирование бамбуковыми волокнами, применение совместителей и нанесение нанокомпозитных покрытий. На основании литературных данных установлено значение межфазной адгезии, структуры наполнителя и условий переработки. Представленные количественные показатели относятся к конкретным исследованным составам.

Ключевые слова: *полилактид, биокомпозиты, бамбуковые волокна, межфазная адгезия, теплостойкость, газопроницаемость.*

Полилактид (PLA) является перспективной матрицей для упаковочных и формованных изделий. Его ограничения связаны с хрупкостью, недостаточной теплостойкостью и проницаемостью для газов. В работе Herman de Beukelaer модуль упругости исследованного PLA составил 3435 МПа, прочность при растяжении — 74,4 МПа, относительное удлинение при разрыве — 7,8 % [1, с. 4]. Сочетание высокой жёсткости с ограниченной деформируемостью определяет необходимость модификации материала.

Цель статьи — определить способы согласованного улучшения механических, термических и барьерных характеристик PLA-композитов посредством анализа экспериментальных данных, представленных в научных публикациях.

Механическое упрочнение достигается армированием волокнами и усилением взаимодействия между наполнителем и матрицей. Yanen Wang описывает применение полилактида, модифицированного прививкой глицидилметакрилата (PLA-g-GMA). При введении 15 phr этого совместителя в бамбуковый PLA-композит прочность при растяжении увеличивалась на 135 %, а модуль растяжения — на 44 % относительно исходного сравниваемого состава [2, с. 3324]. Такой результат показывает значимость межфазной совместимости.

Количество волокон также требует оптимизации. Для композита с 40 масс. % бамбуковых микрофибрилл приведена ударная вязкость по Изоду 6,53 ± 0,23 кДж/м². Дальнейшее увеличение содержания микрофибрилл снижало этот показатель [2, с. 3326]. Следовательно, максимальная доля наполнителя не соответствует автоматически наилучшей стойкости к ударным нагрузкам.

Теплостойкость необходимо отличать от температуры плавления. Herman de Beukelaer приводит для исследованного PLA температуру стеклования 51 °C, плавления 145 °C и прогиба под нагрузкой 53,9 °C [1, с. 6]. Поэтому сохранение формы при нагревании следует проверять самостоятельными испытаниями. Температуру прогиба измеряли при напряжении 0,45 МПа; поэтому сравнивать теплостойкость разных материалов следует при одинаковой нагрузке и сопоставимых условиях испытания [1, с. 4]. Yanen Wang отмечает повышение температуры термического разложения бамбуковых PLA-композитов при использовании PLA-g-GMA [2, с. 3326]. Однако устойчивость к разложению не равнозначна устойчивости к деформации.

Барьерные характеристики улучшают посредством формирования плотных покрытий и введения пластинчатых наночастиц. Shuangshuang Yue рассматривает покрытие из поливинилового спирта и α-фосфата циркония (PVA/ZrP). Его наносят погружением PLA-плёнки в дисперсию, после чего ориентируют нанопластинки и проводят сшивание глутаровым альдегидом [3, с. 17]. Изменения переноса кислорода и водяного пара представлены в таблице 1.

Таблица 1. **Влияние покрытия PVA/ZrP на барьерные показатели PLA-плёнки толщиной 20 мкм [3, с. 17]**

Показатель	Без покрытия	С покрытием
Перенос кислорода, см³/(м²·сут·атм)	845,6	2,0
Перенос водяного пара, г/(м²·сут)	107,0	22,5

Дополнительный подход предусматривает введение слоистого двойного гидроксида магния и алюминия, модифицированного аминосиланом. Для PLA-плёнок толщиной около 60 мкм с 5 % и 10 % такого наполнителя перенос кислорода оказался ниже предела измерения прибора: менее 0,005 см³/(м²·сут·атм) [3, с. 17]. Этот результат характеризует предел обнаружения, а не абсолютную газонепроницаемость.

Cheng Huang объясняет барьерный эффект удлинением диффузионного пути: молекулы газа огибают непроницаемые нанопластинки. На рисунке 1 показаны этот механизм и варианты распределения наполнителя [4, с. 10].

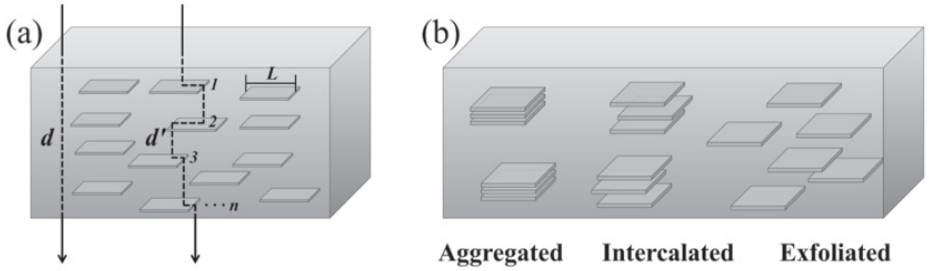


Рис. 1. **Барьерный механизм полимерных нанокомпозитов: а — удлинение пути диффузии; б — агрегированная, интеркалированная и расслоённая структуры. Фрагмент рисунка 3 из работы Cheng Huang [4, с. 10]**

Полученные значения нельзя переносить на любые PLA-композиции. Для корректного сравнения необходимо учитывать толщину плёнки, влажность, температуру и способ формования. Механические и барьерные испытания должны дополнять оценку кристалличности, морфологии и термического поведения.

Биоразложение требует отдельного рассмотрения, поскольку изменение состава композита влияет не только на его эксплуатационные характеристики, но и на взаимодействие с окружающей средой. Xiao Yao связывает разрушение PLA с гидролизом сложноэфирных связей и воздействием ферментов. При гидролизе происходит расщепление полимерных цепей, сопровождающееся уменьшением их длины и молекулярной массы. Интенсивность этих процессов зависит от температуры, влажности и активности ферментов [5, с. 8]. Поэтому повышение прочности, теплостойкости и барьерной эффективности не подтверждает автоматически сохранение заданной скорости биоразложения. Оценивать модифицированные материалы необходимо в определённых условиях среды, сопоставляя их с исходным PLA. Такой подход позволяет установить, как выбранный способ модификации влияет на устойчивость материала при эксплуатации и его последующее разрушение.

Заключение

Перспективные способы модификации PLA включают совместители, волокнистое армирование и ориентированные нанокомпозитные покрытия. Их эффективность определяется составом, межфазным взаимодействием и структурой материала. Рациональный выбор технологии должен обеспечивать требуемое сочетание прочности, теплостойкости, барьерных характеристик и поведения после использования.

Литература:

1. De Beukelaer H., Hilhorst M., Workala Y., Maaskant E., Post W. Overview of the mechanical, thermal and barrier properties of biobased and/or biodegradable thermoplastic materials // Polymer Testing. — 2022. — Vol. 116. — 107803. — DOI: 10.1016/j.polymertesting.2022.107803.
2. Wang Y., Sultana J., Rahman M. M., Ahmed A., Azam A., Mushtaq R. T., Rehman M. A Sustainable and Biodegradable Building Block: Review on Mechanical Properties of Bamboo Fibre Reinforced PLA Polymer Composites and Their Emerging Applications // Fibers and Polymers. — 2022. — Vol. 23. — P. 3317–3342. — DOI: 10.1007/s12221–022–4871-z.
3. Yue S., Zhang T., Wang S., Han D., Huang S., Xiao M., Meng Y. Recent Progress of Biodegradable Polymer Package Materials: Nanotechnology Improving Both Oxygen and Water Vapor Barrier Performance // Nanomaterials. — 2024. — Vol. 14. — 338. — DOI: 10.3390/nano14040338.

4. Huang C., Yue S., Zhong L., Huang S., Xiao M., Wang S., Han D., Meng Y. Recent Advances in Barrier Property Enhancement of Biodegradable Polymer Films: Strategies and Challenges // Nanomaterials. — 2026. — Vol. 16. — 934. — DOI: 10.3390/nano16150934.
5. Yao X., Yang X., Lu Y., Qiu Y., Zeng Q. Review of the Synthesis and Degradation Mechanisms of Some Biodegradable Polymers in Natural Environments // Polymers. — 2025. — Vol. 17. — 66. — DOI: 10.3390/polym17010066.

Разработка и исследование свойств усовершенствованных биоразлагаемых полимерных композитов с использованием наполнителей и матриц на основе биомассы

Бекзат Бекзада, студент магистратуры;
Абдикани Айнур Базарханкызы, студент магистратуры
Научный руководитель: Тастанова Ляззат Кнашевна, кандидат химических наук, доцент
Актюбинский региональный университет имени К. Жубанова (г. Актобе, Казахстан)

В статье рассматриваются возможности улучшения свойств биоразлагаемых композитов посредством применения полимерных матриц на основе биомассы и природных наполнителей. Проведён сравнительный анализ систем на основе полилактида, полигидроксиалканоатов, древесной муки, растительных волокон и биоугля. Показано, что механическая прочность, влагопоглощение, термическая стабильность и биоразложение материала зависят от природы компонентов, их соотношения и межфазного взаимодействия. На основе литературных данных предложены направления предварительной подготовки наполнителей, улучшения их диспергирования и оптимизации режимов переработки. Статья носит обзорный характер; приведённые экспериментальные показатели представлены как результаты соответствующих исследований.

Ключевые слова: *биомасса, биокомпозит, биоразлагаемый полимер, полилактид, полигидроксиалканоат, лигноцеллюлоза, биоуголь.*

Накопление полимерных отходов в окружающей среде повышает значимость исследований материалов, получаемых из возобновляемого сырья. Использование биомассы и органических отходов в производстве полимеров позволяет экономить первичные ресурсы и повторно использовать отходы. Однако происхождение из биологического сырья и способность к биологическому разложению не являются тождественными понятиями. L. Singh указывает, что разложение полимера зависит от его химической структуры и условий окружающей среды [1, с. 2]. Поэтому при оценке экологической эффективности материала необходимо учитывать не только происхождение сырья, но и изменения, происходящие после завершения его эксплуатации. В биокомпозитах полимерная матрица обеспечивает целостность материала, тогда как наполнитель изменяет его структуру и эксплуатационные свойства. Несовместимость фаз и неравномерное распределение частиц приводят к образованию структурных дефектов. В связи с этим разработка усовершенствованного композита требует комплексного рассмотрения выбора компонентов, подготовки их поверхности и условий формования.

Цель исследования — проанализировать структурные особенности матриц и наполнителей на основе биомассы и определить научные основы улучшения свойств биоразлагаемых композитов.

Полилактид и полигидроксиалканоаты относятся к перспективным матрицам для биоразлагаемых композитов. Прочность полилактида и его пригодность к формованию обусловливают возможность применения в производстве упаковки и технических изделий. Скорость его разложения зависит от температуры, влажности и степени кристалличности. Полигидроксиалканоаты синтезируются микроорганизмами, а их свойства можно регулировать путём изменения мономерного состава. [2, с. 162–163].

Значимость выбора матрицы К. Г. Аникеева и Р. Р. Сафин подчёркивают следующим выводом: «Установлена зависимость свойств ДПК от выбора полимерной матрицы и методов ее обработки» [2, с. 160]. Данный вывод свидетельствует о том, что объяснение свойств композита исключительно влиянием наполнителя является недостаточным. Биоуголь рассматривается как функциональный наполнитель, получаемый посредством термохимической переработки лигноцеллюлозного сырья. Его пористость, удельная поверхность и химические свойства поверхности определяют характер взаимодействия с матрицей. B. Louhichi обобщает результаты исследований, в которых введение 5–10 масс. % биоугля способствовало улучшению механических и термических характеристик [3, с. 1].

Основные особенности полимерных матриц и наполнителей на основе биомассы представлены в таблице 1.

Таблица 1. **Характеристика матриц и наполнителей для биоразлагаемых полимерных композитов**

Компонент	**Роль в композите**	**Основные преимущества**	**Ограничения и условия применения**
Полилактид	Полимерная матрица	Механическая прочность, пригодность к формованию упаковки и технических изделий	Скорость биоразложения зависит от температуры, влажности и степени кристалличности
Поли(3-гидроксибутират)	Полимерная матрица	Микробиологическое происхождение, способность к биологическому разложению	Хрупкость и узкий температурный диапазон переработки
Древесная мука и растительные волокна	Лигноцеллюлозный наполнитель	Возобновляемость, возможность частичного замещения полимера и повышения жёсткости	Гидрофильность; увеличение содержания наполнителя может повышать водопоглощение и снижать прочность
Биоуголь	Функциональный углеродный наполнитель	Возможность улучшения механических, термических и барьерных свойств	Эффект зависит от матрицы и диспергирования; агломерация повышает хрупкость, чёрный цвет ограничивает прозрачность

Модификация поверхности направлена на повышение совместимости наполнителя с матрицей. При этом реагент и интенсивность обработки должны подбираться с учётом природы компонента. Межфазная адгезия обеспечивает передачу внешней нагрузки от матрицы к наполнителю. При слабом взаимодействии частицы отделяются от матрицы, создавая условия для развития трещин. Равномерное диспергирование уменьшает концентрацию напряжений. R. M. S. James указывает, что равномерное распределение углеродных наполнителей улучшает прочность и барьерные свойства, тогда как агломерация повышает хрупкость и снижает прозрачность [4, с. 1–2]. Для образцов, полученных смешением компонентов в растворе полимера и содержащих костру конопли фракции 100–299 мкм, модуль упругости составил 4715,26 МПа, а прочность при изгибе — 52,01 МПа [5, с. 59]. Эти значения характерны для исследованной системы и не могут непосредственно переноситься на другие матрицы. Полученные результаты показывают, что способ смешения компонентов существенно влияет на формирование межфазной области и конечные механические характеристики.

А. В. Батальцева исследовала композиты на основе берёзовой муки и поли(3-гидроксибутирата). При соотношении древесной муки и полимера 30/70 и использовании полимерных частиц фракции 40–62 мкм зарегистрированы модуль упругости 3825,65 МПа и напряжение при изгибе 39,08 МПа. Водопоглощение данного состава составило 5,51 % [6, с. 27]. Исследование показало, что увеличение доли древесной муки сопровождалось снижением механических характеристик и повышением водопоглощения.

Опубликованные характеристики отдельных композитов на основе поли(3-гидроксибутирата) приведены в таблице 2.

Таблица 2. **Характеристики композитов на основе поли(3-гидроксибутирата) с растительными наполнителями**

Показатель	**Композит с кострой конопли**	**Композит с берёзовой мукой**
Полимерная матрица	Поли(3-гидроксибутират)	Поли(3-гидроксибутират)
Особенности исследованного образца	Смешение компонентов в растворе полимера	Соотношение древесной муки и полимера — 30/70
Указанная фракция частиц	Костра конопли — 100–299 мкм	Полимер — 40–62 мкм
Модуль упругости, МПа	4715,26	3825,65
Прочность при изгибе, МПа	52,01	39,08
Водопоглощение, %	В приведённых данных для данного образца не указано	5,51
Источник	К. Нигматжанова [5, с. 59]	А. В. Батальцева [6, с. 27]

Заключение

Анализ литературы показывает, что свойства композитов на основе биомассы зависят от сочетания матрицы, наполнителя и технологии переработки. Основными направлениями совершенствования являются обеспечение стабильности подготовки сырья, усиление межфазной адгезии, равномерное распределение наполнителя и выбор состава в соответствии с назначением материала. Приведённые экспериментальные результаты демонстрируют возможность достижения высоких механических характеристик, одновременно подтверждая сохранение проблемы влагостойкости. Поэтому при определении эффективного состава необходимо одновременно оценивать прочность, водопоглощение, технологическую пригодность и способность к биологическому разложению. Такой подход позволяет конкретизировать практические возможности применения возобновляемого сырья и создаёт основу для разработки материалов, соответствующих функциональным и экологическим требованиям.

Литература:

1. Singh L., Singh G., Kurmi B. D., Patel P. Comprehensive exploration of biomass and biowaste based polymers covering synthesis characterization and applications // Discover Polymers. — 2026. — Vol. 3. — Article 23. — DOI: 10.1007/s44347–026–00065–5.
2. Аникеева К. Г., Сафин Р. Р. Обзор свойств древесно-полимерных композитов на основе биоразлагаемых полимеров // Системы. Методы. Технологии. — 2023. — № 4 (60). — С. 160–169. — DOI: 10.18324/2077–5415–2023–4–160–169.
3. Louhichi B., Elfar A. A., Sahu S. K., Ayrilmis N., Lee I. E., Chung G. C. Bibliometric analysis, current studies, and future perspective of biochar filled polymer composite: a sustainable filler for enhancing physical properties // Advances in Physics: X. — 2026. — Vol. 11, No. 1. — Article 2646244. — DOI: 10.1080/23746149.2026.2646244.
4. James R. M. S., Yusof N. M., Liew S. M., H'ng P. S. Biomass-Derived Carbon Fillers in Biopolymer Composite Coating Films for Sustainable Food Packaging: A Review // Journal of Composites Science. — 2026. — Vol. 10. — Article 296. — DOI: 10.3390/jcs10060296.
5. Нигматжанова К. Исследование свойств биокомпозитов на основе поли(3-гидроксибутирата) и растительного наполнителя: бакалаврская работа. — Красноярск: Сибирский федеральный университет, 2025.
6. Батальцева А. В. Получение и изучение свойств биокомпозитов на основе поли(3-гидроксибутирата) и берёзовой муки: бакалаврская работа. — Красноярск: Сибирский федеральный университет, 2025.

ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

Решение обратной задачи рентгеновской томографии в условиях шума и ограниченных данных: сравнительный анализ регуляризации SIRT и полной вариации

Алламуратова Нилуфар Куат кизи, студент
Ташкентский университет информационных технологий имени Мухаммада аль-Хоразми (Узбекистан)

Рентгеновская компьютерная томография (КТ) позволяет получать изображения внутреннего строения объекта без его разрушения и широко применяется в медицинской диагностике, промышленном контроле и при проверке строительных конструкций. Ее математическая основа была описана в 1917 году И. Радоном как задача восстановления функции по ее интегралам по прямым линиям [1]. Впоследствии эта теория стала алгоритмической основой вычислительной томографии [2, 3].

На практике идеальные данные встречаются крайне редко. Из-за снижения дозы излучения, сокращения времени сканирования или геометрии объекта количество проекций уменьшается, а сигнал детектора искажается квантовыми и электронными шумами. В результате обратная задача становится некорректной: малая погрешность в данных приводит к большим изменениям в решении [4, 5]. По этой причине классические аналитические методы дают некачественное изображение с артефактами, а регуляризация становится неизбежной необходимостью.

В геометрии параллельных пучков проекция (преобразование Радона) индикаторной функции определяется следующим образом [2]:

$$g(s,\theta) = \int_{\mathbb{R}^2} f(x,y)\delta(x\cos\theta + y\sin\theta - s)\,dx\,dy \quad (1)$$

где s — расстояние от луча до центра, θ — угол обзора, δ — функция Дирака. Разбивая изображение на N×N пикселей и дискретизируя (1), получаем зашумленную систему линейных уравнений:

$$b = Ax + \eta, \|\eta\|_2 \leq \delta \quad (2)$$

где A — системная матрица, составленная из длин пересечений лучей с пикселями, b — измеренная синограмма, η — шум измерения, δ — граница его нормы. Через сингулярное разложение $A = U\Sigma V^T$ (где σ_i — сингулярные числа) простое решение

$$x_\delta = \sum_{i=1}^{n} \frac{u_i{}^T b}{\sigma_i} v_i \quad (3)$$

записывается в таком виде. Сингулярные числа томографической матрицы убывают очень быстро, поэтому шумовая составляющая $u_i{}^T\eta/\sigma_i$ при малых σ_i резко возрастает — это яркое проявление некорректности задачи [4]. Регуляризация Тихонова [6]

$$x_\lambda = \operatorname{argmin}_x\{\|Ax - b\|^2 + \lambda\|x\|^2\} \quad (4)$$

подавляет решение с помощью фильтрующих факторов:

$$x_\lambda = \sum_{i=1}^{n} \frac{\sigma_i}{\sigma_i{}^2 + \lambda}(u_i{}^T b)\, v_i \quad (5)$$

и практически не меняя крупные σ_i, подавляет малые. При неполном угловом диапазоне сложность становится ещё глубже: детали, соответствующие направлениям с недостающими границами, не измеряются вообще, и их не удается полностью восстановить даже с помощью регуляризации [7].

FBP — аналитический метод, предназначенный для полных данных с низким уровнем шума [3]. Каждая проекция умножается в Фурье-области на фильтр |ω| (Рам-Лак), а затем обратно проецируется на плоскость изображения:

$$f(x,y) = \int_0^{\pi} (g(\cdot,\theta) * h)(x\cos\theta + y\sin\theta)\, d\theta \quad (6)$$

где $\hat{h}(\omega) = |\omega|$. Поскольку фильтр усиливает высокие частоты, шум также возрастает; сглаживание с помощью окна Ханна уменьшает шум, но снижает пространственное разрешение.

SIRT [8] (а также SART) решает систему (2) итеративно: на каждой итерации вычисляется поправка по множеству лучей I(θ), относящихся к одному углу θ, и одновременно применяется ко всем пикселям:

$$x_j^{(k+1)} = x_j^{(k)} + \lambda_k \frac{\sum_{i\in I(\theta)} \frac{a_{ij}}{a_{i+}} (b_i - \langle a_i, x^{(k)}\rangle)}{a_{+j}} \quad (7)$$

где $a_{i+} = \Sigma_j a_{ij}$ (сумма по i- му лучу), $a_{+j} = \Sigma a_{ij}$ (сумма по I(θ)), $\langle\cdot,\cdot\rangle$ — скалярное произведение, λ_k — параметр релаксации. Ранняя остановка итераций сама по себе выполняет функцию регуляризации, однако при высоком уровне шума артефакты всё равно сохраняются.

Многие объекты имеют кусочно-постоянную структуру, то есть их градиент является разреженным. Это состояние приводит к регуляризации на основе модели Рудина–Ошера–Фатеми [9] и теории сжатых измерений [10, 11]:

$$x^* = \operatorname{argmin}_x \left\{ \frac{1}{2}\|Ax - b\|^2 + \mu \cdot \mathrm{TV}(x) \right\}, x \geq 0 \quad (8)$$

где μ > 0 — параметр регуляризации, а полная вариация определятся следующим образом:

$$\mathrm{TV}(x) = \sum_{p,q} \sqrt{(x_{p+1,q} - x_{p,q})^2 + (x_{p,q+1} - x_{p,q})^2} \quad (9)$$

Вместо прямого решения функционала в данной работе была применена простая и эффективная чередующаяся схема (эта же идея используется в ускоренных методах): на каждой внешней итерации (1) выполняется один проход с помощью SART, (2) результат сглаживается по TV с помощью алгоритма Шамболя, (3) изображение усекается (клипируется) в диапазон [0, 1]. Этот процесс был повторен 8 раз. В последние годы методы обучения на основе подобных моделей [15–17] также получили широкое распространение, однако они требуют обучающего набора данных, что выходит за рамки данной статьи.

В качестве тестового объекта был выбран фантом Шеппа–Логана размером 128×128 пикселей (интенсивность нормализована к [0, 1]). Синограмма вычислялась в геометрии параллельных пучков, к ней добавлялся гауссов шум с нулевым средним и стандартным отклонением σ = ρ·max(g) (в основном эксперименте ρ = 3 %). Рассматривались три сценария: (a) полные данные — 180 проекций в диапазоне 0–180°; (b) разреженные данные — 30 проекций в диапазоне 0–180°; (c) ограниченный угол — 60 проекций в диапазоне 0–100°. Алгоритмы реализованы на основе библиотеки scikit-image: для SART использовано 3 прохода, для SART+TV — 8 внешних итераций и вес Шамболя μ = 0,045 (значение μ выбрано вручную, без критерия). Качество оценивалось двумя показателями:

$$\mathrm{PSNR} = 10\log_{10}(1/\mathrm{MSE}), \mathrm{MSE} = \frac{1}{N^2}\sum_{p,q}(x_{p,q} - x^*_{p,q})^2 \quad (10)$$

и SSIM; где x* — *эталонное изображение.*

На рис. 1 приведены изображения для разреженных и ограниченноугловых данных, в табл. 1 — значения PSNR/SSIM по всем сценариям.

При полных данных лучший результат показал SART+TV (31,27 дБ, SSIM 0,919), тогда как FBP дал 26,32 дБ. Важно, что для варианта FBP с окном Ханна PSNR снизился (24,52 дБ), а SSIM вырос (0,790): сглаживание уменьшает пятнистый шум на изображении, но размывает границы, то есть эти два показателя не всегда изменяются в одном направлении.

При уменьшении числа проекций (до 30) качество FBP резко падает — на изображении появляются лучевые линейные артефакты (19,60 дБ), SART дает 24,64 дБ, а SART+TV — 25,41 дБ, при этом SSIM возрастает с 0,360 до 0,866. Из рис. 2 видно, что при 10 проекциях FBP дает 13,4 дБ, SART — 19,9 дБ, SART+TV — 20,2 дБ; с ростом числа проекций преимущество TV увеличивается (при 180 проекциях SART+TV — 31,1 дБ, SART — 26,9 дБ). В случае же крайне разреженных данных (10–15 проекций) SART и SART+TV почти равны (разница 0,3–0,4 дБ).

Влияние шума показано на рис. 3. При отсутствии шума SART (30,5 дБ) превосходит вариант с TV (28,9 дБ): сглаживание TV стирает мелкие детали и вносит систематическую ошибку. С ростом шума картина меняется: при ρ = 5 % FBP дает 19,3 дБ, SART — 23,2 дБ, SART+TV — 26,7 дБ, а при ρ = 12 % — 13,1, 16,9 и 20,1 дБ соответственно. PSNR алгоритма

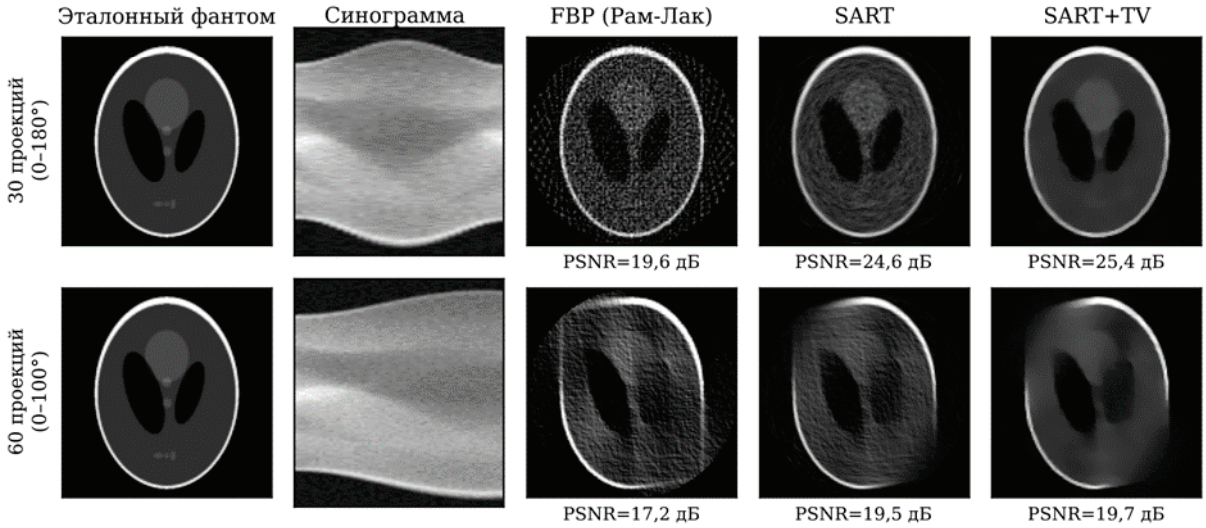


Рис. 1. **Результаты реконструкции по зашумленным (ρ = 3 %) разреженным (30 углов, верхний ряд) и ограниченноугловым (0–100°, 60 проекций, нижний ряд) данным**

Таблица 1. **Качество реконструкции: PSNR (дБ) / SSIM (жирным выделен SART+TV — лучший результат в данном сценарии)**

Сценарий	FBP (Рам-Лак)	FBP (Ханн)	SART	SART+TV
Полные данные (180 проекций, 0–180°)	26,32 / 0,561	24,52 / 0,790	26,71 / 0,539	**31,27 / 0,919**
Разреженные (30 проекций, 0–180°)	19,60 / 0,360	23,12 / 0,515	24,64 / 0,590	**25,41 / 0,866**
Ограниченный угол (60 проекций, 0–100°)	17,21 / 0,409	17,75 / 0,557	19,46 / 0,481	**19,70 / 0,689**

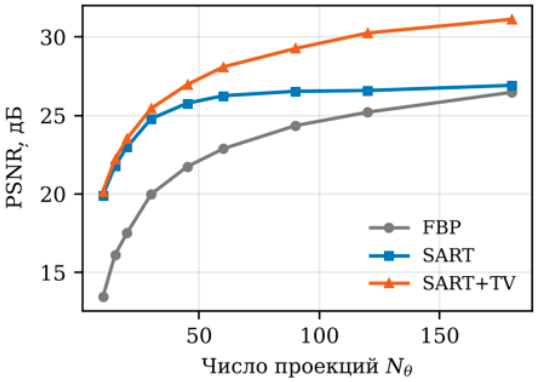


Рис. 2. Зависимость PSNR от числа проекций (ρ = 3 %).

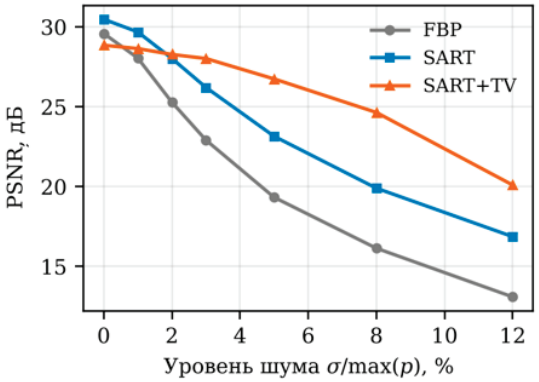


Рис. 3. Зависимость PSNR от уровня шума (60 проекций, 0–180°)

с TV-регуляризацией при росте шума от 0 до 8 % снижается всего на 4,3 дБ, тогда как у FBP это снижение составляет 13,5 дБ, то есть TV значительно устойчивее к шуму.

В сценарии с ограниченным углом (рис. 1, нижний ряд) улучшение скромное: SART+TV — 19,70 дБ, SART — 19,46 дБ. По SSIM разница заметна (0,689 и 0,481), однако на изображении границы, перпендикулярные недостающим углам, всё равно остаются размытыми, и TV их не восстанавливает. Это согласуется с теорией [7]: регуляризация не может без данных «изобрести» границы в неизмеренных направлениях, их может исправить только дополнительная априорная информация (например, форма или обученная модель).

