ISSN 2072-0297

МОЛОДОЙ УЧЁНЫЙ

МЕЖДУНАРОДНЫЙ НАУЧНЫЙ ЖУРНАЛ

13
2026
ЧАСТЬ I

16+

Молодой ученый

Международный научный журнал

№ 13 (616) / 2026

Издается с декабря 2008 г. Выходит еженедельно

Главный редактор: Ахметов Ильдар Геннадьевич, кандидат технических наук

Редакционная коллегия:
Жураев Хуснiддин 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

© 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 изображена *Вангари Маатаи* (1940–2011), кенийский эколог, активистка природоохранного движения.

Вангари Маатаи родилась в Ньери (Кения) и получила международную известность в ходе кампаний против «антилесных инициатив» правительства Кении в 1980–1990-х годах. Основанное ею движение «Зеленый пояс» сегодня действует на всем Черном континенте, что заметно преобразило его облик. Участвуют в этом движении беднейшие женщины страны, все эти годы организующие общественные лесопосадки. Для Кении важно каждое дерево, причем не только для сохранения экосистемы и рек, но и для обеспечения дровами, поскольку почти 90 % сельского населения используют их для приготовления пищи. Участники движения организуют питомники для выращивания саженцев, которые потом бесплатно раздают всем желающим.

Благодаря деятельности Вангари Маатаи удалось приостановить превращение африканских лесов в пустыню. За 25 лет члены этого общественного движения посадили около 30 миллионов деревьев, пытаясь противостоять вырубкам лесов, которые приобрели в Африке массовый характер и часто сопровождаются трагическими переменами в привычном укладе жизни местного населения, вызванными, в частности, наступлением пустынь из-за уничтожения лесов. Движение Вангари Маатаи изменило экологическую политику на целом континенте. Так, в 1989 году оно вынудило власти Кении отказаться от планов сооружения небоскребов в Ухуру — центральном парке Найроби.

За годы яростной борьбы с губителями родной природы Вангари многократно угрожали смертью, ей довелось побывать в тюрьме, она трижды подвергалась нападениям. Последнее покушение на ее жизнь произошло в 1999 году, когда вместе с соратниками она сажала деревья на территории, вырубленной под застройку. Впрочем, недоброжелателей у нее все-таки было меньше, чем сторонников. Ее организацию знают на всех континентах и активно поддерживают частные фонды из Соединенных Штатов, правительства Австралии и Нидерландов.

Вангари Маатаи получила образование в США и стала первой женщиной в Центральной и Восточной Африке, получившей ученую степень (доктор наук в области ветеринарии), а также первой женщиной, возглавившей факультет университета. Маатаи — первая в истории африканка, удостоенная Нобелевской премии. Впервые на столь же высоком уровне получило признание и само «зеленое движение», уже давно ставшее весьма влиятельной силой в современном мире.

Вангари Маатаи одна вырастила пятерых детей и при этом активно участвовала в политической жизни страны. Еще в 1964 году, основав Национальный совет женщин Кении, активистка долгое время возглавляла его, выступала против прежнего реакционного режима в Кении, привлекая внимание к ситуации в стране на международном уровне. Она активно боролась за установление демократии в своей стране, совмещая работу в области экологии с политикой.

В 2002 году Вангари с подавляющим преимуществом победила на выборах в парламент Кении. На проходивших затем президентских выборах она заявила, что кандидат от оппозиционной партии поддерживает природоохранное движение, чем резко подняла его рейтинг, и заставила президента предпринять конкретные шаги по улучшению экологической обстановки, чтобы не разочаровать выбравшее его население. А в следующем году назначенный президентом Кибаки министр окружающей среды Ньютон Кулунду сделал Вангари Маатаи своим заместителем.

Как отметил Нобелевский комитет, «профессор Маатаи объединила научную работу, социальную борьбу и активную политику в единое целое. Она пример и источник жизненной силы для каждого в Африке, кто борется за устойчивое развитие, демократию и мир». Ее работа — больше чем защита окружающей среды. Такая стратегия должна укрепить само основание экологической политики страны. Методы Маатаи приняты на вооружение рядом стран африканского континента. Фактически она была духовным лидером борьбы за экологические и социальные права людей, живущих между Египтом и ЮАР. В 2004 году Маатаи была удостоена престижной международной экологической премии «за многолетнюю бесстрашную борьбу в защиту окружающей среды, за права человека и социальную справедливость, человеческое достоинство и демократию».

Маатаи была автором нескольких книг и внесла значительный вклад в размышления об экологии, развитии и гендере в соотношении с африканскими культурами и религиями.

В знак признания большого вклада Вангари Маатаи, в 2009 году генеральный секретарь ООН Пан Ги Мун назначил ее посланником мира по вопросам окружающей среды и изменения климата. Эту работу она выполняла эффективно и с энтузиазмом до своей смерти 25 сентября 2011 года.

Информацию собрала ответственный редактор
Екатерина Осянина

СОДЕРЖАНИЕ

ХИМИЯ

Горшкова П. С.
Влияние ванадия на процесс фазообразования нефтяной дисперсной системы 1

ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

Кучаева Д. Т.
Исследование методов машинного обучения для персонализации пользовательского опыта в мобильных приложениях 3

Нечаев С. И., Слободина Ю. С., Васина П. С.
Микросервисная и монолитная архитектуры: сравнительный анализ в контексте малого бизнеса 6

Uskenbaeva R. K.
AI-Driven Anomaly Detection in Critical Infrastructure: Evaluating Emerging Frameworks and Predictive Models 10

ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ

Beklemishev A. P.
AI-enhanced self-adaptive nanocoatings for pipeline corrosion protection 14

Ёрбеков С. И.
Эффективность искусственного интеллекта в механике твердого тела 18

Лукин А. А.
Влияние технологических процессов на миграцию микропластика при производстве молочных продуктов 21

Лукин А. А.
Микропластик в мороженом: источники, пути миграции и меры контроля 23

Лукин А. А.
Пути поступления микропластика из пищевой промышленности в окружающую среду 25

Маслов А. С.
Разработка системы высадки рассады для автоматизированного многоцелевого овощеводческого комплекса 30

Ширяевский М. А.
Снижение электропотребления при работе водогрейных котельных, оснащенных наддувными горелками 32

АРХИТЕКТУРА, ДИЗАЙН И СТРОИТЕЛЬСТВО

Дубровин В. А.
Конструктивные решения для строительства дорог на болотах 35

Иванова А. П.
Принципы агроурбанизма как основа трансформации периферийных районов 36

Тихомиров А. Ю.
Отопление и вентиляция производственного здания: проблемы, современные решения и методы повышения эффективности систем 39

МЕДИЦИНА

Асташева А. Р.
Значение возрастных особенностей рентгеноанатомических исследований как объекта исследования современной медицинской науки (обзор литературы) 42

Барсуков А. М., Шустаева М. П.
Эффективность акатинола мемантина в комплексной терапии деменции (на фоне синдрома Шиена — Симмондса): клинический случай 45

Варфоломеева Е. С.
Многолетний эпидемиологический анализ заболеваемости сахарным диабетом в Российской Федерации 56

Комиссарова К. А.
Качество и доступность оказания медицинской помощи взрослому населению 57

Тошпулатова О. Б.
Связь заболеваний полости рта с общим состоянием организма 60

ХИМИЯ

Влияние ванадия на процесс фазообразования нефтяной дисперсной системы

Горшкова Полина Сергеевна, студент
Научный руководитель: Бузова Ольга Васильевна, кандидат технических наук
Филиал Российского государственного университета нефти и газа имени И. М. Губкина в г. Оренбурге

В статье показана корреляция ванадия с асфальтенами и его роль в стабилизации надмолекулярных структур нефтяных систем. Проанализировано распределение металла в российских нефтях с акцентом на Ярегское месторождение. Дестабилизация ванадиевых комплексов позволяет трансформировать систему и извлечь стратегическое сырье.

Ключевые слова: *ванадий, нефтяные дисперсные системы, асфальтены, тяжелая нефть.*

Ванадий (V) — это редкий цветной металл, обладающий уникальными свойствами: прочностью, пластичностью и устойчивостью к коррозии. Его главная ценность заключается в производстве специальных марок стали и титановых сплавов, которые критически важны для аэрокосмической отрасли, машиностроения и оборонного комплекса. Значительная часть мировых запасов ванадия сосредоточена не в самостоятельных рудных месторождениях, а в качестве примеси в горючих ископаемых — прежде всего, в нефти и нефтяных коксах. [1]

Нефти многих российских месторождений характеризуются значительным содержанием ванадия, который относится к ценным попутным компонентам, но при этом создает серьезные технологические проблемы при добыче и переработке. Содержание этого металла в нефтях крайне неоднородно и зависит от геологической истории и условий формирования месторождений. Наибольшие концентрации ванадия приурочены к тяжелым и высоковязким нефтям.