В качестве практической рекомендации: параметр μ следует связывать с уровнем шума в данных — при малом шуме μ выбирается малым (или близким к нулю), при большом — большим. Если норма шума δ известна, μ можно выбрать по принципу невязки из условия $\|Ax_\mu - b\|_2 \approx \delta$ [5]. По вычислительной сложности одна внешняя итерация SART+TV

равна стоимости прохода SART и TV-сглаживания, что в несколько раз медленнее FBP, но при размере 128×128 выполняется за секунды.

Ограничения результатов: эксперимент выполнен на одном синтетическом фантоме, одной реализации шума (фиксированное начальное значение генератора случайных чисел) и с гауссовым шумом; в реальных детекторах шум имеет пуассоновский характер, а параметр μ необходимо подбирать отдельно для каждого набора данных. Поэтому приведенные различия в дБ показывают тенденцию качества, а не точную гарантию.

Вычислительный эксперимент показал, что на зашумленных и разреженных данных алгоритм SART+TV имеет заметное преимущество перед FBP (при 30 проекциях +5,8 дБ PSNR, SSIM 0,36 → 0,87) и наиболее устойчив к росту шума; на данных без шума регуляризация из-за избыточного сглаживания может давать небольшие потери. В диапазоне ограниченных углов (0–100°) выигрыш от TV мал, так как недостающую информацию нельзя восстановить одной лишь регуляризацией. В дальнейших исследованиях планируется автоматический выбор параметра μ (принцип невязки), модель пуассоновского шума, использование реальных измерительных данных и сравнительный анализ с обучаемыми методами.

Литература:

1. Radon J. Über die Bestimmung von Funktionen durch ihre Integralwerte längs gewisser Mannigfaltigkeiten // Berichte über die Verhandlungen der Sächsischen Akademie der Wissenschaften, Leipzig, Math.-Phys. Klasse. — 1917. — Bd. 69. — S. 262–277.
2. Natterer F. The Mathematics of Computerized Tomography. — Philadelphia: SIAM, 2001. — 222 p.
3. Kak A. C., Slaney M. Principles of Computerized Tomographic Imaging. — Philadelphia: SIAM, 2001. — 327 p.
4. Hansen P. C. Discrete Inverse Problems: Insight and Algorithms. — Philadelphia: SIAM, 2010. — 213 p.
5. Engl H. W., Hanke M., Neubauer A. Regularization of Inverse Problems. — Dordrecht: Kluwer Academic Publishers, 1996. — 321 p.
6. Tikhonov A. N., Arsenin V. Y. Solutions of Ill-Posed Problems. — Washington, DC: Winston & Sons, 1977. — 258 p.
7. Quinto E. T. An introduction to X-ray tomography and Radon transforms // Proceedings of Symposia in Applied Mathematics. — 2006. — Vol. 63. — P. 1–23.
8. Andersen A. H., Kak A. C. Simultaneous algebraic reconstruction technique (SART): a superior implementation of the ART algorithm // Ultrasonic Imaging. — 1984. — Vol. 6, No. 1. — P. 81–94.
9. Rudin L. I., Osher S., Fatemi E. Nonlinear total variation based noise removal algorithms // Physica D. — 1992. — Vol. 60, No. 1–4. — P. 259–268.
10. Candès E. J., Romberg J., Tao T. Robust uncertainty principles: exact signal reconstruction from highly incomplete frequency information // IEEE Transactions on Information Theory. — 2006. — Vol. 52, No. 2. — P. 489–509.

Прогнозирование аномалий в технологических процессах с помощью методов машинного обучения: практический взгляд

Басов Дмитрий Александрович, студент
Поволжский государственный технологический университет (г. Йошкар-Ола)

В статье рассматривается задача раннего обнаружения отклонений в показаниях датчиков технологического оборудования. Сравниваются два подхода: классические статистические правила (пороговые значения и контрольные карты) и методы машинного обучения без учителя (изолирующий лес, одноклассовый SVM). На примере синтетического набора данных, имитирующего работу насосной станции, показано, что статистические правила дают много ложных срабатываний при сезонных колебаниях, тогда как изолирующий лес устойчивее к ним, но требует аккуратной настройки. Делается вывод, что выбор метода определяется не «модностью» алгоритма, а характером шума в конкретных данных.

Ключевые слова: *обнаружение аномалий, машинное обучение, изолирующий лес, одноклассовый SVM, технологические процессы, датчики.*

Разговоры о применении искусственного интеллекта в промышленности часто начинаются с больших слов: «цифровой двойник», «предиктивное обслуживание», «умный завод». На практике же первая задача, с которой сталкивается инженер, гораздо скромнее: нужно понять, что датчик на насосе или на линии начал вести себя не так, как обычно. И желательно понять это до того, как оборудование встанет.

Именно на этой задаче — обнаружении аномалий в показаниях датчиков — я и хочу остановиться. Она интересна тем, что здесь методы машинного обучения конкурируют не с человеком, а с гораздо более простыми вещами: пороговыми правилами и контрольными картами. И конкуренция эта не всегда заканчивается победой «умных» алгоритмов [3].

Почему простые правила работают хуже, чем кажется

На первый взгляд всё просто: если температура подшипника превысила сто градусов — подаём сигнал. Такое правило понятно, его легко объяснить сменному мастеру, и оно не требует ни обучения модели, ни инфраструктуры. Проблема начинается, когда процесс имеет сезонность или зависит от нагрузки. Летом температура охлаждающей жидкости в норме выше, чем зимой; при пиковой нагрузке вибрация насоса растёт, хотя оборудование исправно. Порог, подобранный «на глаз», в этих условиях либо пропускает реальные отклонения, либо выдаёт поток ложных тревог, на которые персонал быстро перестаёт реагировать [1].

Я наблюдал это на простом примере: порог по вибрации, выставленный по среднему значению за месяц, за неделю дал больше двадцати срабатываний, из которых реальными оказались два. Остальные пришлись на плановые пуски и остановки. Формально правило работало, практически — мешало.

Что предлагает машинное обучение

Методы обнаружения аномалий без учителя хороши тем, что не требуют размеченных данных — а размеченных аварий, к счастью, мало. Изолирующий лес (Isolation Forest) строит случайные деревья и ищет точки, которые «изолируются» быстрее остальных: именно они и считаются выбросами [4]. Одноклассовый SVM (One-Class SVM) действует иначе — описывает область нормальных значений и считает аномалией всё, что оказалось за её пределами [5].

Оба метода привлекательны тем, что им можно «скормить» историю датчиков за несколько месяцев и получить модель, которая не требует ручной разметки. На практике же всё упирается в подготовку признаков. Сырые показания датчика — плохой вход: модель будет ловить не отклонения, а суточный цикл. Приходится считать скользящее среднее, разницу между текущим значением и средним за час, скорость изменения. Именно эти производные признаки, а не сам алгоритм, определяют качество результата [2].

Небольшой эксперимент

Чтобы не рассуждать голословно, я собрал синтетический набор данных, имитирующий работу насосной станции: три датчика (температура, вибрация, давление), шаг в одну минуту, около двух месяцев наблюдений. В данные были заложены суточная цикличность, редкие плановые остановки и пять искусственных аномалий — скачков, которые не объясняются циклом.

Сравнение получилось показательным. Пороговое правило по вибрации поймало все пять аномалий, но добавило сорок ложных срабатываний — почти все на пусках. Изолирующий лес при настройке «загрязнения» около одного процента поймал четыре аномалии из пяти и дал восемь ложных. Одноклассовый SVM показал похожий результат, но оказался чувствительнее к масштабу признаков: без нормализации он вообще отказывался работать осмысленно.

Вывод, который я сделал для себя: разница между методами не в том, что один «умнее» другого, а в том, какие ошибки вы готовы терпеть. Порог прощает пропуски, но заваливает ложными тревогами. Лес пропускает часть аномалий, зато молчит, когда всё в порядке. Для дежурной смены второе обычно важнее.

Где всё ломается

Есть несколько мест, где даже аккуратно настроенная модель перестаёт быть полезной. Первое — дрейф данных: оборудование изнашивается, датчики стареют, и распределение «нормы» постепенно смещается. Модель, обученная полгода назад, может начать считать нормой то, что раньше было аномалией, или наоборот. Второе — редкие режимы: зимний пуск, работа на минимальной нагрузке, ремонтный режим. Если таких данных в обучении не было, модель отреагирует на них как на аварию [3]. Третье — интерпретируемость: мастеру нужно объяснить, почему сработал сигнал, а «так решило дерево» — не объяснение. Поэтому на практике часто оставляют и простое правило, и модель, а решение принимает человек.

Что я вынес из этой задачи

Во-первых, обнаружение аномалий — это не про выбор алгоритма, а про понимание процесса. Без знания того, как работает оборудование и откуда берётся шум, никакой лес не поможет. Во-вторых, признаки важнее модели: скользящие статистики и скорость изменения дают больше, чем замена одного классификатора на другой. В-третьих, полностью автоматический режим пока преждевременен — разумнее строить систему, которая подсказывает оператору, а не заменяет его.

На мой взгляд, наиболее перспективны гибридные схемы: простые правила отсекают явные случаи, а модель работает с «серой зоной», где правило бессильно. Но это уже требует интеграции с системой диспетчеризации, а значит — отдельного разговора о том, как встраивать такие модели в существующую инфраструктуру предприятия.

Литература:

1. Вентцель Е. С. Теория вероятностей: учебник для вузов. — М.: Высшая школа, 2006. — 575 с.
2. Иванов А. В. Инженерия признаков в задачах анализа временных рядов // Программные продукты и системы. — 2024. — № 2. — С. 45–53.
3. Смирнова Е. К. Машинное обучение в промышленности: между пилотом и внедрением // Открытые системы. СУБД. — 2025. — № 1. — С. 18–24.
4. Liu F. T., Ting K. M., Zhou Z.-H. Isolation Forest // Proceedings of the 8th IEEE International Conference on Data Mining. — 2008. — Pp. 413–422.
5. Schölkopf B., Williamson R., Smola A. et al. Support Vector Method for Novelty Detection // Advances in Neural Information Processing Systems. — 2000. — Vol. 12. — Pp. 582–588.

Влияние затрат на сопровождение на выбор облачной и локальной CRM для малого предприятия: сценарный анализ совокупной стоимости владения

Васина Полина Сергеевна, студент
Научный руководитель: Шакиров Кирилл Фаридович, старший преподаватель
Российский экономический университет имени Г. В. Плеханова (г. Москва)

На условном примере малого предприятия с 10 пользователями выполнен трехлетний сценарный анализ совокупной стоимости владения CRM. Официальные тарифы отделены от расчетных допущений. В базовом сценарии TCO облака составляет 579 640 руб., локального решения — 719 400 руб. Показано, что учет сопровождения меняет первоначальный выбор. Определен порог трудозатрат и проверена чувствительность результата к стоимости часа и росту регулярных расходов.

Ключевые слова: *информационный менеджмент, CRM, малое предприятие, сопровождение, TCO, сценарный анализ.*

1 Введение

Выбор CRM-системы влияет на организацию хранения клиентских данных, распределение ответственности и затраты на поддержку продаж. После внедрения системы необходимо управлять правами доступа, помогать пользователям, контролировать качество данных и обеспечивать интеграцию с электронной почтой. Поэтому при сравнении CRM-решений следует учитывать не только стоимость лицензии, но и расходы на их дальнейшее сопровождение.

Актуальность ресурсного ограничения иллюстрируют данные НИУ ВШЭ: в обследовании химической промышленности 2025 г. у 61,5 % малых организаций вложения в цифровизацию не превышали 1 млн руб. [10, с. 21]. Это отраслевой результат, который нельзя переносить на все малые предприятия, однако он показывает значение доступного бюджета. Цель статьи — установить, как включение сопровождения в TCO меняет экономически предпочтительный вариант размещения CRM.

2 Методика оценки совокупной стоимости владения

TCO (total cost of ownership) понимается как сумма затрат на внедрение и использование системы за выбранный период. Методологической основой служит подход к учету прямых и косвенных расходов облачных сервисов [12]. Проверяется гипотеза: сопровождение способно изменить решение, принятое по цене программного обеспечения.

Рассматривается условное торговое предприятие с 10 пользователями и небольшим объемом данных. Сопоставляются облачный тариф «Стандартный» и локальная редакция «Интернет-магазин + CRM» Битрикс24. Их лимиты — 50 и 12 пользователей — покрывают потребность компании [5; 8]. Сравниваются клиентская база, сделки, задачи, стандартная отчетность и штатная связь с электронной почтой [6; 9]. Интернет-магазин и расширенные функции не используются. Полное функциональное равенство продуктов не предполагается.

Суммарные трудозатраты h включают помощь пользователям, права доступа, контроль данных и почтовой интеграции. Локально добавляются обновления платформы и ОС, контроль резервирования и восстановления. Облако переносит часть инфраструктурных работ поставщику [3; 4]. Часы заданы как проверяемые допущения, а не результаты наблюдений или нормативы производителя.

$$TCO = V + P_1 + P_2 + P_3 + K + 3E + 36hr, \quad (1)$$

где V — внедрение; P_t — платежи за ПО в году t; K — сервер; E — годовая эксплуатация; r — полная стоимость часа сотрудника. Для облака K = E = 0. Сопровождение равно 36hr, а средняя стоимость пользователя в месяц — TCO / 360.

База выражена в ценах на 07.11.2026 без дисконтирования. Лицензионные платежи приняты без НДС согласно пояснению поставщика [8]; остальные суммы — итоговые расходы предприятия без возмещения входного налога. Время штатного сотрудника оценивается с учетом затрат работодателя и показывается отдельно от внешних платежей.

3 Исходные данные и сценарии

Облако оплачивается помесячно по обычной цене 6 990 руб.; годовой эквивалент — 83 880 руб. [4]. Локальная лицензия стоит 109 000 руб., своевременное продление — 32 700 руб. в год [5, 7, 11]. Акционные скидки не используются. Такой выбор позволяет отделить эффект сопровождения от временных ценовых предложений.

Таблица 1. **Параметры расчета, руб**

Параметр	Облако	Локально
ПО, год 1 [5,7,8]	83880	109000
ПО, каждый из годов 2–3 [7,8,11]	83880	32700
Внедрение, однократно*	40000	50000
Сервер с носителями, однократно*	0	45000
Эксплуатация, ежегодно*	0	6000
Полная стоимость часа*, руб./ч	1000	1000
Низкая нагрузка*, ч/мес.	4	6
Базовая нагрузка*, ч/мес.	8	12
Высокая нагрузка*, ч/мес.	16	24

* Авторские сценарные допущения. Внедрение включает настройку, перенос данных и первоначальное обучение внешним исполнителем. Эксплуатация сервера: 3 600 руб. электроэнергии и 2 400 руб. хранения копий в год; труд администратора относится к сопровождению. Внешние платежи не включают повторную оплату работ поставщика.

В расчетах предполагается использование бесплатных Linux и СУБД, а также имеющихся рабочих мест, подключения к интернету и электронной почты. Стоимость новой серверной конфигурации принята на уровне 45 000 руб. как бюджетное допущение, требующее проверки под нагрузкой; обеспечение высокой доступности не предусмотрено. При определении совокупных затрат остаточная стоимость оборудования принимается равной нулю, а расходы на REST API, Маркетплейс, телефонию и отдельный BI-конструктор исключаются ввиду отсутствия потребности в этих инструментах в рассматриваемом контуре эксплуатации. Между сценариями изменяется только количество часов сопровождения при неизменном составе выполняемых задач.

4 Результаты сценарного анализа

Только платежи за ПО за три года составляют 251 640 руб. для облака и 174 400 руб. для локальной версии. После добавления внедрения и инфраструктуры, но без сопровождения, суммы равны 291 640 и 287 400 руб. Локальное решение сохраняет преимущество всего 4 240 руб. Включение рабочего времени меняет результат во всех трех сценариях.

Таблица 2. **TCO и доля сопровождения за три года**

Сценари1	TCO облака, руб.	TCO локально, руб.	Δ¹, %	Доля², %
Низкая нагрузка	435 640	503 400	15,6	33,1 / 42,9
Базовая нагрузка	579 640	719 400	24,1	49,7 / 60,1
Высокая нагрузка	867 640	1 151 400	32,7	66,4 / 75,0

(TCO локально – TCO облака) / TCO облака × 100 %. Сопровождение / TCO; сначала облако, затем локальный вариант. Источник: авторские расчеты по таблице 1.

В базовом сценарии сопровождение облака равно 8 × 1 000 × 36 = 288 000 руб.; локальной CRM — 12 × 1 000 × 36 = 432 000 руб. Итоги: 291 640 + 288 000 = 579 640 руб. и 287 400 + 432 000 = 719 400 руб. Разница — 139 760 руб. В пересчете на пользователя в месяц это 1 610 и 1 998 руб. соответственно. Для низкой нагрузки — 1 210 и 1 398 руб., для высокой — 2 410 и 3 198 руб.

В первый год базовые затраты составляют 219 880 руб. для облака и 348 000 руб. локально; во второй и третий — по 179 880 и 182 700 руб. Внешние платежи за весь период равны 291 640 и 287 400 руб., внутренние трудозатраты — 288 000 и 432 000 руб. Их оценка не означает дополнительного денежного платежа сверх уже выплачиваемой зарплаты: она показывает ресурс, отвлеченный от других задач.

5 Порог выбора и анализ чувствительности

Обозначим затраты без сопровождения через A. При фиксированных часах облачного варианта ho равенство TCO достигается при следующем числе часов локального сопровождения:

$h_л^* = h_o + (A_o - A_л) / (36r)$. (2)

При ho = 8 и r = 1 000 порог равен 8 + 4 240 / 36 000 = 8,118 ч/мес. При меньшем значении локальный вариант дешевле, при большем — дороже (рисунок 1). Для низкой и высокой нагрузки пороги равны 4,118 и 16,118 ч/мес. Если формула дает отрицательное значение, равенство при неотрицательных часах недостижимо.

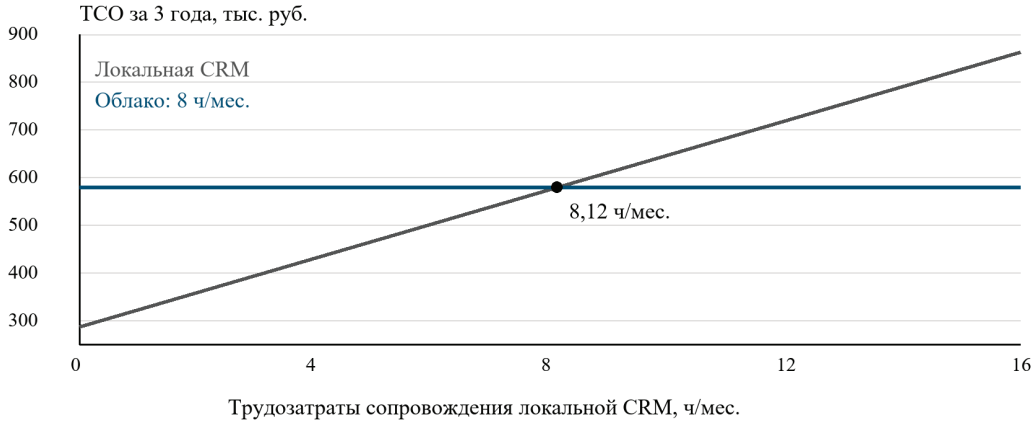


Рис. 1. **Порог TCO при 8 ч/мес. сопровождения облака**

Источник: авторские расчеты

В базовом сценарии при ставке 800 руб./ч TCO равна 522 040 руб. для облака и 633 000 руб. локально; при 1 200 руб./ч — 637 240 и 805 800 руб. Выбор облака сохраняется. При ежегодном росте регулярных расходов на 5 % суммы равны 607 072 и 747 262 руб.; при 10 % — 635 403 и 776 037 руб. Здесь ставка первого года — 1 000 руб./ч, далее она растет вместе с другими регулярными расходами. Параметры 5 % и 10 % — стрессовые допущения, не прогноз инфляции.

6 Обсуждение и ограничения

Для чувствительности использован множитель $S(g) = 1 + (1 + g) + (1 + g)^2$. Тогда TCO облака = Vo + (12p + 12hor)S(g), а локальной CRM = Vл + K + L + dL [S(g) − 1] + (E + 12hлr)S(g), где p — месячная подписка, L — лицензия, d = 0,3. Дополнительные модули равны нулю. Рост применяется с года 2 к подписке, продлению, эксплуатации и стоимости часа; первоначальные вложения не индексируются. Excel содержит все 27 сочетаний трех сценариев, трех ставок и трех темпов роста. Во всех сочетаниях облако дешевле.

Результат показывает ценность распределения ответственности. При базовой нагрузке локальная модель требует дополнительно 4 ч/мес., что дает 144 000 руб. за три года и перекрывает экономию 4 240 руб. без сопровождения. Допустимая разница составляет лишь 0,118 ч/мес., около 7 минут. Такой малый запас экономии нельзя считать устойчивым основанием выбора без измерения фактических трудозатрат.

Актуальность расчета усиливают условия продления: после 15 дней просрочки вместо льготных 30 % применяется полная цена [11]. Одна такая ошибка добавит 109 000 − 32 700 = 76 300 руб. при неизменных ценах. Значит, календарь продлений и ответственность за него — часть управления информационным ресурсом.

Ограничения связаны с условными часами и бюджетной инфраструктурой. Надежность, потери от простоев, стоимость выхода и перенос данных к другому поставщику не оценены. Горизонт фиксирован; продажа сервера и дисконтирование не учитываются. Годовая скидка облака, существующий сервер или иная редакция меняют расчет. Независимо от результатов сравнения TCO при выборе способа размещения CRM необходимо учитывать требования к защите информации, а при обработке персональных данных клиентов — также требования законодательства о персональных данных [1, 2].

Заключение

Гипотеза подтверждена для заданного примера: учет сопровождения изменил выбор в пользу облачной CRM. При базовой нагрузке ее преимущество равно 139 760 руб. за три года. Перед покупкой малому предприятию следует определить задачи и ответственных, оценить часы сопровождения и проверить порог равенства затрат. Вывод относится к выбранным тарифам и допущениям, а не ко всем CRM или предприятиям.

Литература:

1. Об информации, информационных технологиях и о защите информации: Федеральный закон от 27 июля 2006 г. № 149-ФЗ // КонсультантПлюс: сайт. URL: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_61798/ (дата обращения: 07.11.2026).
2. О персональных данных: Федеральный закон от 27 июля 2006 г. № 152-ФЗ // КонсультантПлюс: сайт. URL: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_61801/ (дата обращения: 07.11.2026).
3. Бессарабов Г. Обновление коробочной версии Битрикс24 и изменение условий продления // Битрикс24: сайт. Обновлено 01.06.2026. URL: https://helpdesk.bitrix24.ru/open/22236856/ (дата обращения: 07.11.2026).
4. Бессарабов Г. Различия облачной и коробочной версий Битрикс24 // Битрикс24: сайт. Обновлено 21.07.2026. URL: https://helpdesk.bitrix24.ru/open/23155430/ (дата обращения: 07.11.2026).
5. Битрикс24: коробочная версия — тарифы и цены // Битрикс24: сайт. URL: https://www.bitrix24.ru/prices/self-hosted.php (дата обращения: 05.11.2026).
6. Битрикс24: подробное сравнение тарифов // Битрикс24: сайт. URL: https://www.bitrix24.ru/prices/compare_cloud_plans.php (дата обращения: 08.11.2026).
7. Купить «1С-Битрикс24» // 1С-Битрикс: сайт. URL: https://www.1c-bitrix.ru/buy/products/b24.php (дата обращения: 05.11.2026).
8. Купить CRM для бизнеса: тарифы и цены Битрикс24 // Битрикс24: сайт. URL: https://www.bitrix24.ru/prices/ (дата обращения: 06.11.2026).
9. Узлова К. Как работать с почтой в CRM // Битрикс24: сайт. Обновлено 23.07.2026. URL: https://helpdesk.bitrix24.ru/open/18048120/ (дата обращения: 05.11.2026).
10. Цифровая трансформация химической промышленности. Мониторинг цифровой трансформации бизнеса. Выпуск № 1 / В. Л. Абашкин, Г. И. Абдрахманова, Т. В. Богданов [и др.]. Москва: НИУ ВШЭ, 2026. 26 с. DOI: 10.17323/ISSEK_BDTM_2026_1. URL: https://issek.hse.ru/mirror/pubs/share/1151793157.pdf (дата обращения: 05.11.2026).
11. Штенникова Н. Новые условия продления лицензии Битрикс24 в коробке // Битрикс24: сайт. Обновлено 24.07.2026. URL: https://helpdesk.bitrix24.ru/open/26997758/ (дата обращения: 08.11.2026).
12. Martens B., Walterbusch M., Teuteberg F. Costing of Cloud Computing Services: A Total Cost of Ownership Approach // 2012 45th Hawaii International Conference on System Sciences. IEEE, 2012. P. 1563–1572. DOI: 10.1109/HICSS.2012.186.

Метод обнаружения логических противоречий в тест-кейсах на основе анализа условий и ожидаемых результатов

Огнева Анастасия Владимировна, студент магистратуры
Национальный исследовательский технологический университет «МИСиС» (г. Москва)

Предложена проверка противоречий тест-кейсов по условиям, действиям, времени и ожидаемым результатам. На 40 синтетических парах Python-прототип выявил 16 из 18 противоречий без ложных срабатываний (F1 = 0,941 против 0,696 у текстовой эвристики). Оценён только логический модуль; языковая модель не применялась.

Ключевые слова: *тест-кейс, логическое противоречие, структурная проверка, формальные ограничения, тестирование ПО.*

Введение

Генерация тестов языковыми моделями реализована в TestSpark [1] и TestPilot [4]; качество таких тестов исследовано в [2, 5]. Однако отдельные корректно сформулированные сценарии могут иметь несовместимые ожидания.

Формальная проверка противоречий в требованиях рассматривается в [3]. В настоящей работе проверяются пары тест-кейсов с учётом действий, условий, времени и результатов. Вклад состоит в формулировке критерия для этой структуры и пилотной оценке его реализации, а не в создании нового принципа логической выполнимости.

Цель — сформулировать критерий несовместимости и предварительно оценить его реализацию.

1. Постановка задачи и формальная модель

Тест — кортеж $T_i = (D_i, A_i, P_i, \tau_i, E_i)$: функциональная область, действие, предусловия, временной контекст и ожидаемый результат. Условия записываются как пары «поле — значение», время — как интервал.

Противоречие требует совместимости условий и несовместимости ожиданий.

Обозначим C_i формулу контекста, E_i — формулу ожидаемого состояния. Для тестов i и j критерий имеет вид:

$$SAT(C_i \wedge C_j) = 1;\ SAT(C_i \wedge C_j \wedge E_i \wedge E_j) = 0. \quad (1)$$

SAT(F) = 1 означает выполнимость F. Критерий применим к одному моменту наблюдения при детерминированных ожиданиях; допустимые альтернативные исходы не являются противоречием.

Пример: после третьей ошибки входа учётная запись блокируется на 15 минут. Немедленный вход нельзя одновременно разрешить и запретить; по истечении блокировки вход допустим.

Таблица 1. **Пример противоречия и допустимого расхождения**

Тест	Предусловия и момент проверки	Ожидаемый результат
T1	Три ошибки; непосредственно после блокировки	Вход запрещён
T2	Три ошибки; непосредственно после блокировки	Вход разрешён
T3	Три ошибки; после завершения блокировки	Вход разрешён

2. Реализация структурной проверки

Полная схема предполагает извлечение структуры языковой моделью и логическую проверку. В эксперименте поля подготовлены вручную: оценён только второй этап.

Алгоритм сопоставляет область и действие, общие значения предусловий и пересечение временных интервалов. При совместимых контекстах разные значения одного поля результата означают противоречие. Отсутствующий ключ ограничений не накладывает.

Это частный случай критерия (1), без SAT-решателя и межполевых зависимостей.

Базовая эвристика требует буквального совпадения области, действия и условий; различный текст результата трактуется как конфликт. Она иллюстрирует пользу структурирования, но не представляет сильный современный метод сравнения.

3. Организация предварительного эксперимента

Подготовлены 40 синтетических пар: 18 противоречивых и 22 непротиворечивые. Охвачены вход, регистрация, восстановление пароля, профиль, заказ и сессии; варьируются роли, время и формулировки.

Поля и эталонные метки заданы при создании примеров. Следовательно, проверялись правила, а не качество метода на независимых данных.

На одних парах рассчитаны TP (верные обнаружения), FP (ложные срабатывания), FN (пропуски), TN (верные отрицания):

$$Precision = TP / (TP + FP);\ Recall = TP / (TP + FN). \quad (2)$$

$$F1 = 2 \times Precision \times Recall / (Precision + Recall). \quad (3)$$

Для воспроизведения нужны Python 3.9+, build_dataset.py, команда python -m unittest test_evaluate.py -v и evaluate.py. Результат сохраняется в metrics.json.

4. Результаты исследования и анализ ошибок

Оба метода обнаружили 16 из 18 противоречий (таблица 2). Для эвристики TP = 16, FP = 12, FN = 2, TN = 10; для структурной проверки TP = 16, FP = 0, FN = 2, TN = 22.

Оба метода обнаружили 16 из 18 конфликтов. У эвристики 12 ложных срабатываний, у структурного метода на данном наборе их нет: буквальное сравнение не различает контексты и переформулировки. Преимущество показано только относительно выбранной эвристики.

Таблица 2. **Результаты проверки 40 синтетических пар**

Метод	Точность	Полнота	F1
Эвристика	0,571	0,889	0,696
По полям	1,000	0,889	0,941

Пропуски P36 и P37 обусловлены зависимостями разных полей. Заблокированная учётная запись несовместима с разрешённым входом, а истёкшая сессия — с действительной. Алгоритм сравнения значений одного поля не обнаруживает такие связи: необходимы предметные правила.

5. Ограничения и направления развития

Набор мал и составлен под проверяемые правила; независимой разметки и реальных тестов нет. Нулевое число ложных срабатываний на 22 примерах не гарантирует его в других условиях.

Далее необходимы независимый корпус, межполевые правила, извлечение структуры языковой моделью и сравнение с более сильными методами.

Заключение

Предложена структурная проверка противоречий при совместимых условиях. На 40 синтетических парах получена F1 = 0,941 против 0,696 у буквальной эвристики. Прототип может служить фильтром конфликтующих пар для ручного анализа, но качество полного метода на реальных данных не установлено.

Литература:

1. Sapozhnikov A. et al. TestSpark: IntelliJ IDEA's Ultimate Test Generation Companion // Proceedings of the 46th IEEE/ACM International Conference on Software Engineering: Companion Proceedings. 2024. P. 30–34. DOI: 10.1145/3639478.3640024.
2. Tasarsu M., Tokmak A. V., Catal C. Test case generation using large language models: a systematic literature review // Cluster Computing. 2026. Vol. 29. Art. 227. DOI: 10.1007/s10586–026–06021-z.
3. Gärtner A. E., Göhlich D. Automated requirement contradiction detection through formal logic and LLMs // Automated Software Engineering. 2024. Vol. 31. Art. 49. DOI: 10.1007/s10515–024–00452-x.
4. Schäfer M., Nadi S., Eghbali A., Tip F. An Empirical Evaluation of Using Large Language Models for Automated Unit Test Generation // IEEE Transactions on Software Engineering. 2024. Vol. 50, No. 1. P. 85–105. DOI: 10.1109/TSE.2023.3334955.
5. Ouédraogo W. A. M. C. et al. LLMs and Prompting for Unit Test Generation: A Large-Scale Evaluation // Proceedings of the 39th IEEE/ACM International Conference on Automated Software Engineering (ASE). 2024. DOI: 10.1145/3691620.3695330.

Этические аспекты использования генеративного искусственного интеллекта в научных исследованиях

Третков Александр Сергеевич, студент магистратуры
Поволжский государственный технологический университет (г. Йошкар-Ола)

В статье рассматриваются этические вопросы, возникающие при использовании генеративного искусственного интеллекта в научной деятельности. Анализируются позиции международных организаций и академических издательств в отношении авторства ИИ. Приводятся практические рекомендации по раскрытию информации об использовании нейросетей при подготовке рукописей.

Ключевые слова: *генеративный искусственный интеллект, научная этика, авторское право, ChatGPT, академическое письмо.*

Стремительное развитие генеративных нейросетей (таких как ChatGPT, Midjourney, Claude и других) вызвало настоящую революцию в сфере работы с текстом и информацией. Для научного сообщества это стало серьезным вызовом, так как инструменты, способные за секунды генерировать связные тексты, поставили под

вопрос традиционные представления об авторстве и оригинальности научных работ.

Первым и наиболее фундаментальным вопросом является вопрос авторства. Может ли нейросеть считаться соавтором статьи? Ведущие мировые организации, такие как COPE (Комитет по публикационной этике), однозначно отвечают на этот вопрос отрицательно. Искусственный интеллект не является юридическим лицом, не может нести ответственность за содержание текста, не может подписывать договоры с издательствами и не обладает авторским правом. Автором научной статьи может быть только человек, который несет полную ответственность за достоверность приведенных данных.

В связи с этим возникает второй важный аспект — прозрачность. Если исследователь использовал ИИ для структурирования текста, перевода, редактирования или генерации идей, он обязан раскрыть эту информацию. Сокрытие факта использования нейросети вводит рецензентов и читателей в заблуждение. Согласно современным рекомендациям, информация об использовании ИИ должна размещаться в разделе «Материалы и методы» или в специальных сносках. Издатели оставляют за собой право отклонить рукопись, если выяснится, что автор скрыл факт применения генеративных инструментов.

Третий аспект связан с рисками фальсификации. Генеративные модели склонны к «галлюцинациям» — генерации правдоподобной, но ложной информации. Они могут выдумывать несуществующие источники, цитаты и даже научные факты. В научной статье, где каждое утверждение должно быть верифицировано, это является недопустимым. Исследователь, использующий ИИ, обязан перепроверять каждый факт и каждую ссылку. Если нейросеть предложила красивую формулировку, но исказила суть исследования, ответственность за это понесет автор, а не разработчик алгоритма.

Кроме того, существует проблема утечки конфиденциальных данных. Загружая неопубликованные результаты исследований или персональные данные в публичные нейросети, ученые рискуют нарушить политику конфиденциальности и авторские права третьих лиц. В связи с этим многие корпорации и университеты уже запрещают сотрудникам использовать открытые ИИ-сервисы для работы с внутренней документацией. Данные, попадающие в открытые модели, могут быть использованы для их дальнейшего обучения, что создает риски для интеллектуальной собственности.

На основе анализа текущих этических норм можно сформулировать базовые правила для исследователей. Во-первых, ИИ не может быть указан в качестве автора или соавтора. Во-вторых, любое использование ИИ должно быть прозрачно задокументировано в тексте работы. В-третьих, ответственность за любые ошибки, допущенные ИИ, полностью лежит на человеке, подающем рукопись. И наконец, конфиденциальные данные запрещено передавать в открытые модели.

Таким образом, генеративный ИИ является лишь инструментом в руках исследователя. Этические нормы не должны запрещать технологии, но они должны регулировать их применение. Научное сообщество проходит этап адаптации к новым реалиям, и формирование четких регламентов использования ИИ станет залогом сохранения доверия к науке в будущем. Исследователям необходимо выработать внутреннюю культуру работы с ИИ, чтобы использовать его преимущества, не нарушая базовых принципов научной честности.

Особую роль в формировании новой этической культуры играют научные журналы и издательства. Уже сейчас многие редакции внедряют обязательные чек-листы для авторов, где требуется указывать не только факт применения ИИ, но и конкретные модели, а также цели их использования. Это дисциплинирует исследователей и создает единые правила игры для всего академического сообщества.

Кроме того, перед современными университетами стоит задача подготовки молодых ученых к работе в условиях распространения генеративных технологий. В учебные курсы по академическому письму необходимо включать модули по цифровой этике и критическому анализу сгенерированного контента. Только комплексный подход, сочетающий технические регламенты, редакционный контроль и образовательные инициативы, позволит минимизировать риски и сохранить высокие стандарты научной достоверности.

Литература:

1. COPE Council. Authorship and AI tools: COPE position statement / Committee on Publication Ethics. — 2023. — 13 February.
2. UNESCO. Recommendation on the Ethics of Artificial Intelligence / United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization. — Paris: UNESCO, 2021.
3. UNESCO. Recommendation on the Ethics of Artificial Intelligence: Key Facts / UNESCO in the UK. — 2023.
4. American Mathematical Society. Use of Artificial Intelligence / AMS Committee on Publications. — 2023.
5. COPE Council. Where next in peer review? Part 2: COPE commentary / Committee on Publication Ethics. — 2023. — 15 November.

Применение БПЛА и нейросетевой сегментации для автоматизированной оценки повреждений посевов кукурузы: анализ и адаптация зарубежного подхода

Чубай Никита Витальевич, студент магистратуры;
Рековец Андрей Васильевич, кандидат технических наук, доцент
Московский технический университет связи и информатики

В статье рассматривается автоматизированная оценка повреждений сельхозпосевов с помощью БПЛА и нейросетевой сегментации изображений. Проанализировано зарубежное исследование по определению площади повреждений кукурузы от диких животных: особенности подготовки данных, применение CNN и трансформерных архитектур, сравнение моделей UNet, UNet++, DeepLabV3+ и SegFormer, а также ограничения их использования в мониторинге. Предложен концептуальный подход к интеграции нейросетевой обработки снимков в информационную систему оценки ущерба, включая передачу данных в ГИС и платформы страховых организаций. Показано, что RGBкамеры и алгоритмы компьютерного зрения снижают трудоёмкость оценки площади повреждений, но результаты сегментации должны служить основой для экспертной оценки, а не самостоятельным подтверждением страхового случая.

Ключевые слова: *беспилотный летательный аппарат, БПЛА, сельскохозяйственный мониторинг, компьютерное зрение, нейронные сети, семантическая сегментация, UNet++, SegFormer, оценка ущерба, агрострахование, геоинформационные системы.*

Введение

Повреждение сельхозкультур — одна из причин экономических потерь в растениеводстве: ущерб наносят погода, болезни, вредители и дикие животные. Для оценки масштаба повреждений проводят обследования полей — это трудоёмко, особенно на больших и неравномерно повреждённых территориях.

Перспективное решение — использование БПЛА: они дают детальные геопривязанные снимки и позволяют оперативно обследовать поля. По сравнению со спутниковыми данными БПЛА обеспечивают лучшую детализацию небольших участков.

Сочетание аэрофотосъёмки с ИИ открывает возможности для автоматического выявления проблемных зон — сорняков, болезней, повреждённых участков. Особый интерес представляет исследование P. Aszkowski и др. (2024) по сегментации повреждений кукурузы на RGBснимках с помощью нейросетей: подход работает на обычных цветных изображениях без дорогостоящего оборудования.

Цель статьи — проанализировать возможности нейросетевой сегментации снимков БПЛА для оценки площади повреждений и перспективы её применения в системах агрострахования. В работе рассмотрены особенности данных, этапы обработки изображений, характеристики нейросетевых архитектур, результаты экспериментов и возможная структура системы оценки ущерба. Работа носит аналитикометодический характер; экспериментальные данные взяты из указанного исследования, самостоятельных полевых испытаний не проводилось.

1. Особенности применения БПЛА для оценки повреждений сельскохозяйственных посевов

Использование БПЛА позволяет организовать обследование сельскохозяйственных угодий с получением детализированных изображений поверхности. В отличие от наземного осмотра, аэрофотосъёмка обеспечивает обзор значительной территории и позволяет определить пространственное распределение повреждений.

В зависимости от установленного оборудования беспилотные аппараты могут выполнять съёмку в видимом, инфракрасном и других спектральных диапазонах. При использовании стандартной RGB-камеры регистрируются три цветовых канала: красный, зелёный и синий. Такие изображения содержат информацию о цвете, текстуре и пространственной структуре растительного покрова.

Повреждённые участки посевов могут отличаться от здоровых изменением плотности растительности, наличием открытого грунта, нарушением рядности посадок, изменением окраски растений и особенностями текстуры изображения. При достаточном пространственном разрешении перечисленные признаки могут использоваться для автоматического выделения повреждённых областей.

Однако интерпретация аэрофотоснимков не всегда однозначна. Например, участок с редкой растительностью может быть следствием повреждения животными, недостаточной всхожести, особенностей почвы или технологических операций. Поэтому автоматическое определение визуально повреждённой площади не следует отождествлять с установлением конкретной причины ущерба.

В исследовании [1] рассматривалась задача определения повреждений кукурузных полей, связанных с деятельностью диких животных. Авторы использовали изображения, полученные с малой высоты, и экспертную разметку повреждённых областей.

В качестве исходных данных применялись материалы съёмки 14 полей, расположенных на территории западной Польши. Общая площадь обследованных посевов превышала 360 га. Размеры отдельных полей составляли приблизительно от 4 до 66 га, а доля повреждённых участков

различалась в зависимости от условий конкретного поля [1, с. 2508].

Съёмка проводилась с использованием БПЛА DJI Phantom 4 RTK на высоте около 100 м. Для получения изображений применялась RGB-камера Sony A6000. Среднее пространственное разрешение составляло около 3 см на пиксель, а перекрытие соседних снимков достигало 75 %.

Полученные изображения использовались для построения ортофотопланов — геометрически скорректированных изображений местности, позволяющих сопоставлять положение объектов с географическими координатами.

Важным преимуществом ортофотоплана является возможность определения не только относительной доли повреждений, но и их пространственного положения [2]. При наличии корректной геопривязки выделенные нейросетью области могут быть представлены в виде геоинформационного слоя.

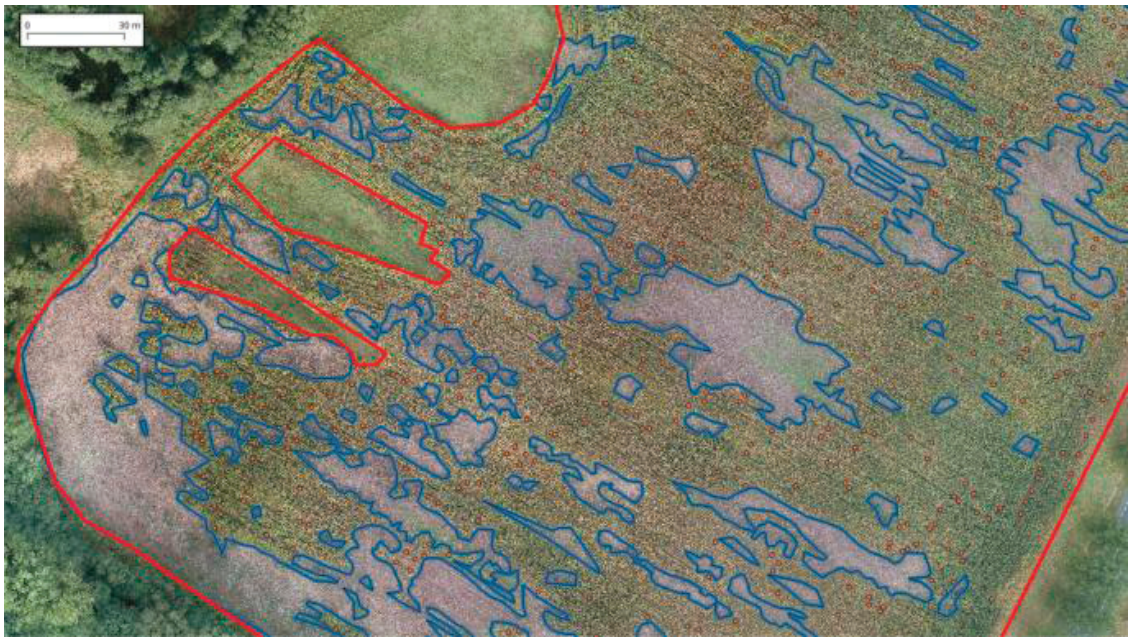


Рис. 1. **Пример ортофотоплана кукурузного поля с обозначением границ участка и повреждённых областей**

На рисунке 1 представлен пример пространственного распределения повреждений. Можно отметить, что повреждённые области имеют неоднородную форму и могут располагаться как отдельными небольшими фрагментами, так и протяжёнными зонами.

Такая структура затрудняет применение простых методов оценки, основанных на обследовании ограниченного числа точек. При автоматической обработке ортофотоплана появляется возможность учитывать распределение повреждений по всей доступной площади поля.

2. Подготовка исходных данных для нейросетевой сегментации

Качество данных существенно влияет на распознавание повреждений. Для обучения модели нужны изображения с разными состояниями посевов и эталонные маски.

В исследовании [1] снимки хранили в формате GeoTIFF (с пространственной привязкой), а экспертную разметку — отдельно. Повреждения размечали двумя способами: крупные участки — полигонами, мелкие — точками, что снижало трудоёмкость разметки.

Перед обучением изображения приводили к единому разрешению — 3 × 3 см на пиксель. Векторную разметку преобразовывали в растровые маски с тремя классами: повреждённые посевы, неповреждённые посевы и территория вне поля. Точечные повреждения конвертировали в круглые области диаметром 1,5 м [1, с. 2511], что упрощало включение их в выборку, но вносило неопределённость в форму.

Из-за больших размеров ортофотопланов снимки делили на тайлы (фрагменты). В экспериментах использовали тайлы 256 × 256, 512 × 512 и 768 × 768 пикселей — это соответствовало участкам 7,68; 15,36 и 23,04 м [1, с. 2522–2523]. Такой подход снижал требования к памяти, позволял пакетную обработку и давал отдельные обучающие примеры, но размер тайла влиял на качество: маленькие фрагменты не давали нужного контекста, большие повышали нагрузку и усложняли выделение мелких объектов.

Для устойчивости моделей применяли аугментацию: отражения, масштабирование и повороты — это важно для аэрофотосъёмки изза разной ориентации объектов и положения камеры.

Выборка делилась на обучающую, валидационную и тестовую части в соотношении 80: 10: 10 %. При этом случайное распределение тайлов одного поля не полностью отражало способность модели работать на новых территориях, поэтому важна проверка на полях, не участвовавших в обучении: это позволяет оценить переноси-

мость модели на неизвестные условия съёмки и особенности растительного покрова.

3. Применение нейросетевых моделей для сегментации повреждённых участков

Задача определения повреждённых областей по аэрофотоснимкам рассматривается как семантическая сегментация: каждому пикселю присваивается класс, а результатом является маска распределения объектов. Это удобно для оценки ущерба, так как позволяет напрямую переходить от распознавания к расчёту площади.

Одним из распространённых классов моделей являются свёрточные сети типа «кодировщик — декодировщик»: кодировщик выделяет признаки, декодировщик восстанавливает пространственную структуру. Базовый пример — U-Net, изначально созданная для медицинской сегментации [4]; её связи между уровнями кодировщика и декодировщика помогают учитывать объекты разного масштаба, что важно при различиях повреждений по размеру, форме и текстуре. Развитием стала UNet++ с более сложной структурой связей [5], улучшающей объединение признаков и восстановление границ. В исследовании [1] рассматривались также Feature Pyramid Network, Pyramid Attention Network, DeepLabV3, DeepLabV3+ и SegFormer. DeepLab обрабатывает признаки на нескольких масштабах, учитывая и локальные особенности, и широкий контекст, а SegFormer использует трансформерную архитектуру с механизмами внимания [6]. Сравнение архитектур необходимо, так как для сельскохозяйственных изображений важны не только точность, но и способность выделять небольшие повреждения и границы участков.

В исследовании [1] применялись кодировщики EfficientNet и ResNet; авторы установили, что усложнение модели не всегда даёт заметный прирост точности. Для практических систем это позволяет сокращать время обработки и требования к оборудованию.

Обучение выполнялось на размеченных изображениях: модель сравнивала прогнозируемую маску с эталоном. Применялась функция потерь Dice loss, используемая при неравномерном распределении классов.

Для оценки качества использовались показатели IoU, Dice, Precision и Recall:

$$IoU = \frac{TP}{(TP + FP + FN)}$$

$$Precision = \frac{TP}{(TP + FP)}$$

где TP — правильно определённые пиксели класса; FP — ошибочно отнесённые к классу; FN — пропущенные моделью пиксели класса.

$$Precision = \frac{TP}{(TP + FP)}$$

Показатель Precision характеризует долю действительно повреждённых пикселей среди всех пикселей, которые модель обозначила как повреждённые:

$$Precision = \frac{TP}{(TP + FN)}$$

Показатель Recall характеризует долю обнаруженных повреждённых пикселей среди всех пикселей, отнесённых к повреждениям в эталонной разметке:

$$Dice = \frac{2TP}{(2TP + FP + FN)}$$

Коэффициент Dice, также связанный с F1-мерой для бинарного случая, вычисляется следующим образом:

Показатели важно рассматривать совместно: высокая точность при низкой полноте означает пропуск повреждений, а высокая полнота при низкой точности — завышение площади повреждений [7].

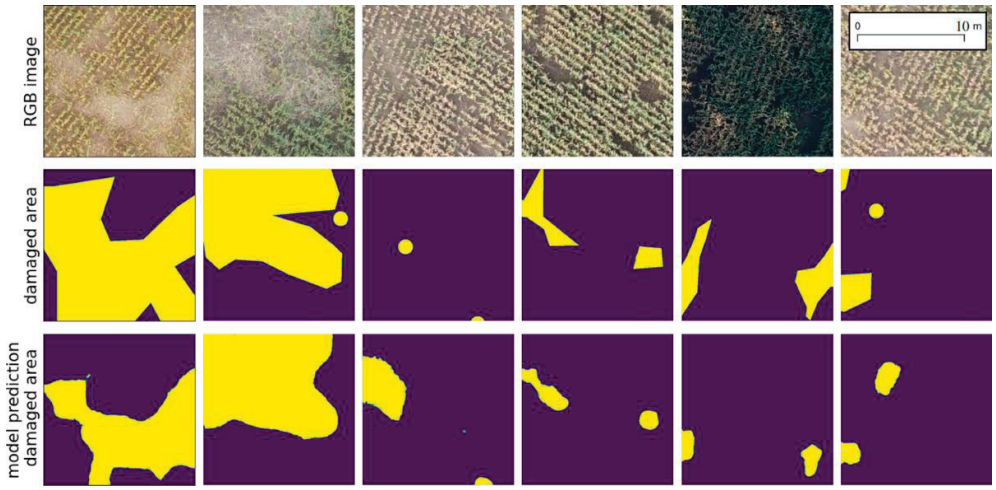


Рис. 2. **Сопоставление исходных RGB-изображений, экспертной разметки повреждений и результатов нейросетевой сегментации**

На рисунке 2 показан принцип сопоставления исходного изображения, эталонной маски и результата работы модели. Такой способ представления позволяет визуально оценивать характер ошибок и определять участки, требующие дополнительной проверки.

4. Сравнительный анализ нейросетевых архитектур

В исследовании [1] было проведено сравнение нескольких нейросетевых архитектур, предназначенных для семантической сегментации сельскохозяйственных изображений.

В таблице 1 представлены отдельные результаты, опубликованные авторами исследования. Для сопоставления использованы показатели общей сегментации и показатели, рассчитанные непосредственно для класса повреждённых посевов.

Результаты показывают, что несколько архитектур обеспечивают близкие значения общего IoU: высокие показатели у SegFormer-B0 (0,880; Dice для повреждений — 0,551) и UNet++ с EfficientNet-B3 (IoU 0,881, Precision 0,811, Recall 0,564). Однако высокая общая метрика не означает столь же точного выделения повреждённых участков: здоровые посевы занимают большую часть изображения, а повреждения имеют малую площадь. Для оценки ущерба это принципиально — необходимо отдельно учитывать качество определения повреждённого класса и точность расчёта его площади.

Сравнение кодировщиков (EfficientNet-B0–B4, ResNet, DenseNet) показало, что усложнение модели не всегда заметно улучшает качество. Поэтому при обработке на борту БПЛА или компактных устройствах предпочтительны менее требовательные модели, а для стационарной обработки больших ортофотопланов допустимы более ресурсоёмкие архитектуры [8].

Отдельно сравнивались RGB-изображения и данные NDVI: добавление NDVI несколько улучшило отдельные показатели, но не дало значительного преимущества из-за меньшего разрешения [1, с. 2523–2524]. Применение мультиспектрального оборудования должно определяться условиями задачи и ожидаемым эффектом от удорожания системы.

5. Автоматизированное определение площади повреждений

Ортофотоплан поля разделяют на фрагменты (в исследовании [1] — 512 × 512 пикселей) с частичным перекрытием, чтобы снизить пограничные эффекты. После обработки нейросетью маски объединяют и переводят в геоинформационный формат для визуализации повреждений на карте.

Площадь повреждений рассчитывают по формуле:

$$S_{повр} = N_{повр} \times r^2$$

где $S_{повр}$— площадь повреждённых посевов; $N_{повр}$— количество пикселей, классифицированных как повреждённые; r^2 — линейный размер пикселя на местности.

Данная формула применима для изображения с корректной геометрией и известным постоянным пространственным разрешением. При использовании геоинформационных данных площадь также может рассчитываться непосредственно по геометрии сформированных полигонов.

Долю повреждений определяют как:

D = (S_повр/S_поля) × 100%

где D — доля повреждённых посевов; S_поля — площадь анализируемого сельскохозяйственного участка.

Для страховой деятельности важно сохранять не только процент повреждений, но и пространственную маску — она нужна для проверки расположения участков и организации осмотра.

Важно учитывать, что совпадение общей площади не гарантирует точного соответствия формы и положения повреждённых участков. Поэтому оценивают и метрики сегментации, и ошибку расчёта площади.

В исследовании [1, с. 2521–2522] средняя относительная ошибка определения площади составила 17,56 %, а на отдельных полях превышала 40–60 % — это говорит о необходимости дополнительной проверки при условиях, отличающихся от обучающей выборки.

Производительность модели UNet++ (EfficientNetB3) — около 24 секунд на гектар на процессоре AMD Ryzen 7 2700X без GPU [1, с. 2522]. Показатель отражает только

Таблица 1. **Сравнение результатов нейросетевой сегментации повреждений посевов кукурузы по данным исследования**

Архитектура модели	Общий IoU	DICE для повреждений	Precision для повреждений	Recall для повреждений
PN / EfficientNet-B0	0,869	0,499	0,775	0,496
UNet / EfficientNet-B0	0,871	0,509	0,673	0,595
UNet++ / EfficientNet-B0	0,876	0,517	0,728	0,586
DeepLabV3+ / EfficientNet-B0	0,866	0,506	0,762	0,514
SegFormer-B0	0,880	0,551	0,755	0,578
UNet++ / EfficientNet-B3	0,881	0,544	0,811	0,564

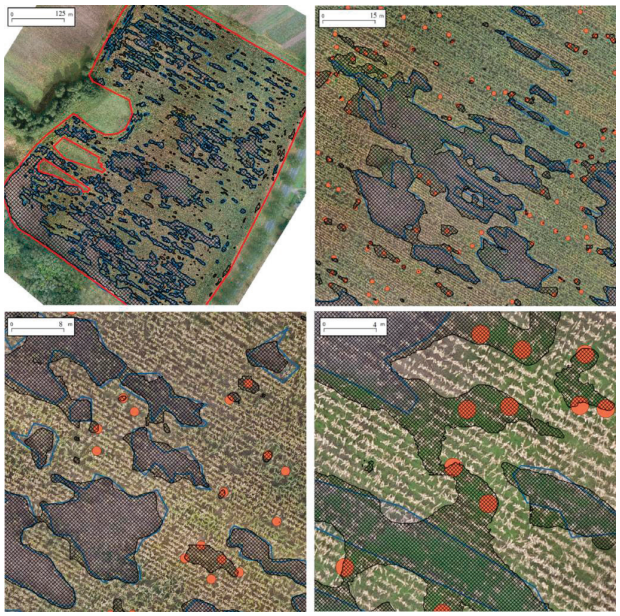


Рис. 3. **Результаты сегментации повреждений целого поля**

вычислительную обработку и подтверждает возможность автоматизации выделения повреждённых участков.

6. Ограничения автоматической оценки повреждений

Нейросетевой подход имеет ряд ограничений.

Вопервых, результаты зависят от качества изображений: на сегментацию влияют высота полёта, разрешение камеры, освещение, тени, погода и особенности ортофотоплана.

Вовторых, внешний вид посевов меняется в течение сезона — модель, обученная на одной стадии роста, может хуже работать на других.

Втретьих, визуальные признаки повреждений неоднозначны: открытые участки грунта или изменения покрова сложно классифицировать без дополнительных данных; неопределённость также возникает при преобразовании точечных обозначений в области фиксированного размера [1].

Вчетвёртых, переносимость модели между полями ограничена: испытания показали, что качество сегментации заметно различается между отдельными полями [1, с. 2520–2521]. Для практического внедрения нужны обучающие выборки с разными культурами, типами повреждений, стадиями вегетации и условиями съёмки.

Впятых, визуальная площадь повреждений не равна экономическому ущербу: для оценки снижения урожайности нужны сведения о культуре, фазе развития, ожидаемой урожайности и возможности восстановления. Кроме того, при страховом случае важно соответствие события условиям договора и нормативам.

Таким образом, нейросетевая сегментация — это инструмент поддержки решений, дающий пространственные и количественные данные.

7. Возможности применения результатов в сельскохозяйственном страховании

Автоматизированная оценка посевов важна для страховых организаций: при страховом случае требуется установить факт и масштаб повреждений. БПЛА дают объективные пространственные данные и позволяют сопоставлять состояние посевов до и после события. Вопросы дистанционного зондирования для агрострахования рассматривались И. Ю. Савиным и И. С. Козубенко [3].

Нормативной основой служит Федеральный закон № 260ФЗ [9], статья 5 которого допускает использование материалов, полученных с авиационных и космических средств. Однако такие материалы не отменяют требований к экспертизе и определению размера выплаты.

Предлагается концептуальная структура автоматизированной системы из пяти уровней: получение данных (БПЛА, камера, навигация, планирование полёта), подготовка геопространственных данных (ортофотоплан, границы участка), нейросетевая обработка (сегментация и объединение масок), пространственный анализ (площадь и доля повреждений, геослои) и представление результатов с интеграцией в системы страховщиков (электронный отчёт с параметрами съёмки, площадью и распределением повреждений).

Структуру можно дополнить средствами IIoT, рассматривая БПЛА и наземные устройства как элементы распределённой системы. При этом телеметрию и изображения целесообразно передавать раздельно: телеметрия компактна, снимки требуют производительных каналов и ресурсов хранения, поэтому применим комбинированный подход. Интеграция IIoT — направление дальнейшей разработки: в исследовании [1] рас-

сматривалась сегментация, а не законченная страховая платформа.

8. Предлагаемый порядок функционирования автоматизированной системы

В систему вводятся сведения об участке (границы, площадь, культура, идентификатор объекта страхования), формируется полётное задание для БПЛА с учётом параметров съёмки. После полёта материалы передаются на вычислительную платформу: выполняется контроль съёмки, проверка геопривязки и построение ортофотоплана.

Далее изображение делится на фрагменты, обрабатывается нейросетью, маски объединяются в общую карту, которая сопоставляется с границами участка, и рассчитываются площадь и доля повреждений. Результаты сохраняются вместе с исходными материалами.

Обязателен механизм экспертной проверки: специалист просматривает снимки, маски и неоднозначные участки, а корректировки сохраняются отдельно от первичного результата модели для прослеживаемости. Для страхового применения фиксируются дата обследования, оборудование, версия ПО и модель сегментации.

При развитии системы возможен мониторинг участка во времени, но расчёт ущерба требует дополнительных данных помимо площади повреждений.

Эффективность системы требует экспериментальной проверки на российских полях: формирование локального набора изображений, разметки, оценки точности сегментации и сравнения с наземным обследованием. Критерии — точность определения повреждений, ошибка расчёта площади, время обработки гектара, доля ручных корректировок; обучающие и тестовые данные следует разделять по полям. Предложенный порядок — концептуальная схема, реализация и оценка — задачи дальнейших исследований.

Заключение

Анализ подтверждает, что сочетание БПЛА и нейросетевой сегментации — перспективное направление автоматизации оценки повреждений посевов. Исследование P. Aszkowski и соавторов показывает: площадь повреждений кукурузы можно определять по RGBизображениям без дорогостоящего мультиспектрального оборудования.

Высокие показатели сегментации демонстрируют архитектуры UNet++ и SegFormer. Так, UNet++ с кодировщиком EfficientNetB3 достигал IoU 0,881 и Precision 0,811 для повреждённых участков. При этом средняя относительная ошибка определения площади — 17,56 %; значительные отклонения на отдельных полях говорят о важности качества исходных данных и экспертной разметки.

Ключевое преимущество подхода — автоматическое формирование пространственной карты повреждений и расчёт их площади, что сокращает трудоёмкость обследований и поддерживает работу специалистов.

Предложен концептуальный подход к интеграции нейросетевой обработки в систему сельскохозяйственного мониторинга и страховой оценки — с объединением аэрофотосъёмки, геоинформационной обработки, ИИ и информационного обмена. Применение IIoTтехнологий позволяет выстроить распределённый комплекс для сбора данных, контроля обследований и передачи результатов.

Однако автоматическая оценка площади не заменяет установление причин ущерба, расчёт потерь и страховых выплат — для этого нужны дополнительные данные и экспертиза.

Дальнейшие исследования стоит направить на адаптацию моделей к российским условиям, повышение устойчивости алгоритмов и интеграцию с системами агрострахования. Нейросетевая сегментация может стать технологической основой автоматизированных систем мониторинга ущерба и поддержки принятия решений.