Безусловным лидером в России по этому показателю является Ярегское титано — редкометальное месторождение в Республике Коми (Тимано-Печорская нефтегазоносная провинция). Здесь содержание ванадия (V_2O_5) в золе тяжелой нефти достигает рекордных 40–65 %, что делает его одним из самых богатых источников ванадия в мире. Эта нефть представляет собой уникальный объект, где ванадий является не просто примесью, а стратегическим ресурсом. [2] Значительными концентрациями ванадия также отличаются нефти Волго-Уральской нефтегазоносной провинции. Месторождения Татарстана и Башкортостана, где добываются в основном сернистые и высокосернистые нефти, содержат в своей золе от 5 % до 25 % пятиокиси ванадия. Повышенное содержание металла фиксируется и в некоторых нефтях Оренбургской области и Удмуртии.

Ванадий играет ключевую роль в фазообразовании и стабилизации нефтяных дисперсных систем (НДС), в значительной степени определяя их коллоидно-химические свойства. Его влияние проявляется через тесную взаимосвязь с высокомолекулярными компонентами нефти, в первую очередь с асфальтенами. Установлена прямая корреляционная зависимость между содержанием ванадия и количеством асфальтенов в нефтях различных месторождений: нефти, обогащенные ванадием, характеризуются повышенным содержанием асфальтенов и большим средним размером частиц дисперсной фазы. С увеличением концентрации ванадия в системе происходит образование развитой коллоидной структуры, где асфальтены находятся как в коллоидно-диспергированном состоянии, так и в виде выделившейся дисперсной фазы, что приводит к росту размера частиц. Напротив, при низких концентрациях ванадия (порядка 0,1 %) асфальтены образуют практически истинные ньютоновские растворы с размером частиц около 0,001 мкм. [3]

Ванадий в нефти присутствует в форме комплексов, прежде всего ванадилпорфириновых, которые либо непосредственно входят в состав асфальтеновых ассоциаций, либо формируют собственные ассоциаты, тесно связанные с молекулами асфальтенов и обладающие сходными свойствами. Эти комплексы выступают центрами, способствующими ассоциации и формированию надмолекулярных структур. Структурные фрагменты асфальтенов, такие как конденсированные полиароматические системы, гетероатомы (сера, азот, кислород) и металлопорфириновые комплексы (V, Ni, Fe, Cu), участвуют в создании НДС. В условиях низких и средних температур формируются структуры с прочными контактами, тогда как при высоких температурах или под влиянием внешних воздействий происходят необратимые разрушения этих структур. [4]

Методы извлечения ванадия из нефти и её тяжёлых остатков (мазута, гудрона) в основном сконцентрированы на переработке образующейся из них золы или нефтяного кокса, где металл предварительно концентрируется. Наиболее распространённым является пирометаллургический метод, который заключается в сплавлении ванадийсодержащей золы с солями (например, содой Na_2CO_3 или сульфатом натрия Na_2SO_4) при температурах 800–900°C с последующим выщелачиванием образовавшегося водорастворимого ванадата натрия ($NaVO_3$) и его осаждением в виде оксида V_2O_5.

Альтернативой служат гидрометаллургические схемы, включающие прямое выщелачивание золы или кокса растворами кислот (серной, соляной) или щелочей с дальнейшей очисткой раствора и селективным осаждением ванадия; также перспективными считаются методы биогидрометаллургии, использующие микроорганизмы для перевода ванадия в растворимую форму. Уменьшение количества дисперсной фазы при удалении ванадия связано с разрушением надмолекулярных структур, содержащих порфириновые и другие комплексы.

Считается, что действие окислителей приводит не столько к окислению центрального иона металла, сколько к дестабилизации самих ванадиловых комплексов. Это подтверждается значительным изменением дисперсности системы: удаление ванадия сопровождается резким уменьшением среднего размера частиц, что свидетельствует о распаде крупных ассоциатов и образовании структур с меньшей дисперсностью. [3]

Таким образом, ванадиевые комплексы выступают стабилизаторами определенного уровня структурной организации, и их дестабилизация способствует максимальному извлечению металла и трансформации всей дисперсной системы. Для таких систем, включая тяжелые нефти, характерна чрезвычайно высокая скорость образования полиядерных ассоциатов по механизму агрегации, ограниченной диффузией. Образующиеся при этом фрактальные агрегаты имеют рыхлое строение, характеризуются двойной размерностью и обладают развитой системой внутренних полостей и извилистых ходов. Такая структура способствует необратимой сорбции частиц подходящих размеров. Со временем эти термодинамически неустойчивые образования подвергаются старению и перегруппировке в более компактные и менее растворимые формы, что вновь подчеркивает ключевую роль стабилизирующих компонентов, таких как ванадиевые комплексы, в динамическом равновесии и фазовом поведении нефтяной дисперсной системы.

Литература:

1. Байманова А. Е., Рсымбетова А. У. и др. Изучение вопросов техногенной миграции элементов тяжелых металлов из состава нефтей // Научно-технологическое развитие нефтегазового комплекса: Доклады V Международных научных Надировских чтений. — Алматы, Актобе, 2007. — С. 442–446.
2. Гарушев А. Р., Маликова М. Ю., Сташок Ю. И. Высоковязкие нефти — сырье для нефтепереработки и металлургии // Нефтяное хозяйство. — 2007. — № 11. — С. 70–71.
3. Маслов А. В., Федоров Ю. Н., Ронкин Ю. Л., Лепихина О. П., Биглов К. Ш. Коэффициенты вариации содержания элементов-примесей в сырых нефтях некоторых месторождений Волго-Уральской области и Западной Сибири // Литология и геология горючих ископаемых. — Екатеринбург: УГГУ, 2010. — С. 230–242.
4. Пунанова С. А. Геохимические особенности распределения микроэлементов в нафтидах и металлоносность осадочных бассейнов СНГ // Геохимия,1998. — № 9. — С. 959 –- 972.

ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

Исследование методов машинного обучения для персонализации пользовательского опыта в мобильных приложениях

Кучаева Диана Тагировна, студент
Дагестанский государственный университет (г. Махачкала)

В статье автор исследует методы машинного обучения, применяемые для персонализации пользовательского опыта в мобильных приложениях, а также анализирует их влияние на вовлечённость пользователей и эффективность взаимодействия с приложением.

Ключевые слова: *машинное обучение, мобильная разработка, информационные технологии, персонализация.*

В последние годы наблюдается стремительный рост рынка мобильных приложений, сопровождающийся усилением конкуренции за внимание пользователей. В условиях высокой насыщенности цифровой среды особую значимость приобретает задача повышения вовлечённости и удержания пользователей. Одним из ключевых инструментов решения данной задачи является персонализация пользовательского опыта.

Современные мобильные приложения используют персонализацию для адаптации контента (ленты, рекомендаций, уведомлений) под поведение пользователя. При этом необходимо учитывать ограничения мобильных устройств (включая ограниченные вычислительные ресурсы), необходимость обработки данных в реальном времени и ограниченность доступных пользовательских данных.

В связи с этим всё большее внимание уделяется применению методов машинного обучения, позволяющих анализировать поведение пользователей и формировать персонализированные рекомендации. Применение данных методов способствует повышению релевантности рекомендаций и увеличению пользовательской активности.

Целью данной работы является исследование методов машинного обучения, применяемых для персонализации пользовательского опыта в мобильных приложениях, а также оценка их эффективности.

Научная новизна работы заключается в сравнительном анализе базового подхода и подхода машинного обучения к персонализации в условиях ограниченных мобильных ресурсов.

Обзор методов персонализации

Одним из наиболее распространенных методов анализа данных о пользователях является коллаборативная фильтрация, основанная на анализе поведения пользователей. Данный подход предполагает формирование рекомендаций на основе предпочтений других пользователей с аналогичными интересами. К преимуществам данного метода относится способность выявлять скрытые зависимости, однако он требует значительного объёма данных и сопряжен с проблемой «холодного старта».

Другим подходом является контентная фильтрация, при которой рекомендации формируются на основе характеристик объектов и предпочтений конкретного пользователя. Данный метод не зависит от данных других пользователей, что делает его применимым на ранних этапах работы системы, однако его эффективность ограничена качеством и полнотой описания контента.

Кроме того, в задаче персонализации используются методы машинного обучения, такие как логистическая регрессия, методы кластеризации и решающие деревья. Эти алгоритмы обеспечивают выявление закономерностей, моделирование вероятности взаимодействия и прогнозирование поведения пользователей. Согласно исследованиям в области рекомендательных систем, применение моделей машинного обучения способствует повышению точности рекомендаций по сравнению с базовыми подходами [1].

В последние годы также гибридно используются контентная и коллаборативная фильтрации, что помогает достичь более высоких результатов в формировании подборки персонализированных рекомендаций и снизить влияние ограничений отдельных методов [2].