Литература:

1. Aszkowski P., Kraft M., Drapikowski P., Pieczyński D. Estimation of corn crop damage caused by wildlife in UAV images // Precision Agriculture. — 2024. — Vol. 25. — P. 2505–2530. — DOI: 10.1007/s11119–024–10180–7.
2. Савин И. Ю., Вернюк Ю. И., Фараслис И. Возможности использования беспилотных летательных аппаратов для оперативного мониторинга продуктивности почв // Бюллетень Почвенного института им. В. В. Докучаева. — 2015. — Вып. 80. — С. 95–105.
3. Савин И. Ю., Козубенко И. С. Возможности использования спутниковых данных в сельскохозяйственном страховании // Вестник Российского университета дружбы народов. Серия: Агрономия и животноводство. — 2018. — Т. 13, № 4. — С. 336–343. — DOI: 10.22363/2312–797X-2018–13–4-336–343.
4. Ronneberger O., Fischer P., Brox T. U-Net: Convolutional Networks for Biomedical Image Segmentation // Medical Image Computing and Computer-Assisted Intervention — MICCAI 2015. — Cham: Springer, 2015. — P. 234–241. — DOI: 10.1007/978–3-319–24574–4_28.
5. Zhou Z., Siddiquee M. M. R., Tajbakhsh N., Liang J. UNet++: Redesigning Skip Connections to Exploit Multiscale Features in Image Segmentation // IEEE Transactions on Medical Imaging. — 2020. — Vol. 39, № 6. — P. 1856–1867. — DOI: 10.1109/TMI.2019.2959609.
6. Xie E., Wang W., Yu Z., Anandkumar A., Alvarez J. M., Luo P. SegFormer: Simple and Efficient Design for Semantic Segmentation with Transformers // Advances in Neural Information Processing Systems. — 2021. — Vol. 34. — P. 12077–12090.

7. Dobosz B., Gozdowski D., Koronczok J., Žukovskis J., Wójcik-Gront E. Evaluation of Maize Crop Damage Using UAV-Based RGB and Multispectral Imagery // Agriculture. — 2023. — Vol. 13, № 8. — Art. 1627. — DOI: 10.3390/agriculture13081627.
8. Drimaj J., Skoták V., Kamler J., Plhal R., Adamec Z., Mikulka O., Janata P. Comparison of Methods for Estimating Damage by Wild Ungulates on Field Crops // Agriculture. — 2023. — Vol. 13, № 6. — Art. 1184. — DOI: 10.3390/agriculture13061184.
9. О государственной поддержке в сфере сельскохозяйственного страхования и о внесении изменений в Федеральный закон «О развитии сельского хозяйства»: Федеральный закон от 25 июля 2011 г. № 260-ФЗ (с изменениями и дополнениями).

ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ

Технологические процессы повышения твердости поверхностных и подповерхностных слоев термически обработанных деталей

Акмалжонов Одилжон Акбарович, студент магистратуры
Научный руководитель: Тилабов Баходир Курбанович, доктор технических наук, профессор, зав. кафедрой
Совместный Белорусско-Узбекский межотраслевой институт прикладных технических квалификаций (г. Ташкент, Узбекистан)

В статье рассмотрены способы повышения твердости, микротвердости поверхностных и подповерхностных слоев термически закаленных литых деталей почвообрабатывающих машин с порошкообразным износостойким покрытием типа сормайт ПГ-С27, полученного путем литья по газифицируемым моделям. Изучен механизм структурообразования порошкообразных покрытий с толщиной до 2х мм. Представлена методика испытаний литых образцов на износостойкость по машине трения ПВ-7. Приведены результаты исследований по определению твердости, микротвердости и износостойкости образцов до и после термической обработки, повышающей износостойкость поверхностных и подповерхностных слоев готовых изделий в 1,5–2,0 раза по сравнению с серийными.

Ключевые слова: *газифицируемая пеномодель, сталь 35ГЛ, порошкообразное покрытие, твердость и микротвердость образцов, термическая обработка, износостойкость литых деталей машин.*

Введение

Качество большинство деталей машин определяется в первую очередь по твердости. Твердость и микротвердость металлов и их сплавов зависят от химического состава, механического свойства и термической обработки [1]. Твердость металлов в отожженном состоянии бывает низкой, а после термической обработки — высокой. Поэтому твердостью металла называют свойство материала оказывать сопротивление пластической деформации при контактном воздействии индентора на поверхностные слои материала. Определение твердости вследствие быстроты и простоты осуществления, а также возможность без разрушения изделия судить о его свойствах [2], получило широкое применение для контроля качества материала в стальных слоистых литых образцах и деталях.

Многие детали автотракторосельхозмашиностроении выходят из строя в результате абразивного изнашивания. Эти детали подвергаются поверхностному упрочнению, а именно термической и химико-термической обработки, а также токами высокой частоты (ТВЧ). К таким деталям относятся наральников и лапы посевных культиваторов почвообрабатывающих машин и механизмов [3].

В основном эти детали изготовляются в ООО «Agrotechklaster TTZ» и других производственных предприятиях республики литьем из низкоуглеродистой стали и не соответствуют существующему ГОСТу, а срок годности этих деталей не превышает одного сезона из-за низкой твердости и невысокого качества. Данные детали во время культивации изнашиваются по почве и выходят из строя в результате абразивного износа. Поэтому в настоящее время вышеназванные детали изготовляются из высокоуглеродистой стали путем литья по пенополистироловым газифицируемым моделям с порошкообразным наплавочным износостойким твердосплавным покрытием и их последующей термической обработки.

Целью данной работы являются повышение твердости повышение твердости поверхностных и подповерхностных слоев, термически обработанных износостойких литых деталей, изготовленных путем литья по пенополистироловым газифицируемым моделям с порошкообразным износостойким покрытием методом термической обработки.

По предлагаемым технологиям сначала получается пеномодель с помощью алюминиевых пресс-форм, пеномодель покрывается износостойким твердосплавным покрытием типа сормайт ПГ-С27, потом формируется в литейную опоку контейнер и заливается жидким металлам — сталь 35ГЛ. Во время заливки пеномодель сгорает, а её место заполняется расплавом. Таким способом изготовляются литые детали автотракторосельскохозяйственных машин и механизмов с износостойким покрытием [3].

Методика проведения исследования. Существует много методов определения твердости металлов и их сплавов. Из них наиболее распространенным и весьма часто для определения прочности пользуются простым, не разрушающим изделие (образцы), упрощенным ме-

тодом измерением твердости. Определение твердости и микротвердости стальных образцов: на приборах Бринелля, Роквелла и Виккерса можно определить твердость металлов, а нельзя определять микротвердость микроскопически малых объемов металла, например, микротвердость отдельных структурных составляющих металлов и их сплавов, так как глубина поверхностного слоя и площадь отпечатка от вдавливания шарика, конуса или пирамиды значительны. Микротвердость осуществляли на специальном приборе ПМТ-3 (по шкале HV), на котором можно находить микротвердость поверхностных твердосплавных покрытий специально приготовленных образцов, а твердость образцов определяли на приборе Роквелла по шкале HRC и HRA [3]. Обычно метод HB и HRB применяют для мягких материалов, HRC для твердых материалов, а HRA и HV для тонких поверхностных слоев металла. Кроме того, все твердосплавные покрытия до и после термической обработки проверены на абразивную износостойкость. Размеры образцов были 65х30х15 и 70х35х15 мм. Испытания на абразивное изнашивание покрытий во времени τ проводили на машине трения ПВ-7 незакрепленным абразивным материалом по методике [4]. Порошкообразное наплавочные покрытия резко увеличивает износостойкость образцов: чем больше толщина покрытия, тем меньше величина износа m.

Подготовка образцов и определение твердости и микротвердости стальных образцов: обычно образцы ленты и фольги испытывают без подготовки, а цементированные, нитроцементированные, азотированные, цианированные, хромированные, борированные, твердосплавное покрытие и другие образцы, которые имеют поверхностные слои, шлифуют, полируют, промывают, сушат и после полной очистки определяют твердость и микротвердость металлов по поверхности и глубине [5,6].

При нахождении твердости отдельных структурных составляющих поверхность образца должна быть подготовлена так же, как для металлографического исследования (шлифование, полирование, травление и др.). После этих операций образцы промываются ватой с проточной водой, сушатся, а далее измеряется твердость и микротвердость образцов поверхностного слоя. Размеры специально приготовленных образцов с износостойким твердосплавным покрытием были 12х12, 12х15, 15х15, 15х20, 20х22 мм. Твердость износостойких твердосплавных стальных образцов до термической обработки были HRC = 39,40,41,43,42,43,43 $HRC_{ср}$ = 41,43 [7,8].

Четырехгранная алмазная пирамида (с углом при вершине 136^0) вдавливается в испытываемый материал под очень небольшой нагрузкой 0,05÷5Н (5÷500г). Для нагружения применяют специальные грузы в форме шайб с вырезом массой 5,10,20,50,100,200 и 500 г. Число твердости выражается в величинах твердости Н и определяется по формуле:

$$H = \frac{2PSin\frac{\alpha}{2}}{d^2} = 1.8544\frac{P}{d^2} \quad Н/м^2 \quad (кГ/мм^2)$$

где Р — нагрузка на пирамиду, Н (кг);

d — средняя арифметическая длина обеих диагоналей отпечатка после снятия нагрузки, мм;

α — угол между противоположными гранями пирамиды при вершине, равной 136^0;

Н — микротвердость, МПа.

Применение метода измерения микротвердости позволяет определять твердость тонкого листового и фольгового материала, тонких поверхностных слоев металлических покрытий (рис.1,а) и отдельных структурных составляющих твердых сплавов. Также методом микротвердости можно находить твердость отдельных зерен или даже очень тонких поверхностных слоев, тонких защитных покрытий и металлических мелких изделий [8].

При контакте вставки из порошка высокохромистого твердого сплава с жидким металлом происходит образование твердой корочки отливки, расплавление вставки, взаимодействие жидкой фазы вставки с материалом корочки и после кристаллизации образование на поверхности структуры белого высоколегированного чугуна эвтектического или заэвтектического составов. Переход от износостойкого покрытия к основному металлу достаточно резкий, хотя и имеются переходные зоны от заэвтектической части к эвтектической, доэвтектической и к зоне заэвтектоидной стали. Наличие и толщина заэвтектической зоны зависят от толщины покрытия вставки на модели, заэвтектическая зона максимальна при толщине покрытия 2,0 мм. Микротвердость в пределах толщины δ твердосплавного покрытия меняется в широких пределах. Наиболее высокая микротвердость у образцов, полученных с толщиной слоя обмазки на модели 2,0–2,5 мм. У самой поверхности образуется заэвтектическая структура с большим количеством первичных карбидов хрома с твердостью HV_{100} = 15300 МПа. В то же время микротвердость металлической основы эвтектики составляет 7300 МПа. На глубине 0,4–1,2 мм от поверхности в зависимости от толщины твердосплавного покрытия уже наблюдается структура основного металла твердостью 2600 МПа [8].

Результаты исследований и их обсуждение. Все образцы и литые детали после исследований, для того чтобы повысить твердость поверхностных и подповерхностных слоев, а также износостойкость всего деталей подвергаются оптимальным режимам термической обработки [9,10]. Термическая обработка проводилась при температуре нагрева от 925 до 1150^0С. После термической обработки все образцы отпускали от 300 до 600^0С и получали необходимые твердости, микротвердости и микроструктуры поверхностных слоев (рис. 1, б, в).

Твердость твердосплавных стальных образцов после термической обработки были HRC = 55,57,56,57,58,59,58,60,59,61 $HRC_{ср}$ = 58–60, а микротвердость HV = 1100–1530.

В работе приведены данные о твердости и микротвердости металлических образцов до и после термической обработки, полученных путем литья по газифицируемым моделям с толщиной покрытия 1,0–2,0 мм (табл. 1, 2). Полученные результаты отвечают всем требованиям производственных предприятий [8–10].

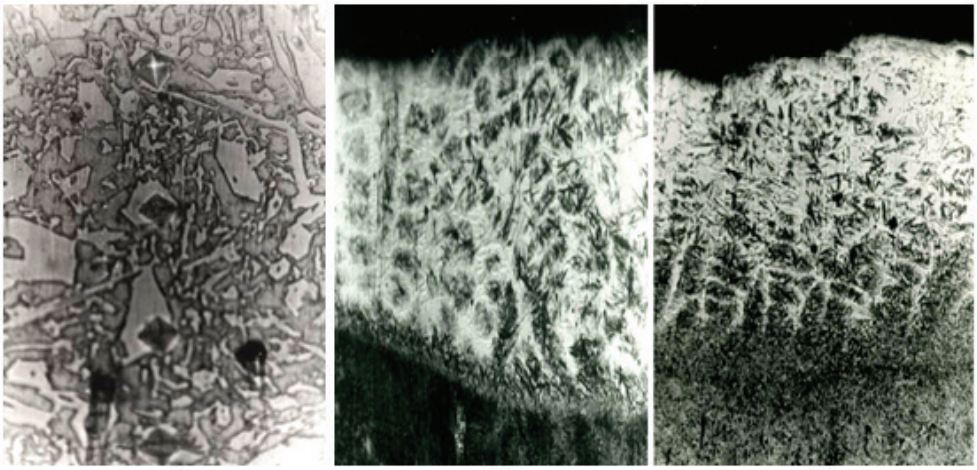


Рис. 1. **Методы измерения отпечатков на специально подготовленном микрошлифе: металлическое покрытие и структурные составляющие из твердых сплавов (а) Х300, микроструктура твердосплавного покрытия высокоуглеродистого подслоя у образцов с толщиной покрытия 2,0 мм после закалки с температуры нагрева 11000С и отпуска 3000С (б) и толщина покрытия 2,5 мм после закалки с температуры нагрева 11000С и отпуска 3000С (в). Х500**

Таблица 1. **Значения микротвердости образцов по глубине твердосплавного износостойкого покрытия типа сормайт ПГ-С27 с толщиной слоя 1,0 мм, полученного при литье по газифицируемым моделям до термической обработки**

№ п/п	Расстояние от поверхности, мм	HV_{100}	№ п/п	Расстояние от поверхности, мм	HV_{100}
1	*2*	*3*	*4*	*5*	*6*
1	0,05	946	11	0,55	274
2	0,10	946	12	0,60	254
3	0,15	824	13	0,65	254
4	0,20	724	14	0,70	221
5	0,25	464	15	0,75	236
6	0,30	383	16	0,80	206
7	0,35	383	17	0,85	204
8	0,40	350	18	0,90	236
9	0,45	254	19	0,95	221
10	0,50	297	20	1,00	221

Таблица 2. **Значения микротвердости образцов по глубине твердосплавного износостойкого покрытия типа сормайт ПГ-С27 с толщиной слоя 2,0 мм, полученного при литье по газифицируемым моделям после термической обработки**

№ п/п	Расстояние от поверхности, мм	HV_{100}	№ п/п	Расстояние от поверхности, мм	HV_{100}
1	*2*	*3*	*4*	*5*	*6*
1	0,05	1100	11	0,55	824
2	0,10	1100	12	0,60	642
3	0,15	946	13	0,65	514
4	0,20	824	14	0,70	480
5	0,25	946	15	0,75	514
6	0,30	784	16	0,80	480
7	0,35	1100	17	0,85	514
8	0,40	824	18	0,90	480
9	0,45	824	19	0,95	514
10	0,50	724	20	1,00	480

Выводы

Анализируя весь цикл распределения твердости, микротвердости на образцах с износостойкими твердосплавными покрытиями, полученными при литье по газифицируемым моделям с толщиной слоя 1,0 и 2,0 мм, можно видеть, что чем больше толщина покрытия, тем лучше качество материала. Установлено, что все опытно-экспериментальные исследования, включая измерения твердости, микротвердости и износостойкости образцов, находятся в хорошем согласовании. Особенно термообработанные литые детали машин с порошкообразным износостойким твердосплавным покрытием увеличивают износостойкость и долговечность в два и более раза. Термическая двойная закалка повышает износостойкость литых деталей не только поверхностных, но и подповерхностных слоев деталей [9,10]. Полученные результаты и анализы по измерению твердости и микротвердости литых стальных деталей с твердосплавным покрытием соответствуют ГОСТу и техническим требованиям готовых деталей. Вместе с этим термическая обработка с двойной фазовой перекристаллизацией повышает износостойкость литых деталей в 2–3 раза выше, чем в серийно выпускаемых изделий. Данная технология внедрена в производстве с экономическим эффектом.

Литература:

1. Гуляев А. П., Гуляев А. А. Металловедение. — Алянсь, 2024. — 541 с.
2. Адаскин А. М. Материаловедение. — М.: Высшая школа, 2006. — 325 с.
3. Тилабов Б. К. Повышение срока работы литых деталей металлургического оборудования и почвообрабатывающих машин с твердосплавным покрытием и термическим упрочнением. Доклады Академии Наук Республики Узбекистан. № 1. 2014. — С.39–42.
4. Тененбаум М. М. Износостойкость конструкционных материалов и деталей машин. — М.: Машиностроение, 1986. — 331 с.
5. Тилабов Б. К. Методы изготовления пеномоделей и получения литых деталей зубьев бороны с твердосплавным покрытием путем литья по газифицируемым моделям и их последующая термическая обработка. Universum технические науки научный журнал Российской федерации. Выпуск. 10(67). — Москва, октябрь 2019. — С.12–17.
6. Muhamedov A. A. The influence of thermal pistory on the structure and properties of steel — the physics of Metals and Metallography. Vol.74. № 5. 1992. P.482–487.
7. Тилабов Б. К. Основы теории и технологии нового перспективного процесса получения литых деталей машин с износостойким твердосплавным покрытием путем литья по газифицируемым моделям. Монография. — Ташкент.: «Fan va texnologiya bocmaxonasi», 2015. — 167 с.
8. Tilabov B. K. Increase the service life of cast parts tillihg machines. International Conference «Global Science and Innovation» March 23–24, 2016. USA. Chicago, 2016. — С.222–225.
9. Tilabov B. K. Methods of manufacturing cast details with a solid-alloy coating and heat treatment. Scientific and technical journal "Composite materials", Fan va tarakkiyot. — Tashkent, 2019. No1. — P. 95–98.
10. Tilabov B. K. Influence of Heat Treatment on Wear Resistance of Cast Parts with a Hard-Alloy Coating. International Journal of Advanced Research in Science, Engineering and Technology. — India. Vol. 7, Issue 5, May 2020. — P. 13794–13800.

Механизмы воздействия светового загрязнения в городах на циркадные ритмы человека и экосистему

Праздничных Степан Алексеевич, студент;
Жидко Елена Александровна, доктор технических наук, доцент
Воронежский государственный технический университет

Искусственное освещение сделало города безопаснее и активнее после заката, но его избыток меняет естественную смену дня и ночи. Свет ночью влияет на циркадные ритмы человека, поведение мигрирующих птиц и ориентацию насекомых, а через них — на работу экосистем. Статья рассматривает механизмы этих воздействий, границы современных научных выводов и принципы концепции тёмного неба. Разумное освещение позволяет сохранять видимость там, где она нужна, одновременно сокращая засветку, энергопотребление и воздействие на живые организмы.

Ключевые слова: *световое загрязнение, искусственный свет ночью, циркадные ритмы, биоразнообразие, городская экология, тёмное небо.*

Ночь в современном городе редко бывает по-настоящему тёмной. Свет витрин, фасадов, дорог и парковок отражается от облаков и аэрозолей, образуя над населёнными пунктами устойчивое сияние. Человек может

не замечать его после нескольких лет жизни в городе, но для организма, приспособленного к чередованию света и темноты, такая среда остаётся необычной. Это касается и многих животных, чьи внутренние часы и поведение формировались при естественном суточном цикле.

Световое загрязнение или чрезмерное искусственное освещение (ИО) городской среды (ГС) изменяет естественную темноту и мешает людям, живой природе и является отрицательным фактором.

Засветка неба, или skyglow — это рассеянное свечение над городом, блики ухудшают зрительное восприятие и могут создавать опасные контрасты. Световое вторжение попадает в пространство, которое не должно освещаться, например, в спальню или место обитания животных.

Источник засветки неба включает в себя архитектурную подсветку городского пространства, мощные прожекторы освещают фасады зданий снизу вверх. Транспортные средства добавляют подвижное освещение. Фары передвижных средств, железнодорожные узлы, порты и аэропорты в совокупности оказывают негативный эффект на окружающую среду (ОС) и животный мир. Переход на светодиоды дал возможность снизить расход электроэнергии, но сам по себе не гарантирует уменьшения светового загрязнения.

Глобальный атлас искусственной яркости ночного неба, опубликованный в 2016 году, оценил, что около 83 % населения мира и более 99 % жителей США и Европы жили под небом, засвеченным искусственным светом по принятому авторами порогу. Около трети человечества уже не могло увидеть Млечный Путь с места проживания. Это модельная оценка на основе спутниковых данных и измерений.

Нарушенный сон и хроническая циркадная рассинхронизация связаны в исследованиях с изменениями метаболического, сердечно-сосудистого и психического здоровья. У ночных сменщиков циркадное нарушение выражено сильнее и изучено лучше, чем у жителей, на окна которых падает свет фонаря [1,2].

Международное агентство по изучению рака относит ночную сменную работу, нарушающую циркадные ритмы, к группе вероятно канцерогенных для человека воздействий. Эта классификация относится к совокупному режиму ночной работы и циркадному нарушению. Она не доказывает, что обычное уличное освещение само по себе вызывает рак.

Эпидемиологические связи между ИО ночью и отдельными видами онкологических заболеваний требуют осторожной интерпретации из-за возможного смешения факторов и ошибок измерения.

Связи с депрессией, сердечно-сосудистыми и обменными нарушениями также нельзя трактовать как однозначное доказательство прямой причинности от освещения улицы.

На здоровье влияют график труда, шум, стресс, плотность застройки, доступ к зелёным зонам, социальные условия и качество сна.

Корректный вывод скромнее: ночной свет является биологически значимым фактором, способным вмешиваться в циркадные процессы, а хронический недостаток темноты — разумная цель профилактики там, где его можно избежать без ущерба для безопасности.

Отдельно следует говорить об экранах. Телефон или планшет, удерживаемый рядом с лицом, может дать глазам более прямую и длительную экспозицию, чем фонарь за окном.

Однако освещение ГС создает серьезные проблемы и пернатым.

Многие птицы предпочитают летать ночью, используя небесные ориентиры (звезды, луну, магнитное поле) для навигации и при этом избегая дневного перегрева от солнечных лучей.

ГС представляет для них серьезную опасность. Яркие огни привлекают птиц, заставляя их кружить у зданий, что особенно опасно в тумане или при низкой облачности, когда естественные ориентиры становятся менее различимы.

Свет также сбивает с толку и оседлых птиц, изменяя их суточную активность. Они начинают петь раньше, дольше бодрствуют и могут сдвигать сроки размножения.

Ночные насекомые страдают еще больше. Яркий свет ночной ГС становится для них смертельной ловушкой, приводя к истощению, гибели от хищников или невозможности выполнять жизненно важные функции, такие как поиск пищи и партнеров.

Воздействие светового освещения ГС распространяется на растения и водные сообщества. У некоторых растений ИО сдвигает раскрытие листьев, цветение или сезонное старение. Это может менять доступность пищи для травоядных насекомых.

В естественных условиях новорождённые черепашата обычно ориентируются по яркости открытого горизонта над морем, а огни зданий и дорог могут увести их от воды. Национальное управление океанических и атмосферных исследований США рекомендует выключать свет ночью возле мест гнездования.

Если освещение необходимо, его экранируют от пляжа, уменьшают яркость и используют спектры, менее привлекающие черепах.

Системный эффект света проявляется в том, что организмы связаны. Изменение численности ночных насекомых затрагивает питание птиц и летучих мышей. Изменение сроков активности может нарушить совпадение между цветением и опылением. Барьерная засветка разделяет отдельные участки ландшафта.

В метаанализе биологических воздействий ИО исследователи обнаружили значимые эффекты в разных группах организмов и призвали ограничивать наружное освещение ГС теми местами и формами, где оно действительно нужно людям.

Рассмотрим концепцию тёмного неба. Она включает **идеологию и движение, направленные на сокращение светового загрязнения** и предлагает сохранять есте-

ственную темноту как часть ОС и применять свет только с понятной целью и контролируемым воздействием.

Международная ассоциация тёмного неба (International Dark-Sky Association, ныне DarkSky International) была основана в 1988 году астрономами Дэвидом Кроуфордом и Тимом Хантером.

Основные принципы концепции представлены на рис. 1.

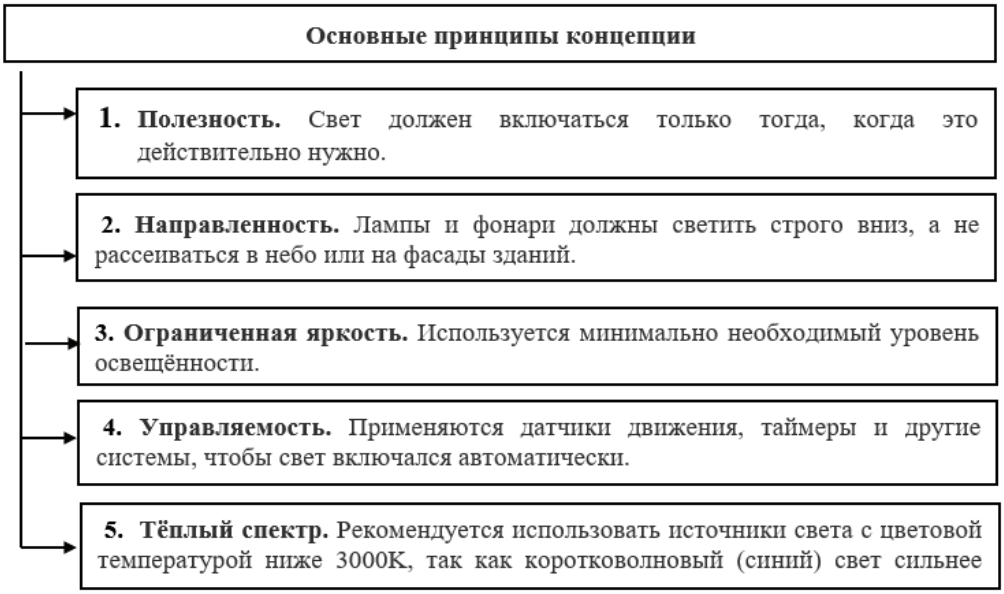


Рис. 1. **Основные принципы концепции тёмного неба**

Уменьшение света не должно снижать безопасность ГС. Муниципальная политика должна разработать план мероприятий по разумному и рациональному использованию светового потока ГС.

Жители могут начать с собственного жилья. Плотные шторы уменьшают попадание наружного света в спальню. Для вечернего домашнего освещения полезны умеренная яркость и более тёплый спектр. Светильники во дворе лучше выбирать с экраном и направлением вниз. Таймер или датчик позволяет выключать подсветку фасада и сада, когда она никому не нужна [3,4].

Образовательные кампании помогают изменить представление о темноте. Ночная темнота даёт людям возможность отдыхать, наблюдать звёзды и ощущать естественный ритм суток.

Рассмотрим примеры мировой практики.

Флагстафф в американском штате Аризона стал первым городом, получившим статус Международного города тёмного неба в 2001 году. Работа города опиралась на правила наружного освещения, модернизацию принадлежащих муниципалитету светильников и поддержку местного сообщества.

Заповедник Аораки-Маккензи в Новой Зеландии, получивший статус в 2012 году, объединяет национальный парк и населённые территории бассейна Маккензи. В такой модели сохранение неба зависит не от одного парка, а от сотрудничества муниципалитетов, бизнеса, жителей и природоохранных организаций. Ориентация на зонирование и контроль наружного освещения позволяет учитывать как потребности местных сообществ, так и ценность ночного ландшафта.

В США Национальная служба парков развивает программу защиты ночного неба и публикует принципы наружного освещения для парков и прилегающих территорий. Подход связывает природные ценности, посетительский опыт и сотрудничество с соседними сообществами. Участки с Dark Sky статусами, т. е. концепция борьбы со **световым загрязнением**, встречаются также в Европе, Азии, Африке и Австралии.

Концепция тёмного неба предлагает управляемое решение. Сначала определить, где и для чего нужен свет, затем ограничить его яркость, направление, спектр и длительность. Экранированные светильники, тёплый спектр, датчики движения и ограничение декоративной подсветки ГС превращают темноту из случайного остатка в осознанный элемент городского планирования пространства. Для результата важны не только инженеры, но и муниципалитеты, владельцы зданий, астрономы, экологи и жители.

Город будущего не обязан выбирать между безопасностью и тёмным небом. Он может обеспечивать видимость на улицах и одновременно оставлять тёмными окна, парки, берега и миграционные коридоры. Когда свет направлен по делу и гаснет вовремя, экономия энергии становится лишь одним из результатов. Вместе с ней город возвращает себе ночь — среду, необходимую людям и множеству других видов [5].

Свет, который не гаснет, — это не просто техническая задача, а вызов для всего человечества. Сохранение естественного ритма дня и ночи — это не только возможность видеть звёзды, но и забота о собственном здоровье и биоразнообразии планеты.

Литература:

1. Добрюха А. Чем больше света ночью, тем ближе деменция: учёные выяснили, что «световое загрязнение» опасно для мозга // Комсомольская правда. 2025. 10 апр.
2. Синева И. М., Хафизова А. А., Пермяков И. А. Гигиенические детерминанты психического здоровья городского населения: обзор литературы // Здоровье населения и среда обитания — ЗНиСО. 2021. № 11 (29). С. 67–75.
3. Карев А., Данилко А., Аникин Д., Ляпунов С. Возможно ли освещение современного города без светового загрязнения? // Полупроводниковая светотехника. 2022. № 2. С.16–19.
4. Kyba C. C. M., Altıntaş Y. Ö., Walker C. E. et al. Citizen scientists report global rapid reductions in the visibility of stars from 2011 to 2022 // Science. — 2023. — Vol. 379, № 6629. — P. 265–268.
5. Утилитарное наружное освещение: Учебное пособие для высших учебных заведений/ А. А. Коробко. Москва, 2020.

АРХИТЕКТУРА, ДИЗАЙН И СТРОИТЕЛЬСТВО

Предпроектное исследование и методы соучаствующего проектирования в модернизации школьного коммуникативного пространства (на примере МБОУ СОШ № 16 с. Дубовка)

Махова Нина Юрьевна, студент
Ставропольский филиал Московского педагогического государственного университета

В статье представлен опыт предпроектного исследования коммуникативного пространства первого этажа МБОУ СОШ № 16 с. Дубовка (Ставропольский край) в рамках Всероссийского марафона соучаствующего проектирования «Школа мечты». Описаны результаты натурного обследования и применения семи инструментов вовлечения пользователей, систематизированы запросы целевых групп и сформулированы задачи модернизации среды.

Ключевые слова: *соучаствующее проектирование, дизайн образовательной среды, коммуникативное пространство, предпроектный анализ, Школа мечты.*

Введение

Современная образовательная среда рассматривается в педагогике и средовом дизайне как «третий учитель» [3]. Особую актуальность приобретает модернизация типовых сельских школ, где входные и рекреационные зоны зачастую имеют устаревшую отделку и не отвечают принципам комфорта и инклюзивности. Чтобы дизайн-проект учитывал реальные сценарии поведения пользователей, натурный архитектурный аудит необходимо дополнять технологиями соучаствующего проектирования.

Натурное обследование и соучаствующее исследование

Объектом исследования выступило Муниципальное бюджетное общеобразовательное учреждение «Средняя общеобразовательная школа № 16» (МБОУ СОШ № 16), расположенное в селе Дубовка Шпаковского муниципального округа Ставропольского края в структуру которого также входит ресурсный класс для детей с особыми образовательными потребностями. Модернизация осуществляется в рамках Всероссийского марафона соучаствующего проектирования «Школа мечты» [1].

Предметом дизайн-проектирования является коммуникативное пространство первого этажа площадью ≈137 м² при высоте потолков 3,34 м., объединяющее четыре функционально взаимосвязанные зоны: «Входную зону», «Зону ожидания», «Зону хранения» и прилегающую «Коммуникационно-транзитную зону» (рис. 1).

В ходе полевого экспедиционного обследования были выявлены следующие исходные конструктивные и эстетические особенности помещений:

1. Ограждающие конструкции: износ, сколы и трещины масляной краски на стенах, изношенная бетонная стяжка пола без финишного покрытия;

2. Световая и акустическая среда: неравномерное освещение от устаревших люминесцентных светильников, повышенная гулкость и реверберация в коридоре;

3. Функциональное оснащение: отсутствие мест для кратковременного отдыха, ожидания и общения.

Для выявления потребностей участников образовательного процесса по методике марафона «Школа мечты» [2,4] были применены семь инструментов соучаствующего проектирования:

1. Измерение следа: контрольные обмеры помещений (≈137 м²), проемов и ширины путей эвакуации [6];

2. Наблюдение и фотофиксация: визуальный аудит дефектов отделки, освещения и дефицита мест сидения;

3. Творческий коллаж и сказкотворчество (1–4 классы): выявление тактильных и образных ожиданий младших школьников;

4. Эмоциональная оценка и графическое анкетирование «Как бы я изменил школу» (1–8 классы): картирование «точек притяжения» и «точек отчуждения»;

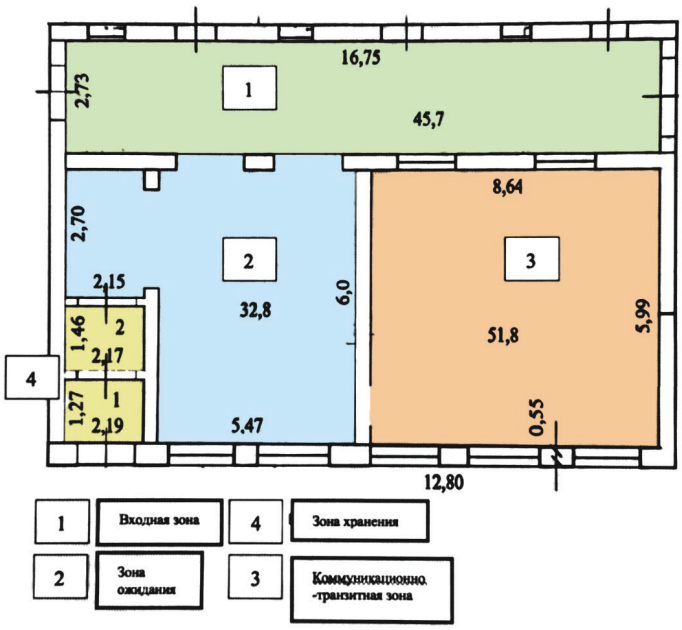


Рис. 1. **План проектируемых помещений 1 этажа «МБОУ СОШ № 16» с. Дубовка**

5. Творческое и графическое интервью «Школа мечты для каждого» (5–8 классы): скетч-сессии с учениками среднего звена;

6. Творческое эссе «Оценим планы нашей школы» (9–11 классы): анализ письменных запросов старшеклассников к функциональности среды;

7. Социологический опрос (учителя и родители): анкетирование по вопросам безопасности, износостойкости материалов и навигации.

Результаты исследования и заключение

Кросс-анализ полученных данных позволил систематизировать запросы целевых групп: младшим школьникам необходимы тактильные игровые панели и адаптация гардероба по росту; учащимся среднего и старшего звена — зоны психологической разгрузки, комфортные места отдыха и озеленение; педагогам и родителям — антивандальная отделка, интуитивная навигация и открытость пространства без «слепых зон».

На основе исследования сформулированы ключевые проектные задачи: ликвидация визуального хаоса и износа отделки, упорядочивание потоков с помощью интуитивной навигации, создание мест отдыха без сужения эвакуационных путей, обеспечение инклюзивного комфорта для ресурсного класса и трансляция локальной идентичности Ставропольского края.

Таким образом, синтез технического аудита и соучаствующего проектирования позволил сформировать научно обоснованное техническое задание и заложить базу для разработки целостной дизайн-концепции коммуникативного пространства МБОУ СОШ № 16 с. Дубовка.

Литература:

1. Всероссийский просветительский проект соучаствующего проектирования школьных пространств «Школа мечты»: официальный сайт. — URL: https://школамечты.рф (дата обращения: 12.11.2026). — Текст: электронный.
2. Марафон соучаствующего проектирования «Школа мечты»: методические рекомендации для вузов-участников / под ред. Федерального штаба по контролю за капитальным ремонтом школ Общественной палаты РФ. — Москва: ОП РФ, 2024. — 84 с. — Текст: непосредственный.
3. Малагуцци, Л. Сто языков детей: Реджио-подход в образовании / Л. Малагуцци; пер. с итал. под ред. С. Н. Бондаревой. — Москва: Линка-Пресс, 2020. — 256 с. — Текст: непосредственный.
4. Санофф, Г. Соучаствующее проектирование. Практика общественного участия в формировании среды обитания / Г. Санофф; пер. с англ. под ред. М. В. Дуцева. — Вологда: Проектная группа 8, 2015. — 240 с. — Текст: непосредственный.
5. Анисимов, А. В. Архитектура современных общественных пространств и детских образовательных центров / А. В. Анисимов. — Москва: Архитектура-С, 2021. — 216 с. — Текст: непосредственный.
6. СП 251.1325800.2016. Здания общеобразовательных организаций. Правила проектирования: утвержден приказом Минстроя России от 17.08.2016 № 572/пр. — Москва: Стандартинформ, 2016. — 115 с. — Текст: непосредственный.

Особенности монтажа большепролётных ферм крупными блоками

Никишина Марина Дмитриевна, студент магистратуры
Курский государственный университет

В статье рассматривается технология монтажа большепролётных стальных ферм крупными монтажными блоками: вопросы организации укрупнительной сборки отправочных марок на стапеле, схемы строповки траверсами, а также особенности проверки ферм на монтажные нагрузки, схема действия которых принципиально отличается от проектной. Описаны требования нормативных документов и основные ошибки, встречающиеся на практике.

Ключевые слова: *большепролётные фермы, укрупнительная сборка, отправочная марка, монтажный блок, траверса, строповка, монтажные нагрузки, строительный подъём.*

Введение

Большепролётные покрытия чаще выполняют на стальных фермах — так перекрывают стадионы, залы, цеха, склады и ТЦ. Изза ограничений при транспортировке фермы отправляют «разобранными» на элементы длиной до 18–24 м (а для больших пролётов — короче), поэтому перед подъёмом на площадке собирают укрупнённый блок. При крупноблочном монтаже кран за один цикл ставит готовую ферму. Так большинство операций (стыковка, рихтовка, проверка геометрии) переносят на землю — это быстрее и безопаснее, чем работать на высоте [1, 4]. Размер блока ограничивают грузовой момент крана и логистика перемещения к зоне подъёма [8].

Цель статьи — систематизировать требования к укрупнительной сборке и строповке ферм и обосновать обязательность проверки ферм на монтажные нагрузки в ППР. Статья предназначена для студентов ПГС и пригодится при подготовке к практике и курсовому проектированию.

1. Укрупнительная сборка ферм на стапеле

Укрупнительная сборка — это соединение на строительной площадке нескольких отправочных марок в укрупнённый монтажный блок, который затем устанавливается краном в проектное положение [1]. Собирать фермы принято горизонтально на **стапеле** — специальном стенде, выставленном по нивелиру и жёстко фиксирующем проектные расстояния между узлами нижнего пояса. Точность обеспечивают упорыкондукторы со сменными фиксаторами, временные опоры и гидравлические домкраты для юстировки перед сваркой. Важен строительный подъём (предварительный выгиб нижнего пояса вверх, обычно 1/250–1/300 пролёта): его потеря приведёт к провисанию кровли. После сборки контролируют длину нижнего пояса, высоту в середине пролёта, строительный подъём и диагонали; «серп» (горизонтальный прогиб) должен быть минимальным, чтобы избежать крутящих усилий при подъёме. Отклонения устраняют до строповки. Допуски регламентирует СП 70.13330.2012. Наиболее распространённая схема укрупнения — стыковка двух полуферм [2, 5].

Фланцевый стык — стальные плиты толщиной 20–40 мм на торцах поясов стягиваются высокопрочными болтами с контролируемым моментом затяжки. Это наиболее технологичный и «быстрый» вариант (2–4 часа), допускающий многократную разборку при вынужденной перестановке блока [1].

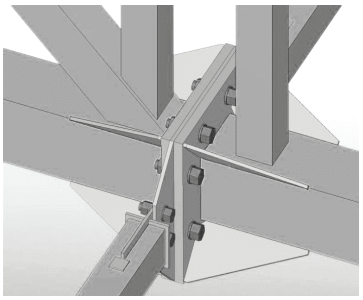


Рис. 1. **Фланцевое соединение ферм**

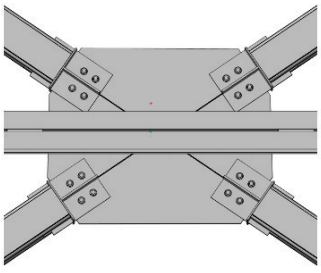


Рис. 2. **Стык ферм с фасонками-накладками**

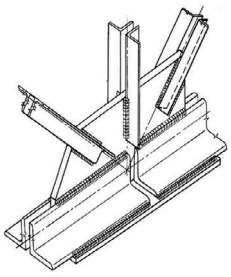


Рис. 3. **Сварной стык ферм**

Стык с фасонками-накладками — пояса соединяются симметричными накладками на болтах с двух сторон; такой стык менее чувствителен к точности изготовления, что делает его удобным при неидеальной заводской геометрии [1].

Сварной стык — пояса свариваются встык с разделкой кромок, многослойным швом и последующим контролем методами неразрушающего контроля. Он трудоёмок (6–8 часов на ферму) и требует квалифицированных сварщиков, но обеспечивает работу полного сечения пояса, что важно для ферм с тяжёлыми поясами [1].

Перед подъёмом на поясах фермы наносят риски осей прогонов, распорок и связей — по ним ориентируются при установке смежных конструкций и временного раскрепления [5].

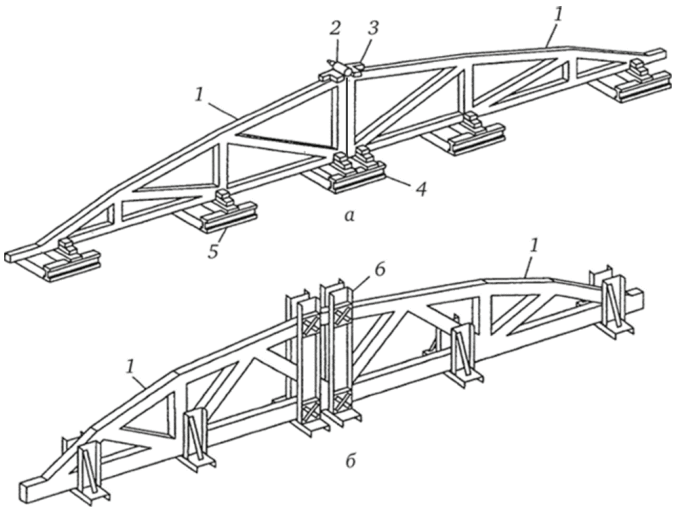


Рис. 4. **Схема укрупнительной сборки фермы из двух отправочных марок**

а — на стенде; б — в кассетах с парными стойками
1 — отправочная марка (1/2 фермы), 2 — струбцина, 3 — место для крепления растяжки, 4 — кондуктор,
5 — роликовые опоры, 6 — парные стойки

2. Схемы строповки: почему только траверса?

В строповке действует жёсткое правило: **фермы стропят за узлы верхнего пояса с помощью траверс**. Наложение гибких стропов непосредственно на пояса с образованием наклонных ветвей не допускается: наклонные канаты создают сжимающие усилия в элементах решётки и верхнем поясе и могут привести к потере устойчивости сжатого пояса уже на весу [3].

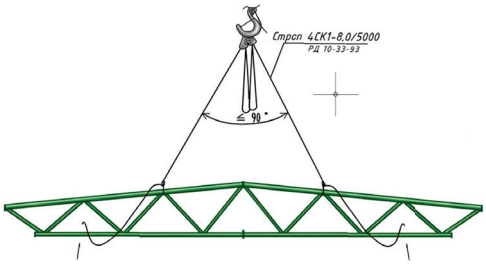


Рис. 5. **Схема строповки металлической фермы наклонным стропом**

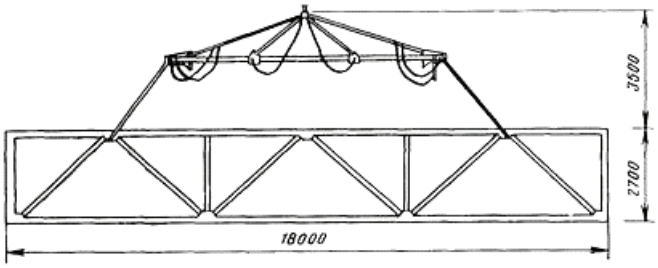


Рис. 6. **Схема строповки металлической фермы траверсой**

Типовая технологическая карта предусматривает два варианта строповки: наклонными стропами для коротких ферм (за два узла не далее 6 м друг от друга) и траверсой — обязательна при расстоянии между узлами 12 м и более. Точки подвеса располагают над узлами верхнего пояса в третях или четвертях пролёта: для ферм до 24 м — траверсы с двумя точками подвеса, для 30–36 м — с тремя, для больших пролётов — с четырьмя и более. При подвесе фермы на n наклонных ветвей усилие в ветви составляет $S = Q/(n \cdot \cos \alpha)$, а сжимающая горизонтальная составляющая $H = (Q \cdot tg \alpha)/n$. Чем больше угол α (короче стропы), тем выше риск потери устойчивости пояса. Балансирная траверса обеспечивает близкое к вертикальному расположение ветвей, гасит горизонтальную составляющую и автоматически распределяет нагрузку между ветвями при несимметрии центра тяжести.

Укрупнённые блоки покрытия стропят за четыре узла траверсой: это снижает требуемую высоту крюка, уменьшает сжимающие усилия и исключает деформацию блока. Подъём выполняют в два приёма: сначала на 20–30 см с проверкой строповки и равновесия, затем продолжают подъём. Расстроповка — только после выверки и надёжного закрепления; отклонение фермы от вертикали не более 1/100 её длины.

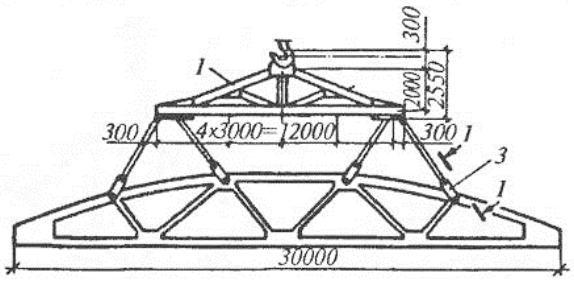


Рис. 7. **Схема строповки фермы траверсой за узлы верхнего пояса**

3. Проверка фермы на монтажные нагрузки

Особенность крупноблочного монтажа состоит в том, что **ферма в момент подъёма работает иначе, чем в проекте**. Проектные усилия определены нагрузками по СП 20.13330 — и раскреплением верхнего пояса прогонами и связями. Монтажная схема иная [7]:

— на ферму действует только собственный вес, передаваемый сосредоточенно в точках подвеса, что меняет эпюру моментов и знаки усилий;

— сжатый верхний пояс без раскрепления работает на продольный изгиб со свободной длиной, равной расстоянию между узлами строповки — это значительно больше проектной расчётной длины;

— элементы решётки и нижнего пояса могут менять знак усилия и оказываться сжатыми, будучи запроектированными на растяжение;

— строповка добавляет сжимающие горизонтальные составляющие в зонах захвата, а подъём с ускорением — динамическую составляющую.

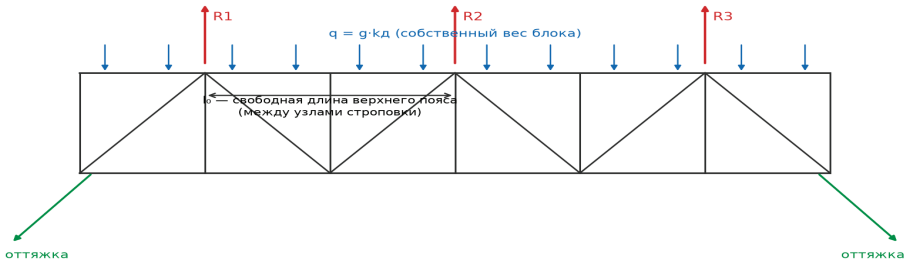


Рис. 8. **Монтажная расчётная схема фермы при подъёме**

Расчётные монтажные усилия получают умножением веса блока на коэффициент динамичности (1,1–1,2) с учётом наклона и перекоса стропов.

Сначала строят монтажную расчётную схему по точкам строповки с учётом центра тяжести, затем проверяют элементы фермы на устойчивость. Если элемент не проходит проверку, в ППР предусматривают временное усиление (шпренгели, распорки, скрутки) — способ обязательно указывают вместе со схемой строповки. Далее проверяют траверсу, стропы и захваты: траверсу проектируют под конкретный блок.

Частая ошибка — проверять ферму только на проектные нагрузки, считая монтажное положение неопасным. Но именно непроектная схема нагружения (при отсутствии раскрепления) нередко приводит к потере устойчивости и обрушениям [6].

4. Типичные ошибки и рекомендации

Обобщение практики монтажа позволяет сформулировать перечень типичных ошибок, каждая из которых «стоила» проектам либо времени, либо аварийных ситуаций.

1. Монтаж без расчёта на монтажное положение
2. Строповка наклонными стропами вместо траверсы, ведущая к сжатию верхнего пояса и потере устойчивости.
3. Потеря строительного подъёма при сборке, когда стапель собран «по прямому поясу».
4. Преждевременное снятие временных раскреплений (распорок и расчалок) до постановки постоянных связей.
5. Контроль геометрии «по факту», после сварки, когда исправить перекос уже трудно; контроль должен быть по-операционным.
6. Расстроповка блока до его выверки и закрепления [5, 6].

Рекомендации можно свести к трём пунктам: монтажная схема нагрузок должна входить в состав ППР наравне с проектной; строповка и траверса подбираются расчётом под конкретный блок, а не по «инвентарному» принципу; временные связи и раскрепления снимаются только по письменному разрешению лица, ответственного за безопасное производство работ [2].



Рис. 9. **Схема временного раскрепления установленных ферм (расчалка первой фермы, инвентарные распорки — до постановки постоянных связей)**

Заключение

Монтаж большепролётных ферм крупными блоками — технология, повышающая темп и безопасность работ, но предъявляющая строгие требования к геометрии укрупнительной сборки, грузозахватной оснастке и расчёту фермы на монтажные нагрузки. Игнорирование любого из этих звеньев — типичная причина деформаций и аварий при монтаже.

Литература:

1. СП 70.13330.2012. Несущие и ограждающие конструкции. Актуализированная редакция СНиП 3.03.01–87 (с изменениями). — М.: Минстрой России, 2012 (ред. 2020).
2. МДС 53–1.2001. Рекомендации по монтажу стальных строительных конструкций (к СНиП 3.03.01–87). — М.: ЦНИИОМТП, 2001. — URL: https://files.stroyinf.ru/Data2/1/4294847/4294847046.pdf (дата обращения: 08.10.2026).
3. Монтаж ферм и балок покрытия — схемы подъёма и краны [Электронный ресурс] // ГК СтилКонстракшн: база знаний. — URL: https://gk-sc.ru/baza-znanij/montazh-mk/montazh-ferm-balok/ (дата обращения: 09.10.2026).
4. Укрупнительная сборка МК на площадке [Электронный ресурс] // ГК СтилКонстракшн: база знаний. — URL: https://gk-sc.ru/baza-znanij/montazh-mk/ukrupnitelnaya-sborka/ (дата обращения: 09.10.2026).
5. Этапы монтажа фермного покрытия большого пролёта [Электронный ресурс] // Блог компании «Стальфа». — URL: https://www.stalfa.ru/blog/etapy-montazha-fermennogo-pokrytiya-bolshogo-proleta (дата обращения: 09.10.2026).
6. Типовая технологическая карта на монтаж стальных ферм, конструкций и покрытий [Электронный ресурс]. — URL: https://smk-els.ru/UserFiles/Montazh_stalnykh_ferm_konstruktsiy_i_pokrytiy.pdf (дата обращения: 09.10.2026).
7. СП 20.13330.2016. Нагрузки и воздействия. Актуализированная редакция СНиП 2.01.07–85*. — М.: Минстрой России, 2016.
8. Выбор методов монтажа большепролетных зданий и сооружений // Материалы Региональной научной конференции «Строительство и архитектура» / КузГТУ. — Новокузнецк, 2017. — URL: https://science.kuzstu.ru/wp-content/Events/Conference/RM/2017/RM17/pages/Articles/0504002-.pdf(дата обращения: 10.10.2026).

Особенности применения общеобменной вентиляции на примере конференц-зала офисного здания

Соколова Карина Сергеевна, студент магистратуры
Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет

В статье рассматриваются особенности подачи воздуха в помещение с использованием общеобменной вентиляции. Проведен анализ вентиляционного оборудования для рассматриваемой системы, а также выполнено его сравнение с аналогичными примерами применения в проектной практике.

В качестве объекта для проведения исследований выбран конференц-зал площадью 290,22 м2, расположенный в городе Новокуйбышевске Самарской области.

Ключевые слова: *воздухообмен, общеобменная вентиляция, вентиляционное оборудование, рекуперация.*

Конференц-залы офисных зданий относятся к помещениям с переменной и часто высокой плотностью пребывания людей, что предъявляет повышенные требования к организации воздухообмена. В конференц-залах необходимо учитывать одновременное действие нескольких факторов: значительные теплоизбытки от людей и оборудования, неравномерность распределения людей по площади зала, а также риск образования застойных зон при неправильно выбранной схеме подачи и удаления воздуха [1].

Приняты ключевые особенности для подбора вентиляционного оборудования в конференц-зале, которые обеспечивают нормативный воздухообмен и создают комфортные условия:

1. Переменная интенсивность работы. В отличие от постоянных рабочих мест, конференц-зал используется непостоянно: максимальная нагрузка во время мероприятий, в остальное время минимальна. Это требует гибкого управления системой.

2. Регулирование по концентрации CO_2. Для оптимизации воздухообмена часто применяют датчики углекислого газа, которые устанавливаются в вытяжном воздуховоде. Система автоматически увеличивает подачу воздуха при росте уровня CO_2, что позволяет поддерживать его концентрацию в пределах допустимых норм (обычно до 1000 ppm [2]).

3. Энергоэффективность и управление. Для снижения энергопотребления вентиляционные установки оснащаются частотными приводами, которые позволяют плавно регулировать производительность в зависимости от фактической загрузки зала. На ответвлениях сети и подводках к воздухораспределителям устанавливаются регуляторы и запорные клапаны, управляемые датчиками присутствия или концентрации CO_2.

Проиллюстрируем это на рис. 1.

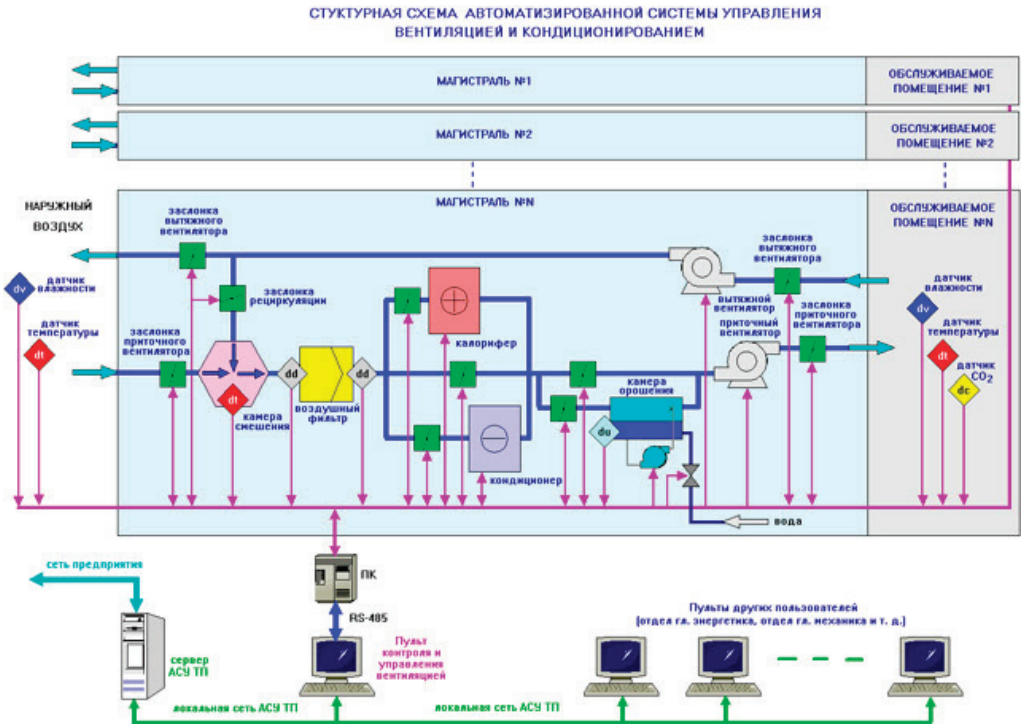


Рис. 1. **Функциональная схема автоматического регулирования воздухообмена по датчикам CO_2 и присутствия**

Исходя из расчетного расхода воздуха по избыткам явной теплоты (10690 м³/ч) и требований к комфорту, для конференц-зала принимается канальная приточно-вытяжная установка с пластинчатым рекуператором и канальным охладителем.

Пример данной установки проиллюстрирован на рис. 2.



Рис. 2. **Канальная приточно-вытяжная установка с пластинчатым рекуператором и канальным охладителем**

Использование данной модульной компоновки обеспечивает ряд ключевых преимуществ. В первую очередь, наличие пластинчатого рекуператора позволяет утилизировать теплоту удаляемого воздуха, возвращая до 60–70 % энергии. Это существенно снижает затраты на подогрев притока в холодный период и повышает общую энергоэффективность здания. Канальный охладитель, в свою очередь, обеспечивает эффективную ассимиляцию теплоизбытков в теплый период, поддерживая комфортную температуру в зале. Кроме того, канальное исполнение позволяет скрыто разместить оборудование за подвесным потолком, экономя полезную площадь. Встроенные фильтры и возможность интеграции с частотными приводами и автоматикой (для регулирования по CO_2) делают эту установку не только компактной, но и гибкой в управлении, что идеально подходит для помещений с переменной интенсивностью эксплуатации, таких как конференц-зал.

Сравнение с опытом применения аналогичного оборудования на других объектах

Для подтверждения эффективности принятых решений целесообразно рассмотреть опыт реализации аналогичных проектов. В частности, в офисном центре в г. Тобольске была применена приточно-вытяжная система вентиляции с пластинчатым теплоутилизатором. Внешний вид данной установки представлен на рисунке 3.

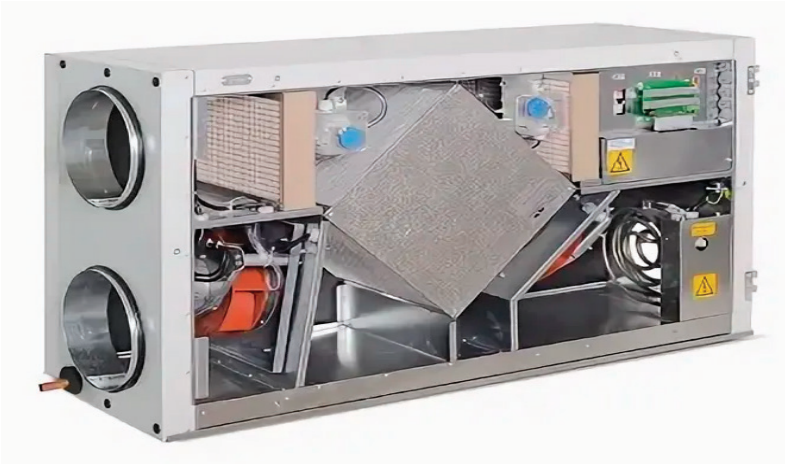


Рис. 3. **Внешний вид модульной приточновытяжная системы вентиляции с пластинчатым теплоутилизатором**

Сравнительный анализ показывает, что проект в Тобольске и рассматриваемый объект в Новокуйбышевске объединены схожими климатическими условиями и требованиями к энергоэффективности. В тобольском проекте использование рекуператора позволило вернуть до 60–70 % тепловой энергии, что существенно снизило нагрузку на воздухонагреватель в холодный период и подтвердило высокую эффективность данного решения на практике [3].

Отличительной особенностью рассматриваемой установки для конференц-зала является наличие встроенного канального охладителя. Если в Тобольске акцент был сделан преимущественно на утилизацию теплоты для холодного периода, то для нашего объекта критически важно также обеспечить отвод значительных теплопоступлений в теплый период (от людей, солнечной радиации и освещения). Таким образом, принятая компоновка (рекуператор + охладитель) представляет собой более универсальное решение, адаптированное под переменный режим работы конференц-зала и пиковые тепловые нагрузки.

Литература:

1. СП 60.13330.2020. Отопление, вентиляция и кондиционирование воздуха: актуализированная редакция СНиП 41–01–2003 / Минстрой России. — Москва, 2020. — 81 с.
2. Обоснование допустимого уровня содержания диоксида углерода в воздухе помещений жилых и общественных зданий / Ю. Д. Губернский, Н. В. Калинина, Е. Б. Гапонова, И. М. Банин. — Текст: непосредственный // Гигиена и санитария: Профилактическая токсикология и гигиеническое нормирование. —, 2014. — С. 37–40.
3. Самарин Температурная эффективность пластинчатых и роторных теплоутилизаторов при различных расходах воздуха / Самарин, Д. О. — Текст: непосредственный // Сантехника, Отопление, Кондиционирование. — 2014. — № 1. — С. 118–119.

Огнестойкость несущих конструкций покрытий из клееной древесины при больших пролетах

Суржикова Виктория Дмитриевна, студент магистратуры
Курский государственный университет

В статье исследуется огнестойкость большепролетных покрытий из клееной древесины. Рассмотрены процесс обугливания массивной древесины, обеспечивающий сохранение несущей способности благодаря самозащитному слою угля, а также узлы соединений как наиболее уязвимые элементы конструкции. Сделан вывод, что обеспечение пожарной безопасности зданий с применением клеедеревянных конструкций требует комплексного подхода, включающего конструктивные и специальные огнезащитные мероприятия.