Проведённый сравнительный анализ показал, что коллаборативная фильтрация демонстрирует более высокую точность при наличии большого объёма данных, тогда как контентная фильтрация обеспечивает стабильную работу при ограниченных данных. Методы машинного обучения,

в свою очередь, позволяют достичь наилучших результатов при условии достаточного объёма обучающей выборки, однако требуют дополнительных вычислительных ресурсов.

Указанные методы могут быть адаптированы для использования в мобильной среде с учётом требований обработки данных в реальном времени. В частности, часть вычислений может быть перенесена на серверную сторону, тогда как на мобильном устройстве могут использоваться уже обученные модели.

Таким образом, выбор метода персонализации определяется доступными данными, требованиями к скорости работы системы и ограничениями мобильной платформы. В условиях мобильных приложений ключевым фактором становится баланс между точностью рекомендаций и вычислительными затратами.

Применение механизмов рекомендаций и анализа поведения в мобильных приложениях

В контексте развития мобильных приложений анализ поведения пользователей становится важным этапом на пути к улучшению качества взаимодействия и адаптации контента под индивидуальные предпочтения. Аналитика взаимодействий пользователя с приложением позволяет выявлять закономерности поведения, что используется для построения рекомендательных систем и оптимизации интерфейса.

В современных инженерных и практических публикациях подчёркивается значимость анализа данных для персонализации и повышения эффективности мобильных приложений. Например, анализ поведения пользовательских взаимодействий (включая последовательность действий, частоту использования функций и навигацию по элементам интерфейса) является ключевым этапом при построении систем рекомендаций и адаптивных интерфейсов [3].

Рекомендательные модели, использующие данные о предпочтениях и прошлых действиях, позволяют формировать предложения релевантного контента и функциональности в приложениях, что улучшает удержание пользователей и повышает уровень вовлечённости. Рекомендательные системы и алгоритмы машинного обучения применяются в широком спектре онлайн-сервисов для анализа поведения и генерации персонализированных предложений на основе данных пользователя [3].

Применение данных подходов требует адаптации моделей к ограничениям мобильных устройств и работе в реальном времени.

Методология исследования

В рамках данного исследования рассматривается задача персонализации контента в мобильном приложении на основе анализа пользовательского поведения.

Задача персонализации формализуется как задача прогнозирования вероятности взаимодействия пользователя *u* с объектом *i*:

$P(r_{ui} = 1 \mid X)$,

где *X* — вектор признаков поведения пользователя.

Для проведения эксперимента была сформирована модель пользовательских данных, включающая информацию о взаимодействиях пользователей с элементами приложения (просмотры, клики, выбор контента). В качестве признаков использовались: частота взаимодействий, тип контента, время активности пользователя и последовательность действий. В исследовании использовалась выборка, включающая 1000 пользователей и более 5000 взаимодействий. Данные были разделены на обучающую и тестовую выборки в соотношении 80:20.

На основе указанных данных были реализованы три подхода к формированию рекомендаций:

– базовый подход, основанный на популярности контента;

– коллаборативная фильтрация, учитывающая сходство предпочтений пользователей;

– подход с использованием методов машинного обучения, основанный на применении алгоритма классификации для прогнозирования интереса пользователя к контенту.

В качестве модели машинного обучения использовалась логистическая регрессия, обеспечивающая оценку вероятности взаимодействия пользователя с элементом контента на основе его поведения.

Модель логистической регрессии оценивает вероятность взаимодействия пользователя с объектом по формуле:

$$P(y = 1 \mid X) = \frac{1}{1 + e^{-wX}}.$$

Для оценки эффективности предложенных подходов использованы следующие метрики: точность рекомендаций (для оценки общей корректности предсказаний), доля релевантных рекомендаций (для оценки доли релевантных рекомендаций среди предложенных), а также уровень пользовательской вовлечённости, измеряемый средним числом взаимодействий пользователя с контентом за сессию.

Эксперимент проводился путём сравнения результатов работы трёх подходов на одном и том же наборе данных. Показатели точности представлены в числовом виде, тогда как уровень вовлечённости и вычислительной сложности оценивался качественно. Полученные результаты представлены в таблице 1.

Результаты, представленные в таблице 1, демонстрируют, что базовый подход характеризуется наименьшими показателями точности и вовлечённости пользователей, что обусловлено отсутствием учёта индивидуальных предпочтений.

Повышение доли релевантных рекомендаций с 0,62 до 0,78 свидетельствует о снижении доли нерелевантных рекомендаций и улучшении качества персонализации. Уве-

Таблица 1. **Сравнительный анализ методов персонализации**

Метод	Точность рекомендаций	Доля релевантных рекомендаций	Вовлечённость	Сложность
Базовый (популярность)	0,65	0,62	Низкая	Низкая
Коллаборативная фильтрация	0,75	0,72	Средняя	Средняя
Машинное обучение (логистическая регрессия)	0,82	0,78	Высокая	Очень высокая

личение точности рекомендаций до 0,82 указывает на более точное прогнозирование пользовательского поведения.

Полученные результаты свидетельствуют о том, что применение методов машинного обучения обеспечивает повышение эффективности персонализации в мобильных приложениях.

Результаты сравнения точности методов представлены на рис. 1.

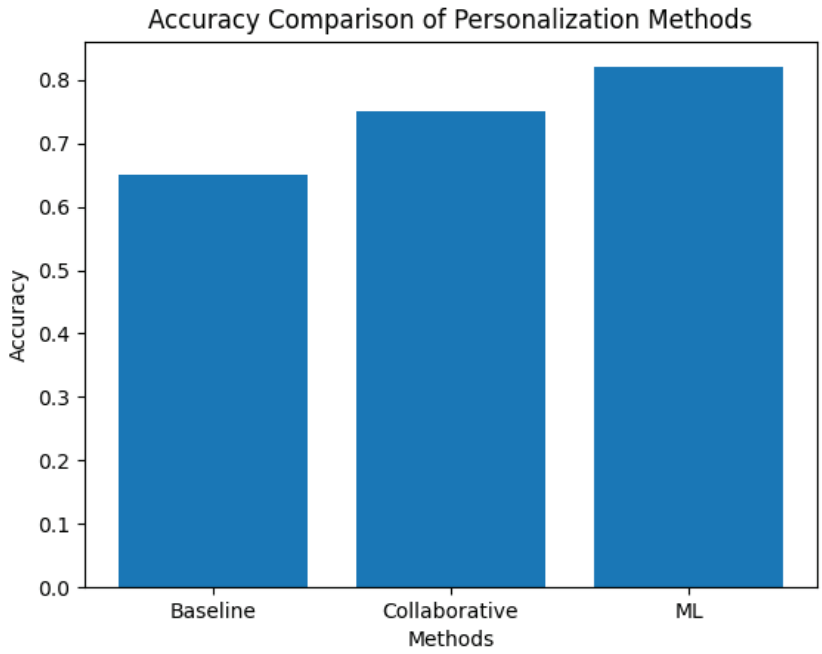


Рис. 1. **Сравнение точности методов персонализации**

В работе проведён сравнительный анализ методов персонализации в мобильной среде. Показано, что использование моделей машинного обучения повышает точность рекомендаций (до 0,82) и долю релевантных предложений по сравнению с базовыми подходами. Установлено, что эффективность методов зависит от объёма данных и доступных вычислительных ресурсов, что требует адаптации моделей для мобильной среды. Полученные результаты подтверждают эффективность применения моделей машинного обучения для адаптации пользовательского опыта в мобильных приложениях.

Литература:

1. Ricci F., Rokach L., Shapira B. Recommender Systems Handbook. — Springer, 2015.
2. Aggarwal C. C. Recommender Systems: The Textbook. — Springer, 2016.
3. Рекомендательные системы в современном мире [Электронный ресурс] // Хабр. — URL: https://habr.com/ru/companies/otus/articles/950650/ (дата обращения: 22.03.2026).

Микросервисная и монолитная архитектуры: сравнительный анализ в контексте малого бизнеса

Нечаев Савелий Игоревич, студент;
Слободина Юлия Сергеевна, студент;
Васина Полина Сергеевна, студент
Научный руководитель: Тимофеев Александр Гурьевич, кандидат экономических наук, доцент
Российский экономический университет имени Г. В. Плеханова (г. Москва)

Статья посвящена сравнительному анализу монолитной и микросервисной архитектур программного обеспечения применительно к задачам малого бизнеса. Рассматриваются ключевые характеристики каждого подхода, их преимущества и недостатки в контексте ограниченных ресурсов предприятий малого бизнеса. На основе анализа научных публикаций и отраслевых данных сформулированы рекомендации по выбору архитектурного решения с учётом этапа развития компании, масштаба нагрузки и доступных технических компетенций.

Ключевые слова: *микросервисная архитектура, монолитная архитектура, малый бизнес, масштабируемость, DevOps, API, цифровизация МСП.*

Введение

Цифровизация малого и среднего бизнеса в России приобретает всё более выраженный характер: компании активно внедряют информационные системы, автоматизируют процессы и выстраивают собственные цифровые сервисы.