Ключевые слова: *клееная древесина, большепролетные конструкции, огнестойкость, обугливание, узловые соединения, предел огнестойкости.*

В современном строительстве значимым направлением является развитие городской инфраструктуры для массового пребывания людей, например, спортивные комплексы, ледовые арены, выставочные залы и другие, где имеет место быть применение древесины в качестве материала несущих конструкций. Различные виды покрытия, такие как балки, арки, рамы и фермы, выполненные из клееной древесины, способны перекрывать пролеты от 24 до 60 м и более при значительно меньшей массе, чем железобетонные, и с низким показателем углеродного следа относительно стальных. Учитывая преимущества конструкций, выполненных из дерева, в сравнении с другими материалами, важно помнить про соблюдение пожарной безопасности в зданиях общественного назначения. Поскольку покрытия из клееной древесины подвержены воздействию огня, необходимо обязательное применение решений и средств по обеспечению их огнезащиты.

Клееная древесина является строительным материалом, полученным путем склеивания слоев досок или брусков специальным клеем под прессом. Важной частью технологии производства выступает расположение волокон каждого слоя перпендикулярно соседним, с целью обеспечения высоких механических свойств материала. Слоистая структура способствует рассредоточению пороков, а, следовательно, повышению прочности вдоль волокон по сравнению с цельной древесиной при одинаковом качестве исходного материала [2].

Древесина обладает хорошим соотношением массы к прочности, высокими теплоизоляционными показателями, а также акустическими свойствами [3]. Несмотря на то, что данный строительный материал подвержен горению, в массивных элементах этот процесс происходит медленнее. Внешний обугленный слой, с низкой теплопроводностью, служит защитой внутреннего ядра, который на протяжении долгого времени поддерживает температуру ниже 100 °C, тем самым сохраняя несущую способность. Такая способность самостоятельной защиты позволяет проектировать большепролетные деревянные покрытия с подтвержденными расчетными пределами огнестойкости, не устраивая испытания огнем каждого объекта.

Согласно СП 64.13330.2017, основными закономерностями, используемыми при расчете пределов огнестойкости деревянных конструкций, являются:

— температура начала обугливания древесины, которая составляет 270 °С;

— время достижения этой температуры на поверхности древесины после начала стандартного теплового воздействия пожара;

— условная скорость обугливания (скорость перемещения фронта обугливания), включающая влияние угловых закруглений;

— снижение температуры древесины по гиперболическому закону за фронтом обугливания.

При нагревании древесины без доступа воздуха (сухой перегонке) происходит потеря воды (при температуре 120…150 °С) и частичное разложение древесины (при 150…275 °С). Главные реакции распада веществ древесины совершаются при температуре 275…450 °С с бурным выделением теплоты. Последняя стадия пиролиза происходит при 450…550 °С с дополнительным подводом теплоты извне [4]. В активную фазу пиролиза происходит термическое разложение целлюлозы, гемицеллюлоз и лигнина с образованием горючих газов, смолистых веществ и угольного слоя, который при высокой температуре (от 300 °С и более) образовывает стойкую внешнюю оболочку с теплопроводностью в несколько раз ниже исходной, что позволяет обеспечить основной способ защиты конструкции. Поскольку скорость продвижения фронта обугливания в ядро сечения сохраняет относительную стабильность, а также слабо зависит от темпа стандартного огневого воздействия.

Такие характеристики материала, как порода и плотность древесины, влажность, используемый клей, толщина досок или бруса, ориентация клеевых швов относительно потока тепла, оказывают влияние на скорость обугливания элемента. Применение более плотных пород, а также увеличение толщины слоев существенно оказывают влияние на процесс горения конструкции, снижая скорость обугливания.

Одним из преимуществ элементов крупных размеров является нелинейная зависимость относительной потери несущей способности от времени. Например, для сечения размерами 100х200 мм потеря 20 мм с каждой стороны за полчаса из-за воздействия огня, свидетельствует о потери около трети несущей способности, а для элемента с габаритами 400х1400 мм те же показатели обугливания заденут малую часть рабочего сечения. В данном случае, потеря высоты сечения уравновешивается принятыми большими размерами, которые в большепролетных покрытиях применяются исходя из требования жесткости, а не прочности. Таким образом, крупные сечения, требуемые по условиям деформативности, сами по себе обеспечивают дополнительный запас огнестойкости.

Наиболее уязвимым элементом огнестойкой системы являются узловые соединения. Стальные накладки, опорные башмаки, анкерные пластины и болты, защищенные в холодном состоянии древесиной лишь частично, нагреваются быстрее и утрачивают прочность при температурах, существенно более низких, чем древесина. В реальных пожарах большепролетные деревянные конструкции обычно теряют работоспособность не из-за обугливания поясного элемента. Зачастую, разрушение начинается в узлах — из-за их ослабления или подрезки, после чего усилия перераспределяются на второстепенные связи и происходит прогрессирующее обрушение покрытия. Как следствие, предел огнестойкости покрытия определяется наиболее слабым звеном — соединением, а не сечением элемента, поэтому расчет без анализа узловых соединений дает завышенную оценку огнестойкости.

В дополнение к конструктивным решениям, обеспечивающим огнезащиту большепролетных деревянных покрытий, используют активные и пассивные меры. Активные средства огнезащиты основаны на применении систем обнаружения и тушения пожара, самостоятельно реагирующих на начавшееся возгорание. Пассивная защита основана на применении специальных покрытий и материалов, не допускающих воспламенения и затрудняющих распространение огня.

Огнезащитные покрытия относятся к наиболее востребованным и распространенным способам защиты деревянных конструкций. Они выпускаются в форме красок, лаков и пропиток и, нанесенные на древесину, образуют защитный слой. К этой группе относятся интумесцентные составы, которые при нагревании вспучиваются и формируют пористый теплоизоляционный слой, препятствующий прогреву древесины и тормозящий распространение пламени. Технология применения огнезащитных лаков, красок и эмалей может предусматривать нанесение грунтовочного и отделочного слоев, позволяющих покрытию более прочно держаться на поверхности древесины и защищать ее от воздействия повышенной влажности воздуха и агрессивных паров и газов, а также увеличить срок эксплуатации огнезащитного покрытия [5].

Разрабатывая проект с применением большепролетных конструкций из клееной древесины, следует обращать внимание не только на тип их огнезащиты, но и технические особенности изделия. Так, большее сечение элементов замедляет прогрев материала и тем самым увеличивает время до потери несущей способности. Определенную роль играют и дополнительные отделочные слои, положение конструкции в здании, степень доступа воздуха и прочие факторы. Учет этих аспектов необходим как при расчете огнестойкости, так и при выборе способа защиты.

Таким образом, клееная древесина массивных сечений, характерная для большепролетных покрытий, проявляет выраженный эффект самозащиты, когда обугленный слой защищает внутреннее ядро от прогрева, благодаря чему требуемые пределы огнестойкости в большинстве типовых случаев обеспечиваются без внешней огнезащиты.

Кроме того, определяющим фактором предела огнестойкости покрытия являются узловые соединения, а не сечения элементов. Расчеты, выполненные только по сечениям, завышают оценку огнестойкости конструкции.

Важно отметить, что надежная огнезащита изделий из клееной древесины возможна лишь при сочетании конструктивных и специальных огнезащитных мероприятий, охватывающем выбор защитных материалов, технологию их нанесения, технические особенности и условия использования. Рост предела огнестойкости таких конструкций расширяет границы их рационального применения и снижает пожарную опасность деревянных зданий, благодаря чему деревянное строительство становится более привлекательным в сравнении с традиционными материалами.

Литература:

1. СП 64.13330.2017. Деревянные конструкции: введ. 2017–08–28. — Москва: Минстрой России, 2017. — 105 с.
2. Пособие по проектированию и применению конструкций из клееной древесины / ООО «ТехноНИКОЛЬ — Строительные системы». — Москва: ТехноНИКОЛЬ, 2025. — Текст: электронный // ТехноНИКОЛЬ: официальный сайт. — URL: nav.tn.ru (дата обращения: 09.11.2026).
3. Акшов Э. А. Технологические особенности клееных деревянных конструкций // Architecture and Modern Information Technologies. — 2021. — № 1(54). — С. 156–164.
4. Уголев Б. Н. Древесиноведение и лесное товароведение: учебник / Б. Н. Уголев. — Издание 5-е, переработанное и дополненное. — Москва: ГОУ ВПО «Московский государственный университет леса», 2007. — 351 с.
5. Способы и средства огнезащиты древесины: руководство / ФГБУ ВНИИПО МЧС России. — Москва, 2011.

Благоустройство дворовых пространств в среднеэтажной застройке: существующие практики и перспективные направления развития

Уварова Мария Александровна, студент магистратуры
Кубанский государственный университет (г. Краснодар)

Благоустройство дворовых территорий — ключевой фактор комфортной городской среды и качества жизни. В статье анализируются российские («Наш двор», «Дальневосточные дворы», проекты ATRIUM, «ВЕЩЬ!» и др.) и зарубежные практики ландшафтной архитектуры дворов, выявляются их сильные и слабые стороны, а также обсуждаются пути интеграции инклюзивности, экологичности и цифровых технологий в модернизацию придомовых пространств.

Ключевые слова: *благоустройство дворовых территорий, комфортная городская среда, качество жизни, ландшафтная архитектура дворов, урбанизация, программа «Наш двор», программа «Дальневосточные дворы», зональное планирование дворов, озеленение и микроклимат, инклюзивность и соучастие жителей, экологическая устойчивость, европейский опыт благоустройства, цифровые технологии в городской среде, брендинг застройщиков.*

Благоустройство дворовых территорий — один из ключевых аспектов формирования комфортной городской среды с непосредственным влиянием на качество жизни. В условиях урбанизации и роста требований к инфраструктуре актуализируется модернизация придомовых пространств: с 2019 по 2024 год по данным Минстроя России благоустроено более 39 тыс. дворов в 84 регионах страны, а число городов с благоприятной средой достигло 82,4 %. [3] Для создания эффективных общественных пространств необходимо изучить ландшафтную архитектуру дворовых пространств, ее принципы и практики, чтобы выявить сильные и слабые стороны российских примеров и адаптировать зарубежные инновации.

Для этого сначала рассмотрим российские практики благоустройства. В России реализовано множество региональных программ, нацеленных на вовлечение жителей в сопроектирование и комплексный подход. Яркий пример — программа «Наш двор» в Татарстане, где обновлено почти 6 тыс. дворов с активным участием 1,65 млн жителей, включая создание зон тихого и активного отдыха, спортивных площадок и озелененных аллей. Аналогично программа «Дальневосточные дворы» объединила 11 регионов, благоустроив свыше 2 тыс. территорий на основе предварительных опросов населения, что обеспечило учет реальных нужд семей с детьми и пожилыми людьми. Принципы ландшафтной архитектуры успешно применены в проектах дворовых пространств: «Двор Гора» в Екатеринбурге от АМ-Река (Рис. 1) с четким зонированием, интегрированной растительностью (ели, березы, кустарники), разнообразными покрытиями (дерево, галька, резиновая крошка) [1]; ЖК «Wow» от бюро «ВЕЩЬ!» (Рис. 2) с криволинейными зонами отдыха, обширным озеленением и функциональными малыми архитектурными формами [2];



Рис. 1. **Генеральный план «Двор Гора». Демонстрирует криволинейное зонирование и разнообразие покрытий**

ЖК «Клубный город на реке Primavera» от ATRIUM с яркими игровыми зонами на эластичных резиновых поверхностях, дополненными зонами для спорта и общения. Плюсы такой практики: функциональное зонирование усиливает социальную активность, связь с природным окружением и инклюзивность для разных возрастов; минусы: многие дворовые проекты остаются разрозненными «островками» с разной логикой проектирования, без единой системы принципов, стандартов и связей между соседними территориями, долгосрочный уход за растительностью ложится на самих жителей.



Рис. 2. **Схема генерального плана ЖК «Wow». Контраст с российскими проектами, подчеркивает художественную выразительность**

Для противовеса рассмотрим зарубежный опыт. Европейские города демонстрируют устойчивый и комплексный подход к дворовым пространствам: обязательное вовлечение сообществ в планирование, строгие нормативы по экологии (не менее 20 % площадей под растительным покровом), эффективное управление водоотводом и четкое разделение транспортных и пешеходных потоков. В Англии акцент на соучастии жителей в разработке концепций; во Франции и Германии — на регламентированных стандартах благоустройства с фо-

кусом на долговечность. В Эстонии (SOFTacademy в Таллине) применяют квартальный подход с гибким проектированием, учитывающим климатические особенности и социальные цели, включая вертикальное озеленение и модульные элементы. Скандинавская модель, адаптированная в проектах Санкт-Петербурга, опирается на биовзаимодействие, подбор местных устойчивых растений, вертикальное и крышное озеленение для создания микроклимата. [5] Глобальные тренды воплощены в работах бюро West 8 (Нидерланды) с криволинейными дорожками из гравия, сухих ручьев и яркой резины; JAPA Studio (Япония) — комбинации бамбука, гальки и эластичных покрытий; Superkilen Park (Дания, BIG и Topotek 1) — многослойные текстуры в ярких оттенках для культурного разнообразия.

Плюсы зарубежного опыта: высокая экологическая устойчивость (20 %+ зелени, местные растения), инклюзивность через соучастие и модульность, долговечные материалы (водопроницаемые покрытия, композиты) [4], культурная адаптивность (яркие текстуры для разнообразия) и микроклимат-контроль (вертикальное озеленение). Минусы зарубежного опыта: сложность адаптации к российскому климату (скандинавские растения не всегда выживают на Урале), высокие стандарты требуют экспертизы и времени на внедрение, квартальный подход может конфликтовать с типовой застройкой ЖК.

Российские примеры и европейские практики показывают: что ландшафтная архитектура становится авторской, интеграция стандартов, активное участие горожан, внедрение цифровых технологий для восприятия пространства, ландшафтная архитектура двора становится узнаваемым брендом застройщиков и формирует комфортную среду.

Литература:

1. РЕКА. Проект Двор Гора: сайт. — 2024. — URL: https://am-reka.ru/dvor-na-gore
2. Вещь. Концепция благоустройства двора ЖК «Wow»: сайт. — 2022. — URL: https://archvesch.ru/zhk-wow
3. Минстрой России. По программе «Единой России» и Минстроя с 2019 года благоустроили свыше 115 тысяч общественных пространств: сайт. — 2024. — URL: https://moscow.er.ru/activity/news/
4. Журнал Экоурбанист. Водопроницаемые покрытия: сайт. — 2025. — URL: https://ecourbanist.ru/vzi/vodopronicaemye-pokrytiya-zachem-oni-nuzhny-gorodu-i-kak-pomogayut-spravlyatsya-s-livnyami/
5. РБК Санкт-Петербург. Новый уровень благоустройства в строящихся жилых комплексах: сайт. — 2022. — URL: https://spbspecials.rbc.ru/landscape-design

Актуальные вопросы сохранения зданий исторической застройки Санкт-Петербурга

Шилова Александра Павловна, студент магистратуры
Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет

В статье рассматриваются вопросы сохранения и переустройства зданий исторической застройки Санкт-Петербурга, действующие городские программы, направленные на сохранение исторического архитектурного облика и восстановление многоквартирных домов, представляющих культурную ценность.

Ключевые слова: *историческая застройка, объекты культурного наследия, реставрация, переустройство зданий.*

Здания исторического наследия являются осязаемыми свидетельствами прошлого, формирующие уникальный облик и самобытность городов.

Они являются неотъемлемой частью архитектурного облика городов, связывая разные исторические эпохи, за счет которых формируются силуэты городов и их идентичность. Сохранение зданий исторической застройки, является одной из ключевых задач современного градостроительного комплекса.

К категории памятников архитектуры относят здания дореволюционного периода, построенные с XVII века до 1917 года. [1] Застройка указанного периода обладает рядом характерных технико-архитектурных особенностей. К числу наиболее значимых характеристик относят:

– высокую степень физического износа конструкций, обусловленную длительным сроком эксплуатации конструкций;

– значительную толщину ограждающих конструкций, варьирующуюся в диапазоне от 80 см до 1,2 м;

– повышенную плотность застройки;

– ограниченную этажность зданий.

Застройка, относящаяся к «старому фонду» преимущественно локализована в пределах центра города. При этом значительная часть зданий изначально использова-

лась в качестве доходных домов, что определяло их планировочную структуру и эксплуатационные параметры. [2]

Санкт-Петербург является городом, где значительная часть зданий представляет собой архитектурную и историческую ценность. По данным Комитета по государственному контролю, использованию и охране памятников истории и культуры Санкт-Петербурга на территории города располагается более 14 тысяч зданий исторической застройки.

Согласно статистическим данным примерно 29 % жилой недвижимости в Санкт-Петербурге относятся к домам «старого фонда». Из них наибольший процент застройки (95 %) относится к Центральному и Адмиралтейскому районам Санкт-Петербурга, в Петроградском районе «старый фонд» насчитывает 83 %, Василеостровский район примерно 68 % застройки.

С учетом большого объема зданий исторической застройки в Санкт-Петербурге вопросы их реконструкции приобретают особую актуальность. Данная застройка представляет собой важную составляющую градостроительной среды города.

Одним из направлений государственной политики Санкт-Петербурга в области сохранения исторического наследия является программа реставрации фасадов 255 многоквартирных домов памятников, входящая в приоритетный проект города «Сохранение исторического наследия и поддержка культуры». Реализация данной программы рассчитана до 2030 года, а ее основными исполнителями выступаю Комитет по государственному контролю, использованию и охране памятников истории и культуры Санкт-Петербурга и Жилищный комитет Санкт-Петербурга.

Основной целью данной программы является не только устранение повреждений и восстановление технического состояния фасадов, но и возвращения зданиям их первоначального архитектурного облика. Комплекс проводимых мероприятий включает восстановление утраченных декоративных элементов, архитектурного убранства, отделочных материалов и других исторически значимых деталей. При этом архитектурные работы выполняются с учетом архивных документов, исторических фотографий и результатов предварительных исследований.

В период с 2022 по 2025 год работы в рамках программы сохранения многоквартирных домов памятников полностью завершены работы на 40 зданиях-памятниках, включая Дом Бутурлиной (ул. Чайковского,10) — это первый объект данной программ, за его реставрацию дом получил медаль «Дух Петербурга» и премию «Золотой Трезини». [3] Реализация данной программы свидетельствует о значимости сохранения исторического жилого фонда Санкт-Петербурга и необходимости комплексного подхода к восстановлению зданий, предусматривающего не только реставрацию их внешнего облика, но и обеспечение надлежащего технического состояния конструктивных элементов.

Отдельным направлением сохранения исторического архитектурного облика Санкт-Петербурга является программа «Невский проспект», стартовавшая в 2024 году. Данная программа предусматривает проведение комплекса ремонтных и восстановительных работ на зданиях, расположенных вдоль главной магистрали города. Программа рассчитана на 4 года в рамках программы планируется обновить 85–8 многоквартирных домов на Невском проспекте. Основными исполнителями программы являются Комитет по государственному контролю, использованию и охране памятников истории и культуры Санкт-Петербурга и Жилищный комитет Санкт-Петербурга.

При выполнении работ в рамках программы особое внимание уделяется сохранению исторического облика зданий, восстановлению декоративных элементов. Цель — не просто обновить здания, а сберечь для потомков уникальный архитектурный облик.

Таким образом, масштаб реализуемых в Санкт-Петербурге программ по сохранению исторической застройки подтверждает актуальность проведения комплексных работ по сохранению зданий старого фонда.

Следует отметить, что сохранение исторического жилого фонда не ограничивается исключительно восстановлением внешнего архитектурного облика зданий. Не менее важной задачей является обеспечение надлежащего технического состояния конструктивных элементов зданий, от которых непосредственно зависят безопасность и долговечность.

Особую сложность представляет восстановление зданий, возведенных с применением традиционных строительных материалов и конструктивных решений. В отличие от современного строительства к таким зданиям не применимы типовые решения. Таким образом, при проведении работ необходимо учитывать техническое состояние самого здания, особенности передачи нагрузок, а также ограничения, обусловленные требованиями к сохранению архитектурного наследия.

Исходя из вышеизложенного, сохранение исторической застройки представляет собой комплексную инженерно-техническую задачу, объединяющую в себе необходимость сохранение исторического облика заданий и обеспечение безопасной эксплуатации.

Реформирование и развитие жилищной сферы является одним из преимущественных направлений социально-экономического развития.

В рамках сохранения объектов культурного наследия Комитет по государственному контролю, использованию и охране памятников истории и культуры Санкт-Петербурга, в соответствии с постановлением Правительства Санкт-Петербурга от 28.04.2004 № 651, осуществляет проведение государственной политики в сфере учета, выявления, сохранения, использования и государственной охраны объектов культурного наследия. Основным принципом государственной политики в области сохранения культурного наследия является комплексное сохранение наследия, который включает в себя инициирующую, кон-

тролирующую и координирующую функции органов государственной власти в области сохранения объектов культурного наследия. В рамках программы сохранения объектов культурного наследия в 2025 году завершены работы на объектах культурного наследия, находящихся в государственной собственности как: Владимирский собор в г. Кронштадте, Казанской Церкви в г. Зеленогорске.

Социальная необходимость переустройства зданий исторической застройки обусловлена потребностью в повышении качества эксплуатации жилищного фонда, а также совершенствовании градостроительных и архитектурно-планировочных подходов к формированию жилой среды. Реализация мероприятий по переустройству способствует повышению конструктивной и эксплуатационной надежности зданий, снижению энергопотребления за счет повышения теплозащитных характеристик ограждающих конструкций и модернизации инженерных систем. Таким образом переустройство зданий исторической застройки выступает одним из важнейших инструментов сохранения и рационального использования жилищного фонда. [4]

Литература:

1. Старый фонд — Типы домов — Справочник. — Текст : электронный // Бюллетень Недвижимости : [сайт]. — URL: https://www.bsn.ru/service/information/tipy_domov/staryy_fond/ (дата обращения: 13.11.2026).
2. Визуально-ландшафтный анализ. — Текст : электронный // Институт Генплана Москвы : [сайт]. — URL: https://genplanmos.ru/services/istoricheskoe_i_kulturnoe_nasledie/vizualno_landshaftny_analiz/ (дата обращения: 13.11.2026).
3. https://spbdnevnik.ru/news/2026–01–05/za-chetyre-goda-v-peterburge-otrestavrirovali-fasady-40-mnogokvartirnykh-domov-pamyatnikov
4. В. В. Федоров «Реконструкция и реставрация зданий»

МЕДИЦИНА

Влияние сидячего образа жизни на организм и способы компенсации его негативных эффектов

Гусейнова Сабина Расул Кызы, студент
Научный руководитель: Смирнов Илья Андреевич, преподаватель
Дальневосточный государственный университет путей сообщения (г. Хабаровск)

В статье рассматривается проблема негативного влияния длительного сидячего образа жизни на физическое здоровье человека. На основе анализа русскоязычных научных источников систематизированы основные риски для организма: повышение вероятности сердечно-сосудистых заболеваний, нарушение обмена веществ, снижение функционального состояния опорно-двигательного аппарата. Раскрыты причины формирования сидячего поведения. Предложены практические способы компенсации гиподинамии средствами физической культуры, включая режим периодической смены позы, аэробные нагрузки и упражнения на укрепление мышечного корсета.

Ключевые слова: *сидячий образ жизни, гиподинамия, физическая культура, профилактика, двигательная активность, здоровье.*

Современный образ жизни значительной части населения характеризуется устойчивой тенденцией к снижению уровня двигательной активности. Офисная работа, обучение, использование транспорта и цифровых устройств формируют условия, при которых человек проводит в положении сидя от шести до десяти и более часов в сутки. В отечественной научной литературе данное состояние обозначается термином «гиподинамия» — вынужденное снижение мышечных усилий, обусловленное характером трудовой деятельности и образом жизни [1].

По данным Всемирной организации здравоохранения, недостаточная физическая активность входит в число ведущих факторов риска смертности, а примерно 7–8 % случаев сердечно-сосудистых заболеваний можно было бы предотвратить при более активном образе жизни [5].

1. Причины сидячего образа жизни

Формирование сидячего поведения носит многофакторный характер. В научной литературе выделяют несколько типов гиподинамии в зависимости от причин возникновения.

Профессиональная деятельность. Значительная часть современных профессий требует длительного пребывания за рабочим столом. Критерием профессиональной гиподинамии являются низкие энерготраты при выполнении работы, характерные для операторов, пользователей видеодисплейных терминалов, сборщиков мелких деталей [1]. Автоматизация и компьютеризация производства значительно снижают мышечную активность человека.

Образовательный процесс. Учебные занятия организованы преимущественно в статичной позе, а объём домашних заданий предполагает дополнительное время за столом. Исследования показывают, что гиподинамия прогрессирует у студенток во время обучения, в том числе дистанционного, что негативно отражается на состоянии здоровья [5].

Бытовые и досуговые факторы. Технический прогресс, широко внедряясь в быт, приводит к тому, что всё более широкие слои населения испытывают недостаток мышечной активности в течение дня. Экранное время вытесняет активные формы отдыха [1].

1. Влияние сидячего образа жизни на организм

Согласно данным Большой российской энциклопедии, гиподинамия приводит к детренированности — основной причине быстрого роста числа сердечно-сосудистых заболеваний. У лиц, работающих в условиях гиподинамии, отмечается увеличение частоты сердечных сокращений в покое на 20 %, снижение сократительной функции сердечной мышцы, ухудшение регуляции сердечного ритма.

Сердечно-сосудистая система. При гиподинамии адаптация сердца к мышечным нагрузкам происходит за счёт увеличения частоты сокращений при незначительном увеличении систолического объёма, что расценивается как неэкономная реакция, способствующая быстрому ис-

тощению резервов сердца. Гиподинамия в сочетании с избыточным питанием является основным фактором риска возникновения ишемической болезни сердца.

Опорно-двигательный аппарат. Гиподинамия вызывает изменения в опорно-двигательном аппарате: снижение мышечной массы, минерализации костей. По данным Центра гигиенического образования населения, недостаток двигательной активности приводит к атрофии мышц живота, что неблагоприятно сказывается на функции кровообращения, дыхания и пищеварения; развивается слабость скелетных мышц, ведущая к сколиозу.

Обмен веществ и общее состояние. Замедление метаболизма способствует накоплению жировой массы и повышению вероятности увеличения массы тела. Особенно неблагоприятна гиподинамия у детей, поскольку препятствует нормальному развитию организма в целом [4].

2. **Способы компенсации**

Компенсация негативных эффектов сидячего образа жизни должна строиться по двум взаимодополняющим направлениям.

Изменение двигательного режима в течение дня. Для профилактики гиподинамии необходимо увеличение мышечной активности в виде физических нагрузок как в течение рабочего дня, так и в свободное от работы время [1]. Практические рекомендации включают перерывы каждые 45–60 минут с выполнением короткой разминки, ходьбу вместо транспорта на коротких маршрутах, подъём по лестнице вместо лифта. Роль этого фактора повышается с возрастом, поскольку происходит постоянное снижение функциональных резервов организма [1].

Регулярные занятия физической культурой. Исследования подтверждают эффективность программ профилактики гиподинамии, включающих занятия в рамках урочной и неурочной деятельности. Для студентов, проводящих длительное время в положении сидя, особенно важны упражнения на мышцы спины, живота и ягодичной области. В условиях ограниченного времени эффективны короткие комплексы продолжительностью 10–15 минут: наклоны и повороты туловища, приседания, отжимания от опоры, упражнения на растяжение [2].

Производственная гимнастика заслуживает отдельного упоминания как форма физической культуры, непосредственно направленная на компенсацию профессионального сидячего режима. Мышечная деятельность является не только наиболее сильным, но и наиболее естественным стимулятором всех физиологических функций [1].

Заключение

Сидячий образ жизни представляет собой значимый фактор риска для здоровья современного человека. Его негативное влияние проявляется в повышении вероятности сердечно-сосудистых и метаболических нарушений, ослаблении опорно-двигательного аппарата и снижении общей функциональной подготовленности [1; 4]. Ключевой особенностью проблемы является то, что она не может быть решена исключительно за счёт эпизодических интенсивных тренировок: необходимо комплексное изменение двигательного поведения в течение дня.

Средства физической культуры — утренняя гимнастика, производственная физкультура, регулярные аэробные занятия и упражнения на укрепление мышечного корсета — остаются наиболее доступным и научно обоснованным инструментом компенсации гиподинамии. Их эффективность определяется систематичностью и интеграцией двигательной активности в повседневную жизнь.

Таким образом, решение проблемы гиподинамии требует не только личной ответственности, но и организационных мер на уровне работодателей и образовательных учреждений. Внедрение производственной гимнастики, организация активных перерывов и создание условий для двигательной активности в течение рабочего дня способны существенно снизить риски для здоровья сотрудников. Особое внимание следует уделять профилактике гиподинамии среди студентов, поскольку именно в период обучения формируются устойчивые поведенческие привычки. Комплексный подход, объединяющий индивидуальные занятия физической культурой и структурные изменения в организации труда и обучения, обеспечивает наиболее устойчивый и долгосрочный эффект в сохранении здоровья.

Литература:

1. Матюхин В. В., Ямпольская Е. Г. Гиподинамия // Большая российская энциклопедия. — URL: https://old.bigenc.ru.
2. Илькевич Т. Г., Илькевич К. Б., Климова Л. Ю., Иванов Д. А. Программа профилактики гиподинамии у студентов художественных специальностей с применением игр народов России // Ученые записки университета имени П. Ф. Лесгафта. — 2026. — № 6 (256). — С. 27–35.
3. Илькевич К. Б., Кашенков Ю. Б., Илькевич Т. Г. Профилактика гиподинамии средствами физической культуры у студенток на дистанционном обучении // Ученые записки университета им. П. Ф. Лесгафта. — 2021. — № 3 (193). — С. 157–164.
4. Как отражается на здоровье малоподвижный образ жизни // Официальный информационный ресурс. — URL: https://moa.qr-pib.kz.
5. Будем физически активны! // Центр гигиенического образования населения Роспотребнадзора. — URL: https://cgon.rospotrebnadzor.ru.

Разработка и характеристика липосомального пилокарпина для офтальмологического применения

Достан Бибирабига Гайсакызы, студент магистратуры
Актюбинский региональный университет имени К. Жубанова (г. Актобе, Казахстан)

В обзоре рассмотрены современные представления о фармакологии пилокарпина и его ограничениях при традиционном офтальмологическом применении, связанных с коротким временем пребывания на поверхности глаза, быстрой элиминацией и необходимостью частого закапывания. Проанализированы предпосылки использования липосомальных систем как биосовместимой и технологически гибкой платформы для пролонгированной доставки пилокарпина. Описаны основные методы получения и характеристики липосом, приведены данные доклинических исследований по снижению внутриглазного давления и длительности миоза у экспериментальных животных, а также обсуждены вопросы стабильности, лиофилизации и регуляторные аспекты потенциальных офтальмологических лекарственных форм. Показано, что липосомальный пилокарпин способен обеспечить более продолжительный терапевтический эффект при потенциально меньшей частоте инстилляций и лучшей переносимости, что делает эту технологию перспективной как для терапии глаукомы, так и для фармакологической коррекции пресбиопии.

Ключевые слова: *пилокарпин, офтальмология, липосомы, пролонгированная доставка, внутриглазное давление, глаукома, пресбиопия, наноструктурированные лекарственные формы, мюкоадгезия.*

Введение

Пилокарпин остаётся одним из наиболее изученных миотических средств в офтальмологии: он снижает внутриглазное давление за счёт усиления трабекулярного оттока и обеспечивает индуцированный миоз, что позволяет использовать его как при глаукоме, так и при пресбиопии. Однако классические водные растворы пилокарпина обладают рядом ограничений — коротким временем действия на поверхности глаза, быстрой элиминацией слёзной плёнкой, как следствие, необходимостью частого закапывания в относительно высоких концентрациях. Это повышает риск местных холинергических побочных эффектов (жжение, спазм аккомодации, затуманивание зрения) и снижает приверженность терапии, особенно у пациентов пожилого возраста. В связи с этим в последние два десятилетия активно развиваются лекарственные формы пролонгированного действия и наноструктурированные системы доставки, ориентированные на увеличение времени контакта препарата с глазной поверхностью и более контролируемое высвобождение действующего вещества. Среди рассмотренных подходов липосомальные системы выделяются сочетанием биосовместимости, технологической гибкости и потенциала для повышения офтальмологической биодоступности пилокарпина.

1. Липосомы для офтальмологической доставки.

Липосомы — сферические везикулы из фосфолипидного бислоя с холестерином; они инкапсулируют гидрофильные молекулы в водной полости, а липофильные — в мембране [1]. Для глазных капель липосомы обеспечивают — продлённую предроговичную ретенцию [1, 2]. Везикулы взаимодействуют со слёзной плёнкой и эпителием; катионные липосомы прочно связываются с анионной муцинова́й оболочкой, увеличивая время пребывания [3].

Пролонгированное высвобождение: характерен бифазный профиль: начальный частичный выход, затем медленное высвобождение в течение часов [1], что сглаживает пики концентрации. Защиту от деградации: мембрана экранирует от гидролиза и ферментов слёзной плёнки; для пилокарпина это важно из-за гидролиза и эпимеризации в растворе [4].

Биосовместимость: фосфолипиды физиологичны; в доклинических работах даже катионные и мюкоадгезивные покрытия не вызывали значимой токсичности [3]. Поверхность можно модифицировать (например, покрытие хитозаном) для усиления мюкоадгезии или таргетирования [3].

Таким образом, липосомы создают «депо» пилокарпина на поверхности глаза, увеличивая время контакта и абсорбцию и тем самым продлевая снижение ВГД и миоз при меньшей частоте инстилляций.

2. Разработка липосомального пилокарпина: методы и аналитика

Методы получения. Наиболее распространён — метод тонкой плёнки. Фосфолипиды и холестерин растворяют в органике, выпаривают до тонкой плёнки, затем гидратируют водным буфером с пилокарпином (обычно гидрохлорид). Температуру и pH подбирают с учётом стабильности препарата (часто pH 6–7). Получаются многослойные везикулы (MLV), которые уменьшают в размере зондовой сонкацией или экструзией. Несвязанную фракцию удаляют ультрацентрифугированием или диализом [5]. Далее определяют размер, дзетапотенциал, долю инкапсулированного препарата.

Инкапсуляция. Для гидрофильного пилокарпина эффективность инкапсулирования (EE) обычно 30–50 % [4]. На EE влияют соотношение липид и лекарство, состав мембраны (холестерин снижает проницаемость)

и заряд. Сообщались и более высокие значения: модифицированный метод MLV дал EE до 96 % для *pilocarpine* HCl [6]. Однако в целом различия между нейтральными, анионными и катионными липосомами умеренные [6]; покрытие хитозаном (катионный полимер) может снижать кажущуюся EE из-за электростатических взаимодействий [6].

Высвобождение in vitro. Типичен бифазный профиль: 25–35 % за 1–2 ч, затем медленное высвобождение до 60–70 % за 24 ч [2]. Покрытия (например, хитозан) ещё замедляют диффузию [6]. Хотя in vitro значимая доля высвобождается за сутки, in vivo слёзная динамика компенсируется непрерывной «подпиткой» из депо на поверхности глаза.

3. Фармакологические эффекты и переносимость

Инкапсуляция не меняет механизма действия пилокарпина (миоз, сокращение ресничной мышцы), но модифицирует кинетику доставки. В кроличьих моделях липосомальный пилокарпин обеспечивает более медленное наступление и существенно более длительное снижение ВГД по сравнению с раствором.

Сравнение форм (1 % пилокарпина; кролики):

— Раствор: значимое падение ВГД через 6 мин; пик через 30 мин; максимальное снижение 43 %; длительность 2,6 ч; AUC — условная 6,5.

— Гель (карбопол): длительность 4,0 ч; AUC 14,2;

— Липосомы (анионные): начало ~12 мин; пик 60 мин; макс. снижение ~50 %; длительность ≈6,6 ч; AUC 20,8;

— Липосомы (катионные): макс. снижение 53 %; длительность ≈7,8 ч; AUC 23,5.

Выводы

Липосомальный пилокарпин сочетает проверенную фармакологию и современную доставку: по данным за два десятилетия доклиники. Технология обоснованно готова к клиническим исследованиям. При успешном переводе в практику возможны режéе дозирование, более стабильный контроль ВГД и востребованная опция для коррекции пресбиопии.

Литература:

1. Moghimipour, E., Farrokhi, S., & Salimi, A. (2021). Enhanced Corneal Permeation of Pilocarpine Using Liposome Technology. Journal of Kerman University of Medical Sciences, 28(5).
2. Batur, E., Özdemir, S., Durgun, M. E., & Özsoy, Y. (2024). Vesicular drug delivery systems: promising approaches in ocular drug delivery. Pharmaceuticals, 17(4), 511.
3. Rathod, S., & Deshpande, S. G. (2010). Design and evaluation of liposomal formulation of pilocarpine nitrate. Indian journal of pharmaceutical sciences, 72(2), 155.
4. Kuks, P. F., Weekers, L. E., & Goldhoorn, P. B. (1990). Decomposition of pilocarpine eye drops assessed by a highly efficient high pressure liquid chromatographic method. Pharmaceutisch Weekblad, 12(5), 196–199.
5. Mosisa, B., & Birhanu, T. (2017). Applications of liposomes in ophthalmic drug delivery system. World Journal of Pharmacy and Pharmaceutical Sciences, 6, 114–153.
6. Monem, A. S., Ali, F. M., & Ismail, M. W. (2000). Prolonged effect of liposomes encapsulating pilocarpine HCl in normal and glaucomatous rabbits. International journal of pharmaceutics, 198(1), 29–38.

Стационарная реабилитация после ишемического инсульта: результаты программы восстановления опорно-двигательного аппарата

Костомарова Кристина Сергеевна, студент магистратуры
Научный руководитель: Оринчук Вячеслав Анатольевич, кандидат педагогических наук, доцент
Национальный исследовательский Нижегородский государственный университет имени Н. И. Лобачевского

В настоящее время проблема инсульта приобретает социальную значимость. Третье место занимает смертность в результате сосудистых поражений мозга. В результате перенесенного инсульта, человек приобретает тяжелые последствия в виде нарушений речевых, двигательных и других нарушений, приводя к ухудшению качество их жизни.

В России каждый год возникает около 500 тысяч инсультов. Большинство (80 %) инсультов — ишемические — инфаркт мозга, геморрагические инсульты — кровоизлияние в мозг, возникают гораздо реже (около 15 % всех случаев), субарахноидальное кровоизлияние возникает (около 5 % всех случаев).

Лечение и профилактика сосудистых заболеваний нервной системы остаются основной проблемой в клинической неврологии. Главная роль отводится в оказании помощи людям, перенесшим инсульт, принадлежит непре-

рывности реабилитационного процесса. Восстановление утраченных двигательных функций или уменьшение степени двигательных нарушений, а также проведение профилактики инсульта, возможны с включением комплексного лечения средств и методов реабилитации.

Исследование проводилось на базе Центральной городской больнице г. Арзамаса, учреждение, имеющее в составе подразделения различного профиля (отделение стационарного обслуживания, физической реабилитации и др.).

Ключевая работа проводилась в отделении физической реабилитации. В отделении медицинской реабилитации оказывают медицинскую помощь людям с хроническими неинфекционными заболеваниями различного профиля. Структурное подразделение оснастили современной мебелью и оборудованием.

Усилия специалистов направлены на восстановление утраченных функций у пациентов, перенесших инсульты и травматические поражения, страдающих от патологий костно-мышечного аппарата, заболеваний нервной системы и хронических заболеваний бронхо-легочного аппарата. Также в отделении занимаются реабилитационной профилактикой приступов стенокардии, повышая толерантность к физическим нагрузкам у больных с ишемической болезнью сердца. Здесь же доступна реабилитация пациентов с онкологическими заболеваниями в послеоперационном периоде.

В отделении созданы все условия для комплексного восстановления пациентов. Работают:

— Залы для занятий лечебной физкультурой и механотерапии.

— Кабинеты массажа и физиотерапии.

— Приёмная медицинского психолога.

Из методов лечения доступны:

— Ингаляционная терапия и галотерапия.

— Пневмокомпрессия, электросон, миотонии.

— Аппараты магнитотерапии, которые находят широкое применение в восстановлении двигательных функций пациентов, перенесших инсульты.

Зал высокотехнологичной реабилитации оборудован тренажерами:

— Велоэргометр медицинский «Орторент»

— Тренажер реабилитационный для лечения опорно-двигательного аппарата Aidflex-X3 по ТУ 32.50.50–002–01428303–2019

— Динамометр медицинский электронный ручной ЖМЭР-120

— Динамометр становой ДС-500 по ТУ 64–1–817–78

— Комплекс акустический для коррекции психосоматического состояния

— Аппарат лазерный терапевтический «Орион Степ»

— Аппарат лазерный терапевтический MLS с принадлежностями

— Аппарат для пневмомассажера конечностей Puisepress

— Пневмомассажер ПМ по ТУ 9444–010–116–96625–2004

— Платформа для системы стабилографии: Аппарат нейромышечной реабилитации и диагностики HUBER 360 MD

— Экзоскелет для реабилитации ExoAtlet различных типоразмеров по ТУ 32.50.50–001–14576169–2015

— Аппарат для высокочастотной магнитотерапии «ВЧ-МАГНИТ — МедТеКо» по ТУ 9444–020–56812193–2008

— Аппарат для дарсонвализации партативный «Ультратек СД-199»

— Система магнитной нейростимуляции

— Аппарат для СМВ-терапии импульсный «СМВи-200-МедТеКо» по ТУ 9444–021–56812193–2008

— Аппарат физиотерапевтический комбинированного воздействия «АФК-МедТеКо» по ТУ 944–026–56812193–2013

— Устройство электронное «СТАБИЛОТРЕННАЖЕР»

— Система ультразвуковая для физиотерапии

— Аппарат для лечения токами надтональной частоты, местной дарсонвализации, гальванизации и проведения элетрофареза «УльтраДар-ЭМА-Н»

— Аппарат низкочастотной электротерапии многофункциональный «ЭЛЭСКУЛАП-2-МедТеКо»

— Аппарат для многоканальной миостимуляции «НеоСтим-16»

— Аппарат магнитотерапевтический «ПОЛИМАГ-01»

— Имитатор ходьбы «ИМИТРОН»

— Система роботизированная Gloreha для функциональной терапии верхних конечностей

— Аппарат двигательный для роботизированной механотерапии суставов верхних конечностей «ОРТОРЕНТ»

— Тренажер реабилитационный для разработки суставов KinetecCentura

— Тренажер для продолжительной пассивной разработки кистей рук/лучезапястного сустава

— Аппарат для роботизированной механотерапии нижних конечностей «FLEX-F01»

— Лестница-брусья с электронной регулировкой высоты ступеней «Альтерстеп»

— Система реабилитационная интерактивная Nirvana.

Ключевой принцип работы — индивидуальный подход. Программа реабилитации для каждого пациента составляется с учётом его текущего состояния и восстановительного потенциала. В команду специалистов помимо врача-реабилитолога входят терапевт, кардиолог, невролог и хирург.

Нами была разработана программа по восстановлению опорно-двигательных функций после ишемического инсульта на стационарном этапе, которая основана на непрерывности реабилитационного процесса с применением новейших методик реабилитации. В программу мы включили лечебную гимнастику и занятия на тренажерах: Велоэргометр медицинский «Орторент», тренажер реабилитационный для лечения опорно-двигательного аппарата Aidflex-X3, аппарат лазерный терапевтический «Орион Степ», аппарат для пневмомас-

сажера конечностей Puisepress, пневмомассажер ПМ, экзоскелет для реабилитации ExoAtlet различных типоразмеров, система магнитной нейростимуляции, имитатор ходьбы «ИМИТРОН».

Показатели уровня реабилитации	**Экспериментальная группа**	
	До курса	**После завершения курса**
Индекс Бартель	68,6	92,1
Оценка мышечной силы	68,4	84,3
Измерение угла подвижности сустава: плечевого сустава:		
- сгибание	89,7	99
- отведение	89,5	108
- разгибание	46	54
Лучезапястный сустав:		
- разгибание	58	69
- сгибание	49,9	56,9
Тазобедренный сустав:		
- отведение	49	88
- сгибание	40	43
Голеностопный сустав:		
- сгибание	10,9	13,2
- разгибание	32,5	37,3
КДМ	8	15

В результате педагогического эксперимента выявлено, что программа восстановления двигательных функций у людей, перенесших ишемический инсульт, повлияла на их качество жизни.

Литература:

1. Апанель, Е. Н. Основы восстановления нарушенных функций после инсульта / Е. Н. Апанель, А. С. Мастыркин. — Минск: УП Технопринт, 2005 — С. 99–111
2. Белая, Н. А. Лечебная физкультура и массаж / Н. А. Белая. — М.: Советский спорт, 2001 — С. 7–25.
3. Виленский, В. С. Ранняя реабилитация больных, перенесших инсульт. Психосоциальная реабилитация и качество жизни [Текст] / В. С. Виленский. — СПБ.: 2001. — 283 с.
4. Кудряшев. В. Э. Очерки клинической физиологии — оценочные методы [Текст] / В. Э Кудряшев, Г. В. Иванов, Ю. В. Белецкий. — М.: Медицина, 1997. — 85 с.

Особенности диагностики и лечения дефицита витамина B12 при фуникулярном миелозе и полинейропатии (клинические наблюдения)

Лемачко Ольга Ростиславовна, студент;
Антипина Екатерина Олеговна, ассистент
Гродненский государственный медицинский университет (Беларусь)

Представлен ретроспективный анализ двух клинических наблюдений дефицита витамина B12 с поражением центральной и периферической нервной системы. У пациентки 62 лет сочетание сенситивной атаксии, нижнего парапареза, пирамидных знаков, тяжёлой макроцитарной анемии и атрофического гастрита позволило клинически предположить фуникулярный миелоз. У пациентки 38 лет выраженный дефицит B12 установлен при обследовании по поводу подострой сенсомоторной полинейропатии. На фоне заместительной терапии отмечена положительная неврологическая динамика. Обсуждаются раннее распознавание дефицита, ограничения диагностики и необходимость установления его причины.

Ключевые слова: *витамин B12; фуникулярный миелоз; полинейропатия; макроцитарная анемия; клиническое наблюдение.*

Введение

Дефицит кобаламина может сопровождаться нарушениями кроветворения, поражением спинного мозга и периферических нервов. Неврологические проявления не всегда сочетаются с анемией, поэтому нормальные показатели общего анализа крови не исключают B12-дефицитного состояния [2; 3; 5; 9; 10]. Поздняя диагностика увеличивает риск неполного восстановления, а сопутствующие дегенеративные изменения позвоночника могут затруднять распознавание метаболической миелопатии [5; 10].

Цель и методы исследования

Цель работы — на основе двух клинических наблюдений выделить признаки, позволяющие заподозрить дефицит витамина B12 при миелопатии и полинейропатии, и обсудить диагностическую и лечебную тактику.

Ретроспективно проанализирована медицинская документация двух пациенток, госпитализированных в 2025 и 2022 гг. Оценивали жалобы, неврологический статус, лабораторные и инструментальные данные, назначенное лечение и его результаты. Наблюдения сопоставляли с клиническими рекомендациями 2024 г. и тематическими публикациями [2; 4; 9; 10]. Пациентки дали информированное согласие на публикацию обезличенных данных.

Клиническое наблюдение 1

Пациентка Н., 62 лет, в феврале 2025 г. экстренно госпитализирована в терапевтическое отделение с тяжёлой макроцитарной анемией. Жалобы: общая слабость, утомляемость, нарастающая в течение двух месяцев слабость в ногах, особенно в стопах, и пошатывание при ходьбе, усиливающееся в темноте. Кожа и слизистые бледные; функция тазовых органов сохранена.

При осмотре выявлены нижний парапарез со снижением силы до 3 баллов проксимально и 2 баллов дистально, симметричное оживление сухожильных рефлексов, рефлекс Бабинского слева. Пациентка неуверенно выполняла коленно-пяточную пробу, была неустойчива в позе Ромберга при закрытых глазах. Отмечались «штампующая» походка, снижение мышечно-суставного чувства и вибрационной чувствительности в дистальных отделах ног.

По данным эзофагогастродуоденоскопии выявлен атрофический гастрит без эрозивно-язвенных и опухолевых изменений. От колоноскопии пациентка отказалась. МРТ грудного отдела позвоночника показала умеренные дегенеративно-дистрофические изменения без компрессии спинного мозга.

Клиническое наблюдение 1: обследование и лечение

Общий анализ крови: эритроциты — 1,38 × 10^{12}/л, гемоглобин — 63 г/л, гематокрит — 18,7 %, MCV — 135,3 фл, MCH — 45,7 пг, тромбоциты — 101 × 10^{9}/л. Гормоны щитовидной железы в пределах нормы; исследования на сифилис, ВИЧ и вирусные гепатиты отрицательные.

Таким образом, выявлены макроцитарная анемия тяжёлой степени и фуникулярный миелоз с нижним парапарезом и сенситивной атаксией.

Выполнены трансфузии эритроцитарной массы объёмом 300 и 350 мл. Назначены цианокобаламин по 500 мкг внутримышечно ежедневно в течение 10 дней, затем по 500 мкг один раз в неделю; фолиевая кислота по 1 мг три раза в сутки в течение месяца; ипидакрин по 20 мг три раза в сутки, лечебная физкультура и массаж. Приведённая схема отражает фактически проведённое лечение, а не универсальную рекомендацию.

Гемоглобин повысился до 112 г/л, MCV и число тромбоцитов нормализовались. Сила в ногах увеличилась до 4 баллов, уменьшилось пошатывание в позе Ромберга. При этом сохранялись оживление рефлексов и элементы спастико-атактической походки.

Клиническое наблюдение 2

Пациентка И., 38 лет, госпитализирована в неврологическое отделение в августе 2022 г. С мая того же года без очевидных провоцирующих факторов отмечала слабость в стопах и нарушения чувствительности в стопах и кистях [1, с. 20–21]. Выявлены лёгкий нижний дистальный парапарез со снижением силы до 4 баллов, снижение рефлексов с ног и расстройство чувствительности по полиневритическому типу.

Клиническое наблюдение 2: обследование и исход

Электронейромиография (ЭНМГ) выявила отсутствие сенсорных потенциалов действия, снижение амплитуды моторных ответов и скорости проведения по моторным волокнам нервов ног. Проведено расширенное обследование для исключения диабетической, парапротеинемической, паранеопластической, тиреоидной, дизиммунной и инфекционной полинейропатии, в том числе стернальная пункция и исследование ликвора. При эндоскопии выявлен хронический гастрит.

Концентрация витамина B12 в сыворотке составила 60 пг/мл при лабораторном референсном интервале 208–963 пг/мл. Назначен цианокобаламин по 1000 мкг внутримышечно ежедневно семь дней, затем амбулаторно — по 1000 мкг/сут внутрь и фолиевая кислота по 1 мг два раза в сутки. Через месяц увеличилась сила в стопах, уменьши-

лись сенсорные нарушения; по данным ЭНМГ отмечено улучшение проведения по нервам нижних конечностей.

Обсуждение: диагностические ориентиры

В первом наблюдении сочетание нарушения глубокой чувствительности и сенситивной атаксии с парапарезом, гиперрефлексией и патологическими стопными знаками указывало на поражение задних и боковых канатиков спинного мозга. Тяжёлая макроцитарная анемия, тромбоцитопения и атрофический гастрит поддерживали предположение о B12-дефицитной миелопатии [2; 9]. Отсутствие компрессии по данным МРТ уменьшало вероятность компрессионного механизма симптомов.

Во втором наблюдении ключевым результатом стало выявление выраженного дефицита B12 при подострой сенсомоторной полинейропатии. Определение кобаламина на раннем этапе обследования могло бы ускорить установление вероятной причины полинейропатии [4].

Диагностические ограничения и уточнение причины

В первом наблюдении исходная концентрация B12 в доступной документации не приведена. Поэтому этиологическую трактовку следует считать клинически обоснованной, но не полностью подтверждённой лабораторно. Улучшение на фоне комплексного лечения поддерживает диагностическую гипотезу. Выраженная дистальная слабость также требует оценки возможного сопутствующего поражения периферических нервов.

При подозрении на дефицит кровь для определения B12 и других необходимых показателей желательно получить до начала заместительной терапии. Однако при неврологической симптоматике и подозрении на мегалобластную анемию лечение не следует откладывать ради ожидания результатов [9]. В диагностике учитывают клиническую картину, факторы риска и лабораторные данные в совокупности.

При неопределённом результате исследования общего B12 дополнительные тесты, прежде всего определение метилмалоновой кислоты, помогают уточнить наличие функционального дефицита. Гомоцистеин также может использоваться, но его повышение неспецифично и требует учёта других причин, включая дефицит фолатов [9; 10].

У обеих пациенток важно уточнение причины дефицита: эндоскопическое описание гастрита само по себе не доказывает аутоиммунный механизм. При соответствующем подозрении исследуют антитела к внутреннему фактору Кастла; учитывают питание, операции на желудочно-кишечном тракте, лекарственный анамнез и возможное употребление закиси азота [7; 9]. Причина дефицита определяет продолжительность заместительной терапии.

Лечение, наблюдение и реабилитация

При неврологических проявлениях необходима своевременная заместительная терапия кобаламином. Выбор препарата, пути введения, нагрузочной и поддерживающей схемы зависит от тяжести симптомов, причины дефицита и ответа на лечение [2; 9]. При необратимом нарушении всасывания, в частности при аутоиммунном гастрите, может потребоваться пожизненное внутримышечное введение B12 [9].

Фолиевую кислоту не следует использовать вместо кобаламина при подозрении на B12-дефицитное поражение нервной системы; необходимость её назначения оценивают отдельно [5; 10].

Динамическое наблюдение включает оценку общего анализа крови, мышечной силы, чувствительности, походки и способности к повседневной активности. Сохранение или нарастание симптомов требует пересмотра диагноза и лечебной тактики [2; 9]. Реабилитация направлена на восстановление двигательных навыков и равновесия. Прогноз восстановления зависит от исходной тяжести неврологических нарушений [6].

Заключение

Дефицит витамина B12 следует учитывать при сочетании миелопатии или полинейропатии с макроцитозом, цитопенией и заболеваниями желудка, а также при неврологических нарушениях без анемии. Два наблюдения иллюстрируют различные клинические варианты и положительную динамику на фоне лечения. Раннее обследование, уточнение причины дефицита, своевременная заместительная терапия и реабилитация составляют основу рациональной тактики.

Литература:

1. Антипина, Е. О. Клинический случай сенсомоторной полинейропатии на фоне дефицита витамина B12 / Е. О. Антипина, Т. Ю. Орловская // Актуальные проблемы медицины: сборник материалов итоговой научно-практической конференции. — Гродно: ГрГМУ, 2023. — С. 20–21.
2. Витамин-B12-дефицитная анемия: клинические рекомендации. — 2024. — URL: https://apicr.minzdrav.gov.ru/api.ashx?op=GetClinrecPdf&id=536_3 (дата обращения: 15.10.2026). — Текст: электронный.
3. Камчатнов, П. Р. Витамины группы B и заболевания нервной системы / П. Р. Камчатнов, А. В. Чугунов, А. А. Кабанов // Consilium Medicum. — 2022. — Т. 24, № 11. — С. 783–790. — DOI: 10.26442/20751753.2022.11.202017.
4. Полинейропатии: общие принципы классификации, диагностики и лечения / Н. А. Супонева, Д. А. Гришина, Д. А. Грозова, М. С. Казиева // Эффективная фармакотерапия. — 2025. — Т. 21, № 17. — С. 28–34. — DOI: 10.33978/2307–3586–2025–21–17–28–34.

5. Ошибки диагностики и лечение анемии, вызванной дефицитом витамина B12 / В. В. Черепанова, Г. В. Сиднев, Т. М. Конышкина [и др.] // Онкогематология. — 2024. — Т. 19, № 1. — С. 70–82. — DOI: 10.17650/1818–8346–2024–19–1–70–82.
6. Prognostic indicators of subacute combined degeneration from B12 deficiency: a systematic review / D. Jhunjhnuwala, O. Tanglay, N. E. Briggs [et al.] // PM&R. — 2022. — Vol. 14, no. 4. — P. 504–514. — DOI: 10.1002/pmrj.12600.
7. Nitrous oxide-induced subacute combined degeneration of the cord: diagnosis and treatment / A. Paris, L. Lake, A. Joseph [et al.] // Practical Neurology. — 2023. — Vol. 23, no. 3. — P. 222–228. — DOI: 10.1136/pn-2022–003631.
8. Exercise and neuropathy: systematic review with meta-analysis / F. Streckmann, M. Balke, G. Cavaletti [et al.] // Sports Medicine. — 2022. — Vol. 52, no. 5. — P. 1043–1065. — DOI: 10.1007/s40279–021–01596–6.
9. Vitamin B12 deficiency in over 16s: diagnosis and management: NICE guideline NG239. — London: NICE, 2024. — URL: https://www.nice.org.uk/guidance/ng239 (дата обращения: 15.10.2026). — Текст: электронный.
10. Vitamin B12 / B. H. R. Wolffenbuttel, P. J. Owen, M. Ward, R. Green // BMJ. — 2023. — Vol. 383. — DOI: 10.1136/bmj-2022–071725.

Современное решение проблемы антибиотикорезистентности

Останина Екатерина Вадимовна, врач-стоматолог, ординатор
Уральский государственный медицинский университет (г. Екатеринбург)

В современной медицине доступность и неправильное применение антибиотиков, особенно в стоматологии, привели к высокой частоте резистентности бактерий. В статье автор приводит литературный обзор последних научных данных о лечебном и профилактическом использовании бактериофагов.

Ключевые слова: *бактериофаги, антибиотикорезистентность, одонтогенные воспалительные заболевания, фагопрофилактика, фаготерапия.*

Диагностика и лечение бактериальной инфекции являются многовековой задачей клинической медицины. При этом сохраняется высокая частота встречаемости одонтогенных воспалительных заболеваний, которая достигает 76,8 % от количества первичных обращений стоматологических пациентов [6]. Применение антибиотиков с середины XX века было революционным прорывом и бактериальные воспалительные заболевания стали излечимыми, что значительно снизило летальность при их тяжелом течении [9]. В последующем широкая доступность, неправильное и избыточное применение антибиотиков, особенно в стоматологии, привели к резистентности бактерий [2], что признано ВОЗ серьезной мировой проблемой, которая снижает эффективность лечения пациентов, снижает качество медицинской помощи и угрожает безопасности человечества. В таких условиях возрастает актуальность применения альтернативных противомикробных средств, в частности, бактериофагов.

Бактериофаги (греч. phagos — пожирающий, лат. bacteriophaga — разрушающий бактерии) — вирусы бактерий, обладающие способностью специфически проникать в бактериальные клетки, репродуцироваться в них и при выходе потомства вызывать в большинстве случаев разрушение бактерий. [5]

Историческая справка

Впервые о явлении бактериофагии сообщил в 1896 г. британский бактериолог Эрнест Ханкин. Он отметил, что вода рек Индии обладает бактерицидными свойствами в отношении холерных вибрионов. В 1898 г. явление бактериофагии наблюдал русский ученый Н. Ф. Гамалея на примере спонтанного лизиса сибиреязвенных бактерий. Эти вещества, способные разрушать бактерии, автор назвал “бактериолизинами”. В 1915 г. английский бактериолог Ф. Туорт описал феномен “стекловидного перерождения” колоний стафилококков. Он отметил, что некоторые штаммы стафилококка образовывали колонии, которые со временем изменяли свою типичную форму и становились прозрачными. При микроскопическом исследовании прозрачных колоний стафилококков обнаруживались разрушенные бактериальные клетки. Ф. Туорт объяснял это явление существованием бактериолитического фактора, вырабатываемого самими бактериями. [5, 8]

В 1917 г. канадский микробиолог Ф. д’Эрелль при изучении возбудителя дизентерии наблюдал лизис бактериальной культуры при внесении в нее фильтрата испражнений больных людей. Подобный эффект Ф. д’Эрелль наблюдал на плотных питательных средах, засеянных смесью литического агента и дизентерийных бактерий. На основании своих опытов ученый сделал заключение о том, что литический агент является паразитом бактерий, проходящим через фильтры. Этот литический агент был назван бактериофагом (“пожирателем” бактерий), а литическое действие бактериофага — бактериофагией. Кроме того, Ф. д’Эрелль высказал предположение, что бактериофаг размножается внутри микробных клеток, в ре-

зультате чего в окружающую среду поступают многочисленное дочернее потомство. Позднее было установлено, что бактериофаги размножаются только внутри бактерий определенных видов. Это наблюдение позволило использовать бактериофаги в лечебных целях. Ф. д'Эрелль впервые применил бактериофаги для лечения бубонной чумы в Египте и холеры в Индии. [5]

В последующие годы бактериофаги были обнаружены более чем у 100 видов патогенных и непатогенных бактерий. Однако изучение ультраструктуры бактериофагов стало возможным после изобретения электронного микроскопа в 1931 г. [5]

Благодаря сотрудничеству двух великих ученых-микробиологов — француза Феликса д'Эрелля и грузина Георгия Элиавы — в СССР в 1920-х гг. был создан первый и единственный в мире научно-исследовательский центр бактериофагологии. [1, 8]

Бактериофаги советского производства были впервые массово использованы в 1938 г. в нескольких районах Афганистана для лечения эпидемии холеры. [1, 8]

Во время войны с Финляндией в 1939–1940 гг. бактериофаги начали использовать в военной медицине. Раннее начало лечения ран бактериофагом в подавляющем большинстве случаев предупреждало нагноительные процессы в тканях. Освобождение ран от инфекции с помощью бактериофага позволяло хирургам на неделю раньше наложить вторичные швы на рану. Бактериофаги оказались эффективны и при острых воспалительных процессах (флегмонах, тендовагинитах, абсцессах и т. д.), при этом в большинстве случаев лечение было консервативным, без применения обширных разрезов. [1, 8]

В годы Великой Отечественной войны 1941–1945 гг. производство бактериофагов для лечения инфекций у бойцов Красной Армии приобрело массовый характер, также в эти годы впервые реализовали замысел д'Эрелля и начали выпускать комплексные препараты — фаговые коктейли. [1, 8]

После 40-х годов применение и производство фагов снизилось, но, в последние годы, после проявления проблемы резистентности бактерий к антибиотикам, бактериофаги снова начали производиться и использоваться в различных сферах. [1, 3, 5]

К примеру, в период с 2005 по 2010 гг. в США начали использовать бактериофаги в качестве антибактериального компонента в сырах, а далее — во всех готовых к употреблению продуктах. В Великобритании с 2010 г. начали разработку интраназальных мазей и капель для профилактики и лечения внутригоспитальных инфекций, вызываемых метициллин-резистентными *Staphylococcus aureus*. [1, 3]

Исторически сложилось, что СССР занимал лидирующие позиции в области производства и применения лечебно-профилактических бактериофагов. Так, на филиалах ФГУП «НПО «Микроген» Минздравсоцразвития России в Уфе, Перми и Нижнем Новгороде бактериофаги производятся с 40-х годов прошлого века. В России и странах СНГ препараты бактериофагов применяют для профилактики и лечения: [1, 5, 8]

— инфекционных поражений желудочно-кишечного тракта (дизентерия, брюшной тиф, сальмонеллез, дисбактериоз и др.);

— гнойно-воспалительных заболеваний глаз, ушей, носа, ротовой полости, горла, легких (отит, ангина, фарингит, стоматит, пародонтит, конъюнктивит, синусит, пневмония и пр.);

— хирургических инфекций (обработка послеоперационных и гнойных ран, гнойные поражения кожи, перитонит и др.);

— ожоговых ран;

— урогенитальных инфекций (цистит, пиелонефрит, вульвит и пр.).