Выбор архитектуры — не только техническое, но и стратегическое решение. Оно напрямую влияет на стоимость разработки и поддержки, скорость выхода продукта на рынок, возможность масштабирования под растущую нагрузку и сложность привлечения разработчиков. Особенно остро этот выбор стоит в малом бизнесе, где ресурсы ограничены, а цена архитектурной ошибки может существенно замедлить развитие компании.

Целью настоящей работы является сравнительный анализ монолитной и микросервисной архитектур с позиции малого бизнеса, а также выработка обоснованных рекомендаций по выбору подхода в зависимости от этапа развития компании и имеющихся технических компетенций.

Монолитная архитектура: понятие и особенности

Монолитная архитектура — исторически первый и до сих пор широко применяемый подход к построению программных систем. В монолитном приложении все компоненты — пользовательский интерфейс, бизнес-логика и слой доступа к данным — объединены в единый развёртываемый артефакт. Такое приложение разрабатывается как единое и неделимое целое, что существенно упрощает его создание, тестирование и первоначальное развёртывание [5]. Структурно типовой вариант монолитного приложения представлен на рисунке 1.

Рис. 1. **Обобщённая схема монолитной архитектуры**

На схеме видно, что пользовательский интерфейс, бизнеслогика и работа с базой данных объединены в единый развёртываемый артефакт. Такое построение упрощает разработку и сопровождение на ранних этапах, но по мере роста системы затрудняет изолированное изменение и масштабирование отдельных компонентов.

К очевидным достоинствам монолита относятся: простота разработки при единой кодовой базе; возможность сквозного тестирования без необходимости разворачивать несколько независимых сервисов; высокая производительность в рамках одного процесса без накладных расходов на межсетевое взаимодействие. Для начинающей компании или небольшой команды разработчиков монолит позволяет быстро выпустить первую рабочую версию продукта — быстрее, чем при микросервисном подходе [5].

Вместе с тем монолитная архитектура обнаруживает существенные недостатки по мере роста приложения. Изменение небольшого участка кода требует полной пересборки, тестирования и повторного развёртывания всей системы. При минимальной поломке одного компонента может отказать всё приложение целиком, а производительность деградирует по мере роста функциональности. Именно эти ограничения стали главным стимулом для появления микросервисного подхода [3].

Микросервисная архитектура: определение и история развития

Микросервисная архитектура — это подход к созданию приложения в виде набора независимо развёртываемых сервисов, децентрализованных, слабо связанных между собой и взаимодействующих через API-интерфейсы (REST, gRPC). Каждый микросервис ориентирован на одну конкретную бизнес-функцию и имеет собственную базу данных [3]. Схема микросервисной архитектуры приведена на рисунке 2.

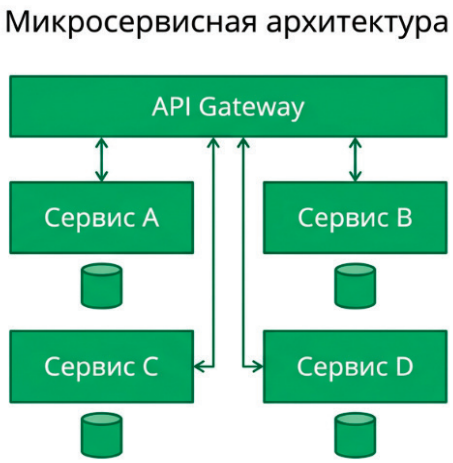


Рис. 2. **Обобщённая схема микросервисной архитектуры**

Первые идеи, близкие к концепции микросервисов, появились ещё в 1999 году в работах ИТ-архитектора Питера Роджерса из компании NetKernel, который представил их на конференции Web Services Edge в 2005 году. Широкое промышленное применение микросервисы получили в 2012–2014 годах, когда о переходе на эту архитектуру заявили Amazon, Netflix и Twitter [4].

Сравнительный анализ архитектур

Ключевые различия двух архитектур проявляются по нескольким измерениям: сложности разработки, масштабируемости, отказоустойчивости, стоимости владения и требованиям к команде [2]. Для систематизации этих различий в таблице 1 представлены основные характеристики обоих подходов в сопоставимых категориях.

Таблица 1. **Сравнительная характеристика монолитной и микросервисной архитектур**

Критерий	Монолитная архитектура	Микросервисная архитектура
Сложность разработки	Низкая на старте	Высокая: требует настройки API, оркестрации
Масштабируемость	Вертикальная, ресурсоёмкая	Горизонтальная, независимая по сервисам
Отказоустойчивость	Низкая: сбой = отказ системы	Высокая: сбой одного сервиса не роняет систему

Таблица 1 (продолжение)

Критерий	Монолитная архитектура	Микросервисная архитектура
Скорость первого выпуска	Быстрее	Медленнее
Стоимость поддержки	Низкая при малом масштабе	Растёт с количеством сервисов
Требования к DevOps	Минимальные	Высокие: CI/CD, контейнеризация
Отладка	Проще	Сложнее, трудоёмнее
Технологическая гибкость	Единый стек	Разные языки/фреймворки на сервис

Как видно из таблицы 1, монолитная архитектура превосходит микросервисную по простоте и скорости первоначальной разработки, тогда как микросервисный подход обеспечивает принципиально более высокую масштабируемость и отказоустойчивость. Ни один из подходов не является универсально лучшим: выбор определяется конкретными условиями проекта.

Для наглядного сопоставления архитектур по ключевым качественным критериям авторами составлена балльная оценка по пятибалльной шкале, где 5 — наилучший показатель по данному критерию, 1 — наихудший. Результаты представлены на рисунке 3.

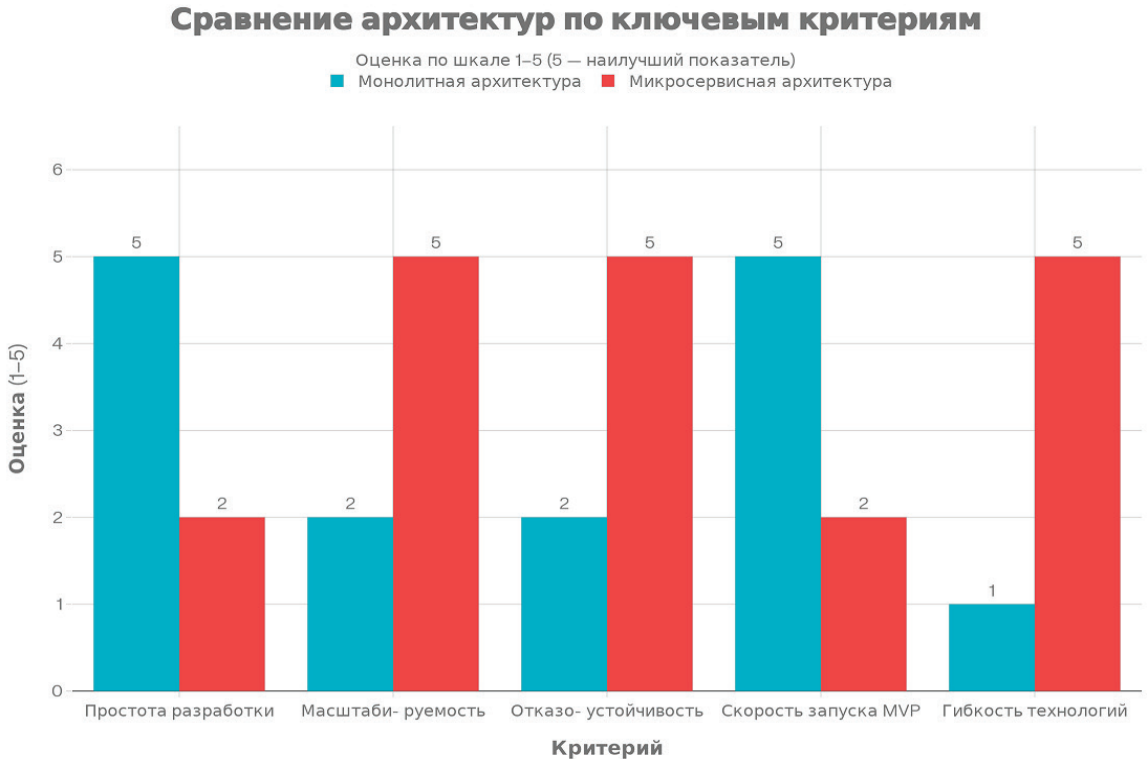


Рис. 3. **Сравнение архитектур по ключевым критериям**

Монолит в контексте малого бизнеса

Для малого бизнеса монолитная архитектура остаётся обоснованным выбором на начальном этапе. Единая кодовая база снижает порог входа для небольших команд разработчиков и упрощает поиск ошибок. Отсутствие необходимости настраивать межсервисное взаимодействие, системы оркестрации и раздельные базы данных существенно сокращает время на первоначальную настройку инфраструктуры. Именно поэтому подавляющее большинство стартапов и небольших веб-проектов начинают с монолита: «решение из коробки» быстро закрывает типовые задачи без больших затрат [1].

Ограничения монолита проявляются при достижении определённого порога сложности. Если команда разработки увеличивается, параллельная работа нескольких специалистов над единой кодовой базой требует постоянной координации и согласования изменений. Масштабирование монолита предполагает горизонтальное тиражирование всего приложения целиком, тогда как реальная нагрузка нередко сосредоточена лишь в одном-двух компонентах — это приводит к избыточным затратам на инфраструктуру [7].

Микросервисы в контексте малого бизнеса

Переход к микросервисной архитектуре оправдан тогда, когда сложность монолитной кодовой базы начинает создавать больше проблем, чем сама архитектура микросервисов. Типичными сигналами являются: необходимость масштабировать только отдельные функции (например, модуль платежей в интернет-магазине), потребность в высокой отказоустойчивости, рост команды до размера, при котором координация в рамках единой кодовой базы затруднена [8].

Для малого бизнеса внедрение микросервисов сопряжено со специфическими трудностями, которые затрагивают как техническую, так и организационную стороны. В исследованиях отмечается, что при переходе с монолитной архитектуры ключевыми проблемами становятся сложная координация запросов между большим числом сервисов, рост трудоёмкости администрирования и конфигурирования, вопросы корректного связывания распределённых данных, а также усложнение поддержки конечного продукта изза неоднородности технологий и сценариев запуска отдельных модулей. Делается вывод, что при недостаточной квалификации команды и слабой проработке инфраструктуры микросервисный подход может привести к появлению излишне сложной и ненадёжной системы, поэтому на практике оправдан поэтапный переход — от монолитного приложения к постепенному выделению отдельных компонентов в микросервисы по мере роста требований к системе [8].

Критерии выбора архитектуры для малого бизнеса

На основании проведённого анализа можно сформулировать практические критерии выбора архитектурного решения. Монолитный подход предпочтителен, если: команда насчитывает 1–5 разработчиков; нагрузка на систему равномерна и не превышает нескольких сотен одновременных пользователей; требуется быстрый запуск MVP (минимально жизнеспособного продукта); отсутствуют специалисты по DevOps и контейнеризации [6].

Переход к микросервисам целесообразен при выполнении хотя бы нескольких условий: отдельные компоненты системы испытывают непропорционально высокую нагрузку; требуется независимое обновление отдельных функций без остановки всей системы; команда выросла и специализирована по предметным областям; система интегрируется с множеством внешних сервисов через API. Исследования показывают, что применение микросервисов позволяет снизить требования к оборудованию и сократить время отклика в условиях высокой нагрузки, особенно для систем с неравномерным распределением трафика и наличием явно выраженных критичных компонентов [3, 7].

Заключение

Выбор между монолитной и микросервисной архитектурой для малого бизнеса определяется не модными тенденциями, а конкретными характеристиками проекта: масштабом команды, нагрузочными требованиями, скоростью необходимого выхода на рынок и наличием DevOps-компетенций. Монолитная архитектура обеспечивает более низкий порог входа и быструю разработку на начальном этапе, тогда как микросервисный подход даёт масштабируемость и отказоустойчивость, необходимые при росте системы.

Сравнительный анализ показал, что монолитная архитектура выигрывает по таким критериям, как простота разработки, скорость вывода минимально жизнеспособного продукта (MVP) и стоимость первоначального внедрения. Микросервисы демонстрируют преимущества в областях масштабируемости, отказоустойчивости, технологической гибкости и независимого развития отдельных функциональных блоков. При этом для малого бизнеса характерны специфические риски при прямом переходе к микросервисам: усложнение инфраструктуры, рост числа точек отказа, увеличение расходов на администрирование и интеграцию, а также зависимость от квалифицированных специалистов по контейнеризации и оркестрации.

Практические рекомендации, сформулированные в работе, сводятся к следующему. На начальном этапе развития компании целесообразно использовать хорошо структурированный монолит с чётким модульным разделением внутри приложения. По мере роста нагрузки, увеличения команды и появления требований к высокой доступности отдельные функциональные блоки (платёжный модуль, аналитика, интеграция с внешними сервисами) могут поэтапно выделяться в микросервисы. Такой эволюционный сценарий позволяет сочетать преимущества обоих подходов: сохранить управляемость и предсказуемость монолита и при этом постепенно наращивать масштабируемость и отказоустойчивость за счёт микросервисной архитектуры.

Литература:

1. Гольчевский Ю. В., Ермоленко А. В. Актуальность использования микросервисов при разработке информационных систем // Вестник Сыктывкарского университета. Серия 1: Математика. Механика. Информатика. —

2020. — № 2 (35). — URL: https://cyberleninka.ru/article/n/aktualnost-ispolzovaniya-mikroservisov-pri-razrabotke-informatsionnyh-sistem (дата обращения: 20.03.2026).
2. Кабарухин А. П. Выгоды перехода от монолитной к микросервисной архитектуре приложения // Проблемы науки. 2022. № 1(170). URL: https://cyberleninka.ru/article/n/vygody-perehoda-ot-monolitnoy-k-mikroservisnoy-arhitekture-prilozheniya
3. Киринович И. Ф., Аксенчик А. В. Проблемы перехода от монолитной к микросервисной архитектуре // BIG DATA and Advanced Analytics: сб. науч. ст. VII Международной науч.-практ. конф., Минск, 19–20 мая 2021 г. / редкол.: В. А. Богуш [и др.]. — Минск: Бестпринт, 2021. — С. 340–342. — ISBN 9789857267095.
4. Клоков В. Н., Вечерская С. Е. Задачи и эволюция микросервисной архитектуры // Вестник Российского нового университета. Серия: Сложные системы: модели, анализ и управление. — 2023. — № 1. — С. 37–42. — DOI: 10.18137/RNU.V9187.23.01.P.37.
5. Мартин Р. Чистая архитектура. Искусство разработки программного обеспечения. — СПб.: Питер, 2018. — 352 с. — ISBN 9785446107728.
6. Осипов Д. Б. Проектирование программного обеспечения с помощью микросервисной архитектуры // Вестник науки и образования. — 2018. — № 5 (41). — URL: https://cyberleninka.ru/article/n/proektirovanie-programmnogo-obespecheniya-s-pomoschyu-mikroservisnoy-arhitektury (дата обращения: 20.03.2026).
7. Радостев Д. К., Никитина Е. Ю. Стратегия миграции программного кода из монолитной архитектуры в микросервисы // Вестник Пермского университета. Серия: Математика. Механика. Информатика. — 2021. — № 2 (53). — URL: https://cyberleninka.ru/article/n/strategiya-migratsii-programmnogo-koda-iz-monolitnoy-arhitektury-v-mikroservisy (дата обращения: 20.03.2026).
8. Ричардсон К. Микросервисы. Паттерны разработки и рефакторинга. — СПб.: Питер, 2022. — 544 с. — ISBN 9785446109968.

AI-Driven Anomaly Detection in Critical Infrastructure: Evaluating Emerging Frameworks and Predictive Models

Uskenbaeva Raisa Kabievna, doctor of technical sciences, professor, vice-rector for academic affairs
Kazakh National University named after Al-Farabi (Almaty, Kazakhstan)

The accelerating sophistication of cyber threats directed at critical infrastructure has exposed the fundamental inadequacy of signature-based and rule-driven detection paradigms. This article examines the current landscape of artificial intelligence-driven anomaly detection frameworks, with particular attention to deep learning architectures including Long Short-Term Memory networks, Graph Neural Networks, and Transformer-based models applied to the protection of industrial control systems, energy grids, and cloud–dependent operational environments. The analysis evaluates emerging predictive frameworks against criteria of detection accuracy, computational tractability, explainability, and operational integration with Security Orchestration, Automation and Response platforms. Special consideration is given to federated deployment contexts and the governance constraints that shape real-world adoption in national infrastructure settings. The findings indicate that effective protection of critical infrastructure requires a transition from reactive to predictive threat management, underpinned by architecturally sound, context-aware machine learning pipelines.

Keywords: *anomaly detection, critical infrastructure, deep learning, LSTM, Graph Neural Networks, intrusion detection systems, predictive cybersecurity, Explainable AI, SIEM, federated learning.*

Introduction

Critical infrastructure, encompassing electrical grids, water treatment systems, industrial control networks, financial clearing systems, and national telecommunications backbones, constitutes the operational foundation of modern statehood. The digitization of these environments, accelerated through Industry 4.0 integration and the proliferation of Internet of Things devices in industrial contexts, has simultaneously increased operational efficiency and expanded the attack surface available to adversarial actors. Incidents such as the 2021 Colonial Pipeline ransomware attack and the 2015 Ukrainian power grid intrusion demonstrated that disruption of cyber-physical systems carries consequences far exceeding ordinary data breaches, including cascading failures across interdependent sectors (Lee et al., 2016).

Traditional intrusion detection approaches rely on predefined rule sets and signature libraries that require continuous manual curation and exhibit near-zero generalization to novel attack patterns. In environments characterized by high-volume, heterogeneous network telemetry such as SCADA and industrial IoT deployments, these approaches produce unacceptable rates of both false negatives and false positives, the latter of which overwhelm security operations centers with op-

erationally irrelevant alerts. The structural limitations of perimeter-centric defense have been extensively documented, and the consensus within the academic and practitioner communities has shifted toward behavioral, data-driven detection as the viable path forward. Artificial intelligence, and deep learning in particular, offers a fundamentally different detection paradigm. Rather than matching against known signatures, learned models characterize normal system behavior and identify deviations from that baseline in near real time. This capacity for behavioral profiling makes AI-driven anomaly detection especially suited to critical infrastructure environments, where the operational profile of legitimate traffic is relatively stable but the nature of adversarial techniques evolves continuously. This article evaluates the principal architectural approaches that have emerged in the research literature over the past several years, assesses their practical applicability within constrained industrial environments, and situates recent contributions within the broader trajectory of the field.

Methods

The analysis is structured as a critical, integrative review of the academic literature published between 2017 and 2024, supplemented by examination of select technical monographs and applied frameworks developed within the cybersecurity research community. Source selection prioritized peer-reviewed publications in IEEE, ACM, Elsevier, and Springer venues, with preference given to works reporting empirical results on publicly available benchmark datasets, principally CICIDS2017 and UNSW-NB15, that permit cross-study comparison (Sharafaldin et al., 2018).

In organizing the comparative analysis, a functional taxonomy was applied that distinguishes frameworks by their primary architectural component, whether recurrent, graph-based, attention-based, or ensemble, their supervision paradigm, and their intended deployment context. This taxonomy enables a structured assessment of trade-offs across dimensions of detection accuracy, computational tractability, interpretability, and adaptability to adversarial concept drift. Particular attention is paid to frameworks that incorporate predictive rather than purely reactive detection logic, that is, models designed not merely to classify observed traffic as malicious or benign but to anticipate attack trajectories based on precursor behavioral patterns. This distinction is substantively important for critical infrastructure, where the interval between initial compromise and operational impact may be measured in minutes, and early warning of sufficient specificity determines whether a timely response is feasible (Stouffer et al., 2011).

Results

Long Short-Term Memory networks, formalized by Hochreiter and Schmidhuber (1997), have become one of the most widely deployed deep learning architectures in network intrusion detection, owing to their native capacity to model sequential dependencies in time-series data. Network traffic at both the packet and flow levels exhibits pronounced temporal structure: attack campaigns unfold across time, and the statistical relationship between successive observations encodes information that instantaneous feature representations cannot capture. LSTM-based intrusion detection systems have demonstrated strong performance on the CICIDS2017 benchmark, with several implementations reporting accuracy exceeding 98 % on binary classification tasks (Yin et al., 2017).

A representative line of work combines LSTM encoders with federated learning frameworks, enabling distributed training across geographically separated sensor nodes without centralizing raw traffic data, a design property of particular relevance to national infrastructure contexts where data sovereignty constraints preclude centralized aggregation (Zhang & Li, 2022). Normalization procedures applied at the IP-flow level, including Min-Max scaling across multivariate telemetry features, have been shown to improve cross-environment portability of trained models, a persistent challenge when systems built on synthetic benchmarks are transferred to production operational technology environments (Avkhadiev, 2025a; Zhang & Li, 2022). In examining this portability problem, Avkhadiev (2025a) identifies adaptive threshold calibration during deployment as a critical factor that benchmark-oriented evaluations systematically underreport, a gap with direct consequences for how detection performance figures should be interpreted in infrastructure security planning.

The known limitation of pure LSTM architectures in this domain is their tendency to model temporal patterns at the individual-flow level while remaining insensitive to structural relationships across simultaneously active connections. This gap becomes consequential when detecting coordinated multi-vector attacks or lateral movement campaigns that exploit topological properties of network graphs.

Graph Neural Networks address precisely this limitation. By representing network activity as a dynamic graph, where nodes correspond to hosts or services and edges encode communication relationships, GNN-based intrusion detection systems learn structural attack signatures that are invisible to flow-level sequential models (Bilot et al., 2023). Distributed Denial of Service attacks manifest as characteristic fan-in or fan-out topologies identifiable at the graph level even when individual flow statistics remain within normal bounds. Advanced Persistent Threat campaigns, which deliberately suppress per-connection anomaly signals, nonetheless produce distinguishable graph-structural footprints as attackers traverse lateral paths through a target network.

Xie et al. (2023) demonstrated that a hybrid GCN-LSTM architecture applied to Industrial Control System traffic achieves superior detection performance relative to either component alone, with the GCN module capturing spatial relational features and the LSTM module capturing their temporal evolution across observation windows. Protocol-specific characteristics of ICS environments, including the constrained and deterministic communication patterns of Modbus and DNP3 traffic, create favorable conditions for graph-based behavioral modeling, since deviations from expected relational structures

are particularly salient against a stable operational baseline (Avkhadiev, 2025a; Xie et al., 2023).

The attention mechanism, originally developed for natural language processing, has been productively adapted to network security through Transformer-based anomaly detection models. Attention-based architectures offer two properties that are operationally attractive in this context: the ability to model long-range dependencies across extended observation windows without the gradient degradation that affects deep recurrent networks, and the production of attention weight distributions that can serve as a basis for explainability. This second property is of growing practical importance as regulatory frameworks increasingly demand accountability in automated decision systems (Arrieta et al., 2020).

A CNN-LSTM-Transformer hybrid proposed by Rahimian et al. (2024) achieved state-of-the-art performance on the UNSW-NB15 dataset, combining convolutional layers for local feature extraction, LSTM layers for sequential modeling, and Transformer layers for global context integration. The architectural case for such compositional designs rather than single-paradigm models is examined in detail by Avkhadiev (2025a), who argues that the complementary nature of convolutional, recurrent, and attention-based components is particularly consequential in heterogeneous industrial environments where threat signatures operate across multiple temporal and topological scales simultaneously.

The challenge of real-time threat classification in cloud-native environments adds a further dimension that static benchmark evaluations do not adequately address. In elastic, dynamically reconfigured infrastructure, the behavioral baseline is non-stationary and must be estimated from streaming data rather than a stable historical corpus. Adaptive threshold mechanisms and online learning components have been proposed as responses to this form of concept drift, with integration into Security Orchestration, Automation and Response workflows identified as a prerequisite for operational utility (Avkhadiev, 2025b; Nguyen et al., 2021).

The translation of deep learning anomaly detection outputs into actionable security operations requires that detection decisions be accompanied by interpretable justifications, both to enable analyst triage and to satisfy audit and compliance requirements under frameworks such as NIST SP 800–53 and the NIS2 Directive (Rose et al., 2020). Explainable AI techniques, particularly SHAP and LIME, have been applied to post-hoc explanation of intrusion detection decisions with encouraging results, though the computational overhead of SHAP analysis at production traffic scales remains a constraint on real-time deployments (Marino et al., 2022).

Isolated detection models that produce alerts without downstream workflow integration reproduce the false-positive fatigue problem in a new form. API-level interoperability with SIEM platforms and automated playbook triggering through SOAR connectors address this gap at the architectural level, transforming detection outputs into structured incident response actions rather than raw alerts requiring manual interpretation (Avkhadiev, 2025b; Marino et al., 2022).

Class imbalance in operational network traffic presents a structural challenge for supervised detection models: benign samples typically constitute the overwhelming majority of observed flows, and models trained on such distributions tend to optimize for overall accuracy at the expense of sensitivity to minority attack classes. Resampling strategies and cost-sensitive learning address part of this problem during training, but threshold selection at inference time remains an independent and consequential variable. Avkhadiev (2025b) demonstrates that post-training threshold calibration, applied separately for each traffic class rather than globally, yields measurable improvements in recall on low-frequency attack categories while maintaining false positive rates within operationally acceptable bounds. The result is a detection profile that can be adjusted to reflect the specific risk priorities of a given deployment rather than the aggregate performance characteristics of the training corpus.

Discussion

The survey of current frameworks reveals a field in productive transition. The dominant architectural trend toward hybrid models combining temporal, structural, and attention-based feature extraction is well-grounded in the complementary nature of information sources available in industrial network environments. Single-architecture systems consistently underperform relative to compositional approaches on complex, multi-class attack scenarios, and this performance gap widens as threat sophistication increases.

Several structural challenges remain inadequately resolved in the current generation of frameworks. The first is the generalization gap between benchmark and production performance. Virtually all published results are reported on a small number of standardized datasets that do not fully represent the protocol diversity, traffic volumes, or adversarial dynamics of real industrial deployments. The degree to which accuracy figures obtained on these benchmarks translate to operational environments is an empirical question that the literature has not systematically addressed.

The second challenge is adversarial robustness. Machine learning models are susceptible to evasion attacks in which adversaries deliberately craft traffic to resemble benign behavior at the feature level while preserving attack functionality at the semantic level. As detection models are trained on increasingly large corpora, adversaries develop correspondingly tailored evasion strategies, creating a recursive dynamic that static benchmark evaluations cannot capture. The scope of this problem extends to data poisoning and model inversion attacks directed at detection systems themselves, threat vectors that, as Avkhadiev (2025b) notes in the context of cloud–deployed detection pipelines, require security measures applied to the AI layer rather than solely to the infrastructure it monitors.

Distributional drift arising from legitimate operational change, including network reconfiguration, equipment replacement, or shifts in application usage patterns, poses a robustness challenge distinct from adversarial evasion but with comparable consequences for detection reliability. A model trained on a stable historical baseline may exhibit progressive

degradation in precision as the statistical properties of normal traffic evolve, producing alert volumes that exceed analyst capacity and precipitating the suppression behavior documented in overloaded security operations contexts. The continuous recalibration mechanism proposed by Avkhadiev (2025a) addresses this by monitoring incoming traffic distributions against the trained baseline and initiating selective model updates when divergence exceeds a specified threshold. Standard evaluation protocols, which assess model performance against fixed held-out test sets, do not capture this form of temporal degradation, and the discrepancy between static benchmark results and sustained operational accuracy warrants more systematic attention in the methodological literature.

The third challenge concerns governance constraints on federated or distributed training. Mechanisms for training shared detection models across infrastructure operators without disclosing sensitive operational data to any central party are technically feasible through federated learning and differential privacy, but their deployment at national scale involves legal and trust architecture questions that extend well beyond the technical domain (Nguyen et al., 2021). The integration of Zero Trust principles, specifically continuous authentication, least-privilege access enforcement, and microsegmentation, as a complementary architectural layer reduces the effective attack surface and improves the signal-to-noise ratio of behavioral baselines, thereby strengthening detection performance indirectly (Avkhadiev, 2025c; Rose et al., 2020).

Conclusion

The review of current AI-driven anomaly detection frameworks confirms that deep learning, particularly hybrid architectures combining recurrent, graph-based, and attention-based components, has reached a level of technical maturity sufficient to support deployment in high-stakes environments, provided that the operational and governance preconditions for such deployment are adequately addressed. The persistent challenges of benchmark generalization, adversarial robustness, explainability at scale, and federated governance constitute the productive frontier for the next generation of research, with implications extending to national infrastructure resilience policy as well as technical practice.

References:

1. Arrieta, A. B., Díaz-Rodríguez, N., Del Ser, J., Bennetot, A., Tabik, S., Barbado, A., García, S., Gil-López, S., Molina, D., Benjamins, R., Chatila, R., & Herrera, F. (2020). Explainable Artificial Intelligence (XAI): Concepts, taxonomies, opportunities and challenges toward responsible AI. Information Fusion, 58, 82–115. https://doi.org/10.1016/j.inffus.2019.12.012
2. Avkhadiev, D. I. (2025a). Neural network algorithms for predictive detection of cyber threats in critical infrastructure. In Technical Sciences: Problems and Solutions: Proceedings of the CI International Scientific and Practical Conference (No. 10(95)). Internauka.
3. Avkhadiev, D. I. (2025b). Intelligent methods of early response to attacks in cloud systems. Internauka, 28(392)
4. Avkhadiev, D. I. (2025c). Zero trust architecture: Principles for the future. Lambert Academic Publishing. ISBN 978–620–9-02385–9.
5. Bilot, T., El Madhoun, N., Al Agha, K., & Zouaoui, A. (2023). Graph neural networks for intrusion detection: A survey. IEEE Access, 11, 49114–49139. https://doi.org/10.1109/ACCESS.2023.3275789
6. Hochreiter, S., & Schmidhuber, J. (1997). Long Short-Term Memory. Neural Computation, 9(8), 1735–1780. https://doi.org/10.1162/neco.1997.9.8.1735
7. Lee, R. M., Assante, M. J., & Conway, T. (2016). Analysis of the cyber attack on the Ukrainian power grid. SANS ICS and E-ISAC.
8. Marino, D. L., Wickramasinghe, C. S., & Manic, M. (2022). An adversarial approach for explainable AI in intrusion detection systems. IEEE Transactions on Network and Service Management, 19(2), 1293–1305. https://doi.org/10.1109/TNSM.2022.3147028
9. Nguyen, T. D., Marchal, S., Miettinen, M., Fereidooni, H., Asokan, N., & Sadeghi, A.-R. (2021). DIoT: A federated self-learning anomaly detection system for IoT. IEEE Transactions on Information Forensics and Security, 16, 1413–1428. https://doi.org/10.1109/TIFS.2020.3017054
10. Rose, S., Borchert, O., Mitchell, S., & Connelly, S. (2020). Zero trust architecture (NIST Special Publication 800–207). National Institute of Standards and Technology. https://doi.org/10.6028/NIST.SP.800–207
11. Sharafaldin, I., Lashkari, A. H., & Ghorbani, A. A. (2018). Toward generating a new intrusion detection dataset and intrusion traffic characterization. Proceedings of ICISSP, 108–116. https://doi.org/10.5220/0006639801080116
12. Stouffer, K., Falco, J., & Scarfone, K. (2011). Guide to industrial control systems (ICS) security (NIST Special Publication 800–82). National Institute of Standards and Technology. https://doi.org/10.6028/NIST.SP.800–82
13. Xie, H., Xu, Y., & Zheng, Y. (2023). A hybrid GCN-LSTM model for cyber attack detection in industrial control systems. Computers & Security, 131, 102890. https://doi.org/10.1016/j.cose.2023.102890
14. Yin, C., Zhu, Y., Fei, J., & He, X. (2017). A deep learning approach for intrusion detection using recurrent neural networks. IEEE Access, 5, 21954–21961. https://doi.org/10.1109/ACCESS.2017.2762418
15. Zhang, T., & Li, Y. (2022). Cybersecurity threat detection based on federated learning and LSTM. Future Generation Computer Systems, 132, 145–156. https://doi.org/10.1016/j.future.2022.02.014

ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ

AI-enhanced self-adaptive nanocoatings for pipeline corrosion protection

Beklemishev Andrey Pavlovich, vice president
I.D.C. Central Europe GmbH Internationale daten der Computerindustrie (Almaty, Kazakhstan)

Corrosion-related failures in oil and gas pipeline infrastructure impose substantial economic and environmental costs, placing persistent pressure on operators to move beyond passive barrier technologies toward systems capable of autonomous response to changing service conditions. This article examines a conceptual framework in which stimuli-responsive nanocoatings, distributed electrochemical sensor networks, machine learning-based corrosion forecasting, and digital twin modeling are functionally coupled into a closed-loop pipeline integrity management system. Each component technology is reviewed with respect to demonstrated performance, interface requirements, and the data flows needed to achieve system-level integration. The article identifies coating electrochemical impedance as the critical linking variable between the material and cognitive layers of the architecture under consideration and argues that the sensor and computational infrastructure required to accommodate this variable is already available in the published engineering literature. The analysis concludes with a set of prioritized experimental and regulatory challenges whose resolution would enable field-scale deployment of the integrated system.

Keywords: *self-healing coatings, nanocoatings, pipeline corrosion, artificial intelligence, sensor networks, digital twin, predictive maintenance, cathodic protection, stimuli-responsive materials, corrosion inhibition.*

Усовершенствованные искусственным интеллектом самоадаптивные нанопокрытия для защиты трубопроводов от коррозии

Беклемишев Андрей Павлович, вице-президент
I.D.C. Central Europe GmbH Internationale daten der Computerindustrie (г. Алматы, Казахстан)

Introduction

Buried and submerged steel pipelines operate in chemically aggressive environments throughout service lifetimes measured in decades. Soil moisture, dissolved salts, CO_2, H_2S, and stray electrical currents act in combination to drive electrochemical dissolution of the pipe wall at rates that are highly variable in space and time, making uniform protection difficult to achieve and sustain. The economic consequences of this vulnerability are well-documented, and multiple industry analyses have placed corrosion among the leading causes of unplanned downtime and asset loss in hydrocarbon transmission networks. A significant fraction of those costs is attributable not to the failure of known protection technologies but to the absence of coordinated, data-informed management of those technologies in the field.

Protective coatings form the primary barrier between the pipe steel and its environment. Standard fusion-bonded epoxy (FBE) and three-layer polyethylene systems perform reliably when intact, but mechanical damage during installation, soil movement, and thermally induced stress cycling inevitably generate coating holidays over time. At holiday locations, the electrochemical conditions that coatings were designed to exclude reassert themselves, and corrosion proceeds at rates dictated by local soil chemistry, temperature, and the effectiveness of the cathodic protection (CP) system applied as a secondary defense (Andreeva et al., 2008). The fundamental limitation of this arrangement is its passivity: neither the coating nor the CP system adapts its behavior in response to changes in local degradation conditions. Fixed-potential impressed current cathodic protection (ICCP) setpoints, established during commissioning, may be appropriate for average conditions along a pipeline route but remain suboptimal at any given location during periods of elevated corrosivity.

The emergence of stimuli-responsive nanomaterials as a basis for protective coatings, together with the deployment of distributed electrochemical sensor networks and machine learning-based anomaly detection in the pipeline industry, opens a path toward protection systems that do not merely resist corrosion but actively respond to it. Self-healing coating formulations based on microencapsulated inhibitors and layered double hydroxide (LDH) nanocontainers have demon-

strated autonomous inhibitor release at coating defect sites under laboratory conditions (White et al., 2001; Cho et al., 2009). Wireless sensor networks capable of continuous pipe-to-soil potential mapping at kilometre-scale spatial resolution have been demonstrated in field trials (Kuzenbaev, 2025b). Recurrent neural network (RNN) models trained on multivariate electrochemical time-series data have achieved corrosion rate prediction accuracies exceeding 90 % in simulation environments (Kuzenbaev, 2025a). Digital twin frameworks for pipeline condition monitoring have progressed from conceptual prototypes to operator-deployed systems (Baete, 2023). What the literature has not yet provided is a coherent specification of how these components interact when assembled into a unified protection architecture, specifically regarding how the response behavior of a stimuli-responsive coating is represented within the sensor and cognitive layers, and how degradation forecasts generated by the cognitive layer translate into material-level maintenance decisions.

This article examines that specification in detail. The methodological approach is conceptual synthesis: a critical review of published literature on each component technology is used to identify the data flows, interface requirements, and control logic that would be needed to make the integrated system operational. The published research of Kuzenbaev Erzhan on intelligent cathodic protection (Kuzenbaev, 2025a), AI-driven leak monitoring and sensor network design (Kuzenbaev, 2025b), and robotic pipeline inspection (Kuzenbaev, 2025c) provides the primary basis for specifying the sensing and cognitive layer parameters, as these works offer the level of engineering detail that is largely absent from the broader review literature on smart pipeline protection.

Methods

The analytical framework of this article was developed through systematic review of peer-reviewed literature published between 2001 and 2025, supplemented by examination of primary research contributions to the intelligent pipeline protection field. The analytical framework organizes the selected literature around three functional layers. The material layer addresses nanocoating composition, activation mechanisms, and measurable electrochemical signatures of coating degradation. The sensing layer addresses sensor types, network architectures, data acquisition rates, and signal processing approaches adequate for real-time coating condition monitoring. The cognitive layer addresses machine learning model architectures, training data requirements, prediction outputs, and their translation into maintenance decisions within a digital twin environment.

For each layer, the analysis identifies the state of demonstrated performance, the assumptions embedded in published experimental or simulation results, and the interface requirements that must be satisfied for the layer to exchange data with adjacent layers of the system. This layered specification approach produces a more operationally precise picture of integration feasibility than narrative reviews that treat each technology in isolation.

Results

Three nanocoating architectures are currently at sufficient maturity to be considered for integration into an active feedback system. Microcapsule-based systems, in which polymer shells enclosing corrosion inhibitor solution rupture under mechanical stress at coating defect sites, release inhibitor into the damage zone within minutes of shell fracture, forming a protective film on the exposed metal surface (White et al., 2001; Cho et al., 2009).

LDH nanocontainer systems release inhibitor anions through an ion-exchange mechanism triggered by chloride ingress or local pH decrease (Andreeva et al., 2008). This mechanism is particularly relevant for pipeline applications because chloride concentration and pH are both parameters routinely measured by the electrochemical sensor arrays described in the intelligent CP research literature (Kuzenbaev, 2025a). The correlation between sensor-reported chloride and pH values and the expected timing of LDH-triggered inhibitor release provides the data linkage through which coating response behavior becomes visible to the monitoring system, a linkage not previously articulated in the self-healing coatings literature.

Graphene-reinforced epoxy matrices, when combined with LDH nanocontainers, achieve charge-transfer resistance values one order of magnitude higher than unmodified epoxy controls under electrochemical impedance spectroscopy (EIS) measurement in 3.5 wt. % NaCl solution (Dennis et al., 2015; Ramezanzadeh et al., 2017). The EIS response of such composite coatings follows a characteristic two-time-constant pattern whose parameters shift detectably as coating degradation progresses, a feature that enables the coating condition to be tracked over time through periodic impedance measurements without requiring physical inspection. Stimulus-responsive fluorescent composites based on metal-organic framework (MOF) derivatives add a further dimension: optically detectable signals correlated with local ion concentration and pH provide spatially resolved corrosion activity information when interrogated by UAV-mounted spectrometers. Table 1 summarizes the four coating architectures with respect to activation mechanism, response timescale, measurable electrochemical signature, and sensor compatibility.

The sensing layer must satisfy two distinct data requirements: continuous monitoring of pipe-to-soil potential and corrosion current density for the CP control loop, and periodic characterization of coating electrochemical impedance for degradation tracking. The first requirement is addressed in the intelligent CP architecture described by Kuzenbaev (2025a), which specifies a distributed network of $Cu/CuSO_4$ reference electrodes, potential-to-current transducers, and MEMS-based electrochemical microsensors transmitting at 15-minute intervals to a SCADA-connected edge computing layer. The second requirement, coating impedance characterization, is not currently standard practice in field CP monitoring but is technically compatible with the same sensor infrastructure. EIS measurements can be conducted at existing

Table 1. **Stimuli-responsive nanocoating architectures: activation mechanisms, response characteristics, and sensor compatibility**

Coating Type	Activation Mechanism	Response Timescale	Measurable Signature	Sensor Compatibility
Microcapsule-based	Mechanical stress at defect	Minutes	Increase in R_p, decrease in i_corr	LPR, EIS probes
LDH nanocontainer	Cl^- ingress / pH decrease	Hours	Impedance shift, pH recovery	Electrochemical arrays
Graphene/LDH composite	Barrier enhancement + ion exchange	Hours to days	Two-time-constant EIS shift	EIS, potential mapping
MOF-derivative smart coating	pH and ion concentration	Minutes	Fluorescence signal	Optical / UAV imaging

electrode locations using software-defined frequency sweep protocols without hardware modification.

The AI leak monitoring and sensor network research by Kuzenbaev (2025b) extends this architecture to include acoustic emission transducers and temperature-compensated pH probes in a wireless mesh topology. The mesh topology is relevant to coating monitoring because it provides spatial redundancy: if a single sensor node fails or reports anomalous data, adjacent nodes can interpolate the missing measurement without a gap in coverage. The edge computing layer described in this work performs local signal filtering and anomaly flagging before transmission, reducing bandwidth requirements and enabling sub-minute response to threshold exceedance events, a capability essential for triggering CP current adjustments in response to coating holiday detection.

The combination of these two architectures creates a sensing layer in which five independent data streams, namely electrochemical potential, corrosion current density, pH, acoustic emission, and coating impedance where deployed, are continuously available for ingestion by the cognitive layer. The data volume generated by a 100-km pipeline segment with sensor nodes at 500-m intervals is on the order of 50 to 100 GB per year at the specified acquisition rates, which falls within the processing capacity of current commercial edge computing hardware.

RNN architectures with LSTM cells have demonstrated the strongest performance among machine learning models applied to electrochemical time-series data from pipeline environments, owing to their capacity to capture both short-term fluctuations and long-term seasonal trends in corrosion potential signals (Kuzenbaev, 2025a). Training data requirements for adequate model generalization are on the order of 12 to 18 months of continuous sensor records per pipeline segment. Models trained on data from one pipeline segment show limited transferability to segments with substantially different soil chemistry profiles, suggesting that transfer learning protocols, in which a globally pre-trained base model is fine-tuned on local data, are preferable to segment-specific models trained from scratch (Blaiszik et al., 2010).

The digital twin environment provides the integration point at which sensor data, model predictions, and coating condition estimates are combined into maintenance decision outputs. Pipeline digital twin implementations validated against field data have demonstrated the ability to compute spatial corrosion rate distributions along a pipeline route and to simulate the effect of proposed CP current adjustments before field implementation (Baete, 2023). Within the nanocoating architecture under consideration, the digital twin serves an additional function: tracking the cumulative inhibitor release history at each monitored coating segment, estimated from the electrochemical sensor record, and comparing this history against laboratory-derived inhibitor depletion curves to estimate remaining self-healing reserve