Классификация бактериофагов

Вирусы бактерий объединены в класс Bacteriophagae. В настоящее время согласно Международной классификации и номенклатуре вирусов в зависимости от типа нуклеиновой кислоты бактериофаги подразделяются на ДНК- и РНК-содержащие. Большинство фагов относится к ДНК-содержащим вирусам с нуклеокапсидом, организованным по принципу смешанной симметрии. В состав бактериофагов может входить как одноцепочечные, так и двуцепочечные молекулы ДНК или РНК. По морфологии фаговых частиц и типу нуклеиновой кислоты бактериофаги распределены на семейства. [5]

По форме бактериофаги подразделяются на следующие морфологические группы или типы:

— нитевидные фаги;

— мелкие фаги без отростка;

— кубические фаги с аналогом (рудиментом) отростка;

— фаги с коротким отростком (хвостом);

— фаги с длинным отростком и несокращающимся чехлом;

— фаги с длинным отростком и сокращающимся чехлом.

По типу антибактериальной активности бактериофаги разделяются на 2 группы:

— Умеренные фаги встраивают свой геном в геном бактерий, размножаются вместе с ними и только спустя некоторое время лизируют бактериальную клетку (лизогенный жизненный цикл)

— Лизирующие (вирулентные) фаги заражают бактериальную клетку и сразу лизируют её (литический жизненный цикл).

Каждый бактериофаг вызывает лизис определённого вида бактерий, а некоторые — определённых типов и даже штаммов. По степени специфичности фаги составляют 3 группы:

— полифаги — активные в отношении нескольких родственных видов бактерий,

— монофаги — растворяющие микробы одного вида,

— типовые фаги — лизирующие только определённые типы данного вида бактерий. [5]

Практическое применение бактериофагов

Фагопрофилактика — это предупреждение бактериальных инфекций путем применения бактериофагов. В профилактических целях бактериофаг используется в тех случаях, когда возбудитель известен. Фагопрофилактика проводится в комплексе с другими методами. В настоящее время по эпидемическим показаниям фагопрофилактику проводят только при дизентерии и брюшном тифе. Фагопрофилактика имеет ряд преимуществ: возможность использования в больших количествах, быстрота действия, легкость введения, полная безвредность. [5]

Фаготерапия — это способ лечения некоторых бактериальных инфекций специфическими бактериофагами. При использовании бактериофагов в лечебных целях предварительно определяют чувствительность возбудителей к данному бактериофагу. В настоящее время применение фагов с лечебной целью проводится редко. Это связано с широким применением антибиотиков и возрастанием количества фагоустойчивых бактерий. При лечении часто используют смесь из разных фагов. Для профилактического и терапевтического применения бактериофаги выпускаются в виде таблеток, жидких форм, гелей. [5]

Бактериофаги в стоматологии

В стоматологии использование бактериофагов возможно в комплексном лечении инфекционно-воспалительных заболеваний. В том числе при лечении воспалительных заболеваний пародонта. Произведено множество лабораторных и клинических исследований, направленных на изучение эффективности бактериофагов к пародонтопатогенным бактериям. Лабораторные доклинические исследования, в основном, проводились на мышах, и во всех исследованиях подтверждалась высокая литическая активность бактериофагов. Клинические исследования также подтвердили эффективность фагов и целесообразность их использования в комбинированной терапии воспалительных заболеваний. В частности, Е. Г. Михайлова разработала методические рекомендации по применению препаратов на основе бактериофагов в комплексной терапии хронического генерализованного пародонтита различной степени тяжести и стоматитов бактериальной этиологии, а также в качестве профилактического средства до и после операций во избежание вторичного инфицирования. В своих исследованиях Е. Г. Михайлова использовала стоматологические гели, содержащие комплекс фаговых частиц: смесь фаголизатов стафиллококкового, стрептококкового, волинельного, актинобацилярного бактериофагов. К. Е. Исаджанян с успехом применяла у пациентов с пародонтитом и гингивитом отечественный стоматологический гель «Фагодент», включающий в 56 видов фагов к 18 патогенным микроорганизмам. Группа ученых Волгоградского государственного медицинского университета во главе с Н. А. Олейник проводили исследование препарата «Секстафаг», применяя его с целью профилактики воспалительных осложнений после удаления нижних третьих моляров. Препарат хорошо показал себя в качестве средства профилактики и лечения, в исследовании проводилось сравнение с антибактериальными препаратами, были установлены статистически значимые межгрупповые различия в составе микробиоты полости рта. По данным исследования, препарат «Секстафаг» эффективен в отношении Staphylococcus aureus spp., Streptococcus pyogenes spp., Streptococcus haemolyticus spp., Pseudomonas spp., Streptococcus salivarius spp., но показал низкую эффективность в отношении Veillonella spp. Данная группа микроорганизмов не является целевой для «Секстафага». Замечено также, что у пациентов с назначением бактериофага не наблюдался рост Candida spp. Ученые сделали вывод, что используя бактериофаги можно исключить применение антибиотиков при наличии агрессивных микроорганизмов St. Aureus, St. pyogenes, St. heamoliticus и др. Применение бактериофага в послеоперационном периоде удаления зуба в качестве профилактического средства повышает эффективность лечения, снижает риск развития послеоперационных осложнений и имеет ряд преимуществ над антибиотикотерапией. [4]

Применение бактериофагов изучают не только в лечении воспалительных заболеваний, в 2020 г. вышла работа об опыте применения препарата «Фагодент» для индивидуальной профилактики кариеса у детей. В исследовании участвовали 30 детей 7–12 лет с декомпенсированным течением кариеса и подтверждённым дисбиозом. После курсового применения снизились показатели обсеменённости полости рта кариесогенными микроорганизмами (по тесту CRT-bacteria и индексу гигиены Грина—Вермиллиона), и этот эффект сохранялся при наблюдении в течение 3 месяцев. [7]

Заключение

Изучив литературу, можно сделать вывод, что бактериофаги являются перспективным решением проблемы антибиотикорезистентности. Бактериофаги имеют ряд преимуществ, перед антибиотиками: [2, 4, 5]

1) Не вызывают аллергии, не противопоказаны беременным и кормящим женщинам и детям.

2) Действуют специфично, не влияют на нормальный микробиом человека.

3) Высоко эффективны в комплексной терапии хронических бактериальных инфекций, хорошо работают в отношении биопленок.

4) Не вызывают стойкой резистентности. [4, 5]

Тем не менее, стоит также отметить и причины, которые усложняют повсеместное применение бактериофагов:

1) Перед применением необходимо точно определить возбудителя инфекции.

2) Необходимо использовать «фаговые коктейли», так как воспалительные заболевания в челюстно-лицевой об-

ласти, как правило, обусловлены смешанной бактериальной инфекцией.

3) Бактериофаги являются вирусами, они могут быть идентифицированы иммунной системой пациента как потенциальный антиген и по этой причине могут быть быстро удалены из системного кровотока до момента их накопления в печени или селезёнке, либо они могут быть инактивированы механизмами приобретённого иммунитета.

Развитие механизмов резистентности бактериальной клеткой-хозяином в результате мутации, селекции или умеренного поглощения фагов может привести к снижению эффективности фагов. Для определения степени безопасности и возможности использования фаготерапии в повседневной практике при лечении воспалительных заболеваний челюстно-лицевой области необходимо проведение клинических исследований. [4, 5]

Литература:

1. Горшенин А. В. Фаги атакуют. Отечественная история производства и применения бактериофагов / А. В. Горшенин // Наука из первых рук. — 2016. — № 5–6. — С.70.
2. Дрегалкина А. А. Современные аспекты антибактериальной терапии в практике врачей стоматологов-хирургов и челюстно-лицевых хирургов / А. А. Дрегалкина, И. Н. Костина // Проблемы стоматологии. — 2017. — № 2. — С.39–44.
3. Журавлев И. Е. Бактериофаги: от прошлого к будущему в микробиологии и медицине / И. Е. Журавлев // Биология — наука XXI века: сб. тезисов. — Пущино, 2025. — С. 270–271.
4. Кучмина М. В. Возможности фаготерапии в стоматологии / М. В. Кучмина, А. Ю. Туркина, Ю. О. Парамонов // Российский стоматологический журнал. — 2018. — № 2. — С.107–110.
5. Литусов Н. В. Бактериофаги: учебное пособие / Н. В. Литусов — Екатеринбург, 2012. — 38 с.
6. Огнев М. Ю. Статистический анализ распространенности воспалительных заболеваний челюстно-лицевой области у взрослых пациентов / М. Ю. Огнев, И. Н. Костина // Инновационные технологии в стоматологии: сб. трудов. — Омск, 2017. — С.353–356.
7. Опыт эффективности бактериофагов в профилактике кариеса у детей / С. Д. Сысоева, Е. С. Иощенко, Т. Н. Стати, Е. В. Брусницына, Т. В. Закиров, Н. В. Ожгихина, Е. С. Бимбас, И. А. Замятина, В. Н. Вольхина, И. А. Рылова // Проблемы стоматологии. — 2020. — № 2. — С.88–92.
8. Попова А. К. История изучения бактериофагов в СССР: строительство института бактериофагов в Тбилиси / А. К. Попова, М. А. Кожевников // Молодой ученый. — 2019. — № 52. — С.207–211.
9. Сусоева А. В. Результаты стартовой эмпирической антибактериальной терапии одонтогенного медиастинита / А. В. Сусоева, И. Н. Костина // Актуальные вопросы современной медицинской науки и здравоохранения: сб. трудов. — Екатеринбург, 2016. — С. 2510–2514.

ЭКОЛОГИЯ

Ландшафтно-экологический анализ экосистем Самур-Яламинского национального парка (Азербайджан)

Холина Татьяна Александровна, кандидат биологических наук, преподаватель;
Исмаилов Микаил Эльчин оглу, студент
Бакинский государственный университет (Азербайджан)

В статье выполнен ландшафтно-экологический анализ экосистем Самур-Яламинского национального парка, расположенного в Хачмазском районе Азербайджана. Рассмотрены физико-географические предпосылки формирования уникального равнинного лианового леса в дельте реки Самур, структура ландшафтов, биоразнообразие, гидрологический режим и антропогенные трансформации. Показано, что ключевым лимитирующим фактором устойчивости экосистем является водный режим, определяемый стоком р. Самур, уровнем грунтовых вод и колебаниями уровня Каспийского моря. По данным дистанционного зондирования 1984–2019 гг. зафиксировано снижение сомкнутости древостоя и замещение густых лесов редкостойными лесокустарниковыми формациями. Обоснованы направления охраны, мониторинга и экологического туризма.

Ключевые слова: *Самурский лес, ландшафтная экология, дельта, лиановый прибрежный лес, биоразнообразие, деградация лесов*

Введение

Самур-Яламинский национальный парк — один из самых молодых и одновременно наиболее уязвимых охраняемых природных территорий Азербайджана. Он был создан 5 ноября 2012 г. распоряжением Президента Азербайджанской Республики на землях государственного лесного фонда Хачмазского района площадью 11 772,45 га. Основной целью создания Самур-Яламинского национального парка являлось сохранение биоразнообразия природных комплексов прибрежной зоны Каспия, а также развитие экологического туризма.

Актуальность ландшафтно-экологического анализа обусловлена уникальностью природных условий территории: в условиях полупустынного климата с годовыми осадками 250–350 мм на побережье здесь сохраняется влаголюбивый широколиственный лес, который без дополнительного увлажнения существовать не мог бы. Этот лес — реликт более влажных эпох, сохранившийся благодаря гидрологическому режиму дельты р. Самур. Понимание того, как связаны климат, гидрология, почвы, растительность и антропогенная нагрузка, необходимо для прогноза устойчивости парка в условиях изменения климата и падения уровня Каспия.

Предметом исследования выступают ландшафтные комплексы парка как сопряженные системы компонентов природы. Методы — анализ литературных источников, сопоставление ландшафтных классификаций, интерпретация данных дистанционного зондирования, опубликованных в рецензируемых работах, и ландшафтно-экологическая диагностика по ключевым факторам — воде, климату, почвам и степени нарушенности.

Парк расположен на северо-востоке Азербайджана, в Хачмазском районе, на границе с Российской Федерацией (Дагестан), вдоль западного побережья Каспийского моря, в координатах около 41°48′50″ с.ш. и 48°34′50″ в.д. [3]. Абсолютные высоты изменяются от −27 м на побережье до 75 м во внутренних частях территории, что соответствует низменной аккумулятивной равнине дельты р. Самур и прибрежной полосе. Именно низкое гипсометрическое положение определяет тесную связь экосистем с уровнем моря и грунтовыми водами.

В геоморфологическом отношении территория представляет собой молодую аллювиально-морскую равнину, сложенную песками, суглинками и глинами. Почвы изменяются от песчаных на побережье до глинистых во внутренних участках. Такая пестрота почвенного покрова — одно из условий мозаичности ландшафтов: на песчаных субстратах формируются разреженные кустарниковые и полупустынные сообщества, на суглинистых и глинистых — сомкнутые леса. По берегам мелких речек, пересекающих низменность, растут ольховые и ивовые леса. В составе лесов встречаются также вяз пробковый, вяз мелколистный, клен красивый, клен восточный. В рав-

нинных лесах из кустарниковых пород распространены жостер Палласа, боярышник открытый, бирючина, ежевика черная, а из дикоплодовых — барбарис обыкновенный, гранат дикий, кизил обыкновенный, терн колючий, сумах, виноград лесной, айва обыкновенная, груша иволистная, груша лесная, яблоня лесная, мушмула, алыча, виды боярышника, ежевика, виды шиповника и др. [10].

Климат территории изменяется от умеренно теплого полупустынного на побережье к более влажному во внутренних районах. Среднегодовая температура воздуха 13 °C. На побережье осадков выпадает менее 350 мм в год, во внутренних зонах — более 450 мм. Испаряемость высокая, примерно в 2 раза превышает количество осадков [6].Такой гидротермический режим сам по себе не способен поддерживать густой умеренный лес. Климатические показатели соответствуют полупустынным ландшафтам. Ключевым объяснением существования леса является не климат, а гидрология.

Река Самур — трансграничная река, берущая начало в горах Дагестана и впадающая в Каспийское море несколькими рукавами. Ее дельта формирует основу парка. Здесь же проходит Самур-Абшеронский канал, построенный для водоснабжения Баку и орошения, что кардинально изменило распределение стока. Вода Самура используется для питьевого водоснабжения, орошения и промышленности, а часть стока перехватывается каналами и водозаборами.

Для экосистемы леса решающее значение имеют паводковый режим, уровень грунтовых вод и подпитка из русел и проток. Сезонные паводки обновляют аллювиальные почвы, выносят питательные вещества и поддерживают высокую влажность воздуха в пологе леса. Снижение водности из-за водозаборов, зарегулирования стока и климатических изменений приводит к иссушению подлеска, гибели лиан и смене влаголюбивых видов более засухоустойчивыми. Строительство каналов и отвод воды снижает влажность леса, лианы высыхают и погибают.

Параллельно действует фактор Каспия. Уровень моря с 1995 г. начал снижаться, с 2006 по 2024 г. падение составило около двух метров, достигнув рекордно низкой отметки около –29 м [1]. Прогнозы на конец XXI века оценивают падение на 9–18 м, что сократит площадь моря примерно на четверть. Для парка это означает отступление береговой линии, изменение гидрогеологических условий в прибрежной полосе, засоление и трансформацию литоральных ландшафтов. В перспективе падение уровня приведет к противоположному эффекту — осушению мелководий и лагун, важных для птиц и рыб.

Таким образом, гидрологический режим парка находится под двойным прессом: со стороны реки (водозабор и регулирование) и со стороны моря (колебания уровня). Это делает водный баланс центральным объектом мониторинга.

На основе ландшафтной классификации, выполненной с применением ArcGIS, в парке выделяются пять основных типов ландшафтов [7].

Эта структура показывает доминирование лесных ландшафтов (77,5 % или 9125 га от общей площади парка), но при этом заметную долю антропогенно трансформированных территорий (8,7 %, или 1024 га) и сухих ландшафтов (кустарниково-сухостепных и полупустынных), окружающих лес узкой полосой вдоль побережья и на юге — 12,7 %, или 1485 га.

В более общей типологии выделяют литоральные, лесные, лесокустарниковые, кустарниковые и аридные степные ландшафты. По направлению от моря вглубь материка происходит смена песчаных литоральных комплексов на лесные и затем сухостепные; по направлению от русел и протоков к междуречьям — смена влажных

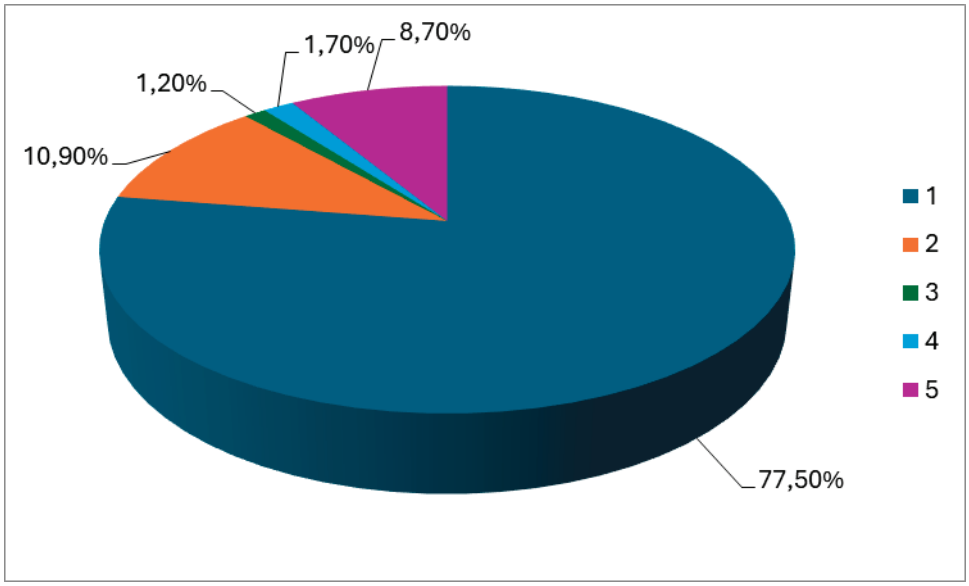


Рис. 1. **Типы ландшафтов Самур-Яламинского национального парка. 1 — лесной; 2 — кустарниково-сухостепной; 3 — лесокустарниковоый; 4 –полупустынный; 5 — поселения и рекреационные комплексы**

пойменных лесов (тугайных формаций с тополем, ольхой и ивой) на более сухие дубово-грабовые леса [6].

Лесная экосистема парка — это наиболее ценный компонент. В ней преобладают широколиственные породы: каштанолистный дуб (*Quercus castaneifolia*), персидское железное дерево (*Parrotiapersica*), а также граб, бук, вяз, липа, тополь и ива в поймах [10]. Подлесок отличается высокой плотностью и наличием лиан, что придает лесу черты субтропического реликтового леса. Именно лиановый характер — сочетание древесного полога, густого подлеска и вьющихся растений — делает Самурский лес самым северным естественным лиановым лесом такого типа и реликтом более теплых климатических эпох. Самур-Яламинский парк отличается большим разнообразием растительного и животного мира, здесь выявлено до 254 видов фауны, 136 видов птиц, 18 видов пресмыкающихся, 36 видов млекопитающих. Из 800 видов флоры 650 видов представляют собой высшие растения, некоторые из которых внесены в Красную книгу Азербайджана [7].

В южной и прибрежной частях леса сменяются кустарниковыми и полупустынными сообществами, где доминируют засухоустойчивые кустарники, полынь и эфемеры. Литоральные ландшафты представлены песчаными пляжами, дюнами и прибрежными водно-болотными угодьями, служащими местом остановки мигрирующих птиц.

Несмотря на охранный статус, лесной покров парка сокращается. Анализ динамики по индексу NDVI на основе снимков Landsat 5 TM и 8 OLI за 1984–2019 гг. показал отрицательную динамику: густые лесные массивы постепенно замещаются редкостойными лесокустарниковыми формациями. Общее состояние лесов ухудшилось и соответствует категории умеренно здоровых лесов, а при сохранении темпов снижения в ближайшие десятилетия леса перейдут в категорию слабо здоровых [2, 5].

Основными причинами трансформации лесных комплексов являются снижение обводненности дельты вследствие водозабора, падение уровня грунтовых вод; выпас скота и вырубка; туризм и рекреация.

Первичный лесной покров был нарушен и разрежен еще до создания парка вследствие длительного сельскохозяйственного использования, и в настоящее время преобладают культурные (антропогенные) типы ландшафтов. Во всех частях Самур-Шабранской низменности в результате деятельности человека первичные леса подверглись большим изменениям. В результате этого наряду с культурными ландшафтами широко распространилась и производная растительность. К ней относятся порослевые дубовые и грабовые леса, кустарники, солончаки на участках, где лес уничтожен, и т. д. А эти группы производной растительности отличаются в несколько раз меньшей продуктивностью по сравнению с первичным лесным покровом. В настоящее время более 60 % площадей лесов относится к 3-й степени дигрессии (изменения лесной среды средней степени, при которой требуется значительное регулирование рекреационной нагрузки), происходит смена ценных пород. Следовательно, задачей парка является не только сохранение, но и восстановление экосистем [9, 11, 12].

. Рекреационный потенциал парка высок благодаря сочетанию леса с редкими видами дуба, граба, ольхи и лианового леса, близости моря, большого числа солнечных дней и транспортной доступности от Баку и Сумгайыта. В парке действуют пять экологических маршрутов, организуются краткосрочные экологические туры. Однако экотуризм в парке слабо организован и часто воспринимается не как природопознавательный, а только рекреационный. Главная угроза не туристы как таковые, а нерегулируемость. Биоразнообразие страдает от нерегулируемого развития туристической инфраструктуры [11]. Часть уникальных равнинных лесов занята населением и туристическими объектами, редкие деревья усыхают, плодовые деревья и кустарники нижнего яруса уничтожены. На тропах исчезает подстилка, почва уплотняется, падает пористость и водопроницаемость, страдают корни и почвенная фауна. Без регулирования рекреационной нагрузки туризм сам становится фактором деградации.

Ландшафтно-экологический анализ позволяет сформулировать следующие приоритетные направления по охране экосистем парка:

— Гидрологический мониторинг. Постоянный контроль стока р. Самур, уровня грунтовых вод, качества воды в ручьях и протоках, а также уровня Каспия. Необходимы экологические попуски, гарантирующие обводнение пойменных лесов в критические периоды.

— Восстановление лесного покрова. Лесовосстановление на деградированных участках, ограничение выпаса и фрагментации, переход от редкостойных формаций к сомкнутым лесам.

— Зонирование. Выделение зон строгой охраны (ядро реликтового леса), регулируемой рекреации и буферной зоны, где сельское хозяйство и туризм должны быть согласованы с целями парка.

— Трансграничное сотрудничество. Экосистема Самурского леса едина по обе стороны границы Азербайджан–Россия, поэтому эффективное управление требует координации с Самурским заказником в Дагестане.

— Регулярная оценка состояния лесов по спутниковым данным.

— Устойчивый экотуризм. Организация маршрутов, информационных знаков, кемпингов, образовательных программ и вовлечение местных сообществ, чтобы туризм приносил не вызывал дальнейшую деградацию экосистем парка.

Заключение

Самур-Яламинский национальный парк — это ландшафтно-экологическая система, в которой лес существует вопреки климату благодаря воде. Дельта р. Самур, грунтовые воды и Каспийское море формируют особый гидротермический режим, поддерживающий реликтовый

лиановый лес, богатую фауну и водно-болотные угодья. Ландшафтная структура парка (77,5 % лесов, 10,9 % кустарниково-сухостепных, 8,7 % поселений и рекреации) отражает как природную мозаичность, так и антропогенную трансформацию.

Устойчивость парка определяется водным режимом. Снижение стока, падение уровня Каспия и рост рекреационной нагрузки усиливают процесс замещения густых лесов редкостойными формациями. Без гидрологического мониторинга, зонирования и трансграничного сотрудничества уникальный лес дельты Самура может утратить свою реликтовую структуру уже в ближайшие десятилетия. При этом парк обладает значительным потенциалом как модель устойчивого природопользования, где экотуризм, научные исследования и охрана природы могут быть согласованы в рамках единого ландшафтного подхода.

Литература:

1. Aliyev, S. A. Changes in the level of the Caspian sea in the modern period // THE Reports of National Academy of sciences of Azerbaijan. — 2024. — Volume LXXX, № 1–2. — P.14–29.
2. Analysis of the forest covers dynamics in the Samur-Yalama National Park of Azerbaijan / Y. Abiyev, F. Karsli, S. Gumus, F. Seyfullayev. // Forest Engineering and Technologies. — 2020. — № 6(1). — С. 23–30.
3. Atlas of Ecology. Azerbaijan Republic. Baku: Baku Cartography Facility. — 2009. — 156 p.
4. Change in soil density in the forests of the forest park Samur-Yalama under the influence of recreational loads / N. I. Ismailov, G. J. Alieva, P. M. Ismailova, H. E. Isaeva. // Proceedings of the Central Botanical Garden of ANAS. — 2018. — № XVI. — С. 277–283.
5. Forest Monitoring of Khachmaz District of Azerbaijan, Principles, and Methods / K. K. Asadova, R. T. Abdiyeva, N. P. Mehdiyeva, zade V M Ali. // Biodiversity Conservation Materials: VII International Scientific Conference. —, 2019. — С. 158–159.
6. Sadullayev R. R. Anthropogenic Transformations in Natural Landscapes of the Great Caucasus/ R. R. Sadullayev, G. G. Ahmadova, N. N. Abasova and I. F. Aktoprak // Acta Scientific Agriculture. — Volume 8. — Issue 7. — 2024. — P.2–7.
7. Namazova, A. M. Tourism potential of Samur-Yalama national park and ways to use it / A. M. Namazova. // Учёные записки Крымского федерального университета имени В. И. Вернадского. География. Геология. — 2021. — № Том 7 (73). № 3. — С. 181–188.
8. Красная книга Азербайджана. Флора. — 3-е изд. —, 2023. — 511 с.
9. Мониторинг состояния растительности полосы Самур-Дивичинской прикаспийской низменности / К. К. Асадова, Б. М. Али-заде, Р. Т. Абдиева [и др.]. // AMEA Botanika İnstitutu və Azərbaycan Botaniklər Cəmiyyətinin akademik Vahid Cəlal oğlu Hacıyevin 90 illiyinə həsr edilmiş Konfrans materialları. — Bakı, 2017. — С. 252–254.
10. Мамедов, Г. Ш. Леса Азербайджана / Г. Ш. Мамедов, М. Ю. Халилов. — Баку: Элм, 2002. — 472 с.
11. Холина, Т. А. Об охране субтропических лесных экосистем Хачмазского района / Т. А. Холина, Ф. Т. Талыблы. // Евразийское Научное Объединение. — 2021. — № 7 (77). — С. 55–57.
12. Kholina, T. A. Environmental aspects of ecosystem protection of the coastal forests of the Samur-Yalama national park / T. A. Kholina, M. E. Ismailov // Polish journal of science. — 2026. — № 104. — P.29–32.

1

Молодой ученый

Международный научный журнал

№ 46 (649) / 2026

Выпускающий редактор Г. А. Письменная

Ответственные редакторы Е. И. Осянина, З. А. Огурцова

Художник Е. А. Шишков

Подготовка оригинал-макета М. В. Голубцов

За достоверность сведений, изложенных в статьях, ответственность несут авторы.

Мнение редакции может не совпадать с мнением авторов материалов.

При перепечатке ссылка на журнал обязательна.

Материалы публикуются в авторской редакции.

Журнал размещается и индексируется на портале eLIBRARY.RU, на момент выхода номера в свет журнал не входит в РИНЦ.

Свидетельство о регистрации СМИ ПИ № ФС77-38059 от 11 ноября 2009 г., выдано Федеральной службой по надзору в сфере связи, информационных технологий и массовых коммуникаций (Роскомнадзор).

ISSN-L 2072-0297

ISSN 2077-8295 (Online)

Учредитель и издатель: ООО «Издательство Молодой ученый». 420029, Республика Татарстан, г. Казань, ул. Академика Кирпичникова, д. 25, пом. 1, 3, 4, 5, 6.

Номер подписан в печать 25.11.2026. Дата выхода в свет: 02.12.2026.

Формат 60×90/8. Тираж 500 экз. Цена свободная.

Почтовый адрес редакции: 420140, Республика Татарстан, г. Казань, ул. Юлиуса Фучика, д. 94А, а/я 121.

Фактический адрес редакции: 420029, Республика Татарстан, г. Казань, ул. Академика Кирпичникова, д. 25, пом. 1, 3, 4, 5, 6.

E-mail: info@moluch.ru; https://moluch.ru/

Отпечатано в типографии издательства «Молодой ученый», 420029, Республика Татарстан, г. Казань, ул. Академика Кирпичникова, д. 25, пом. 1, 3, 4, 5, 6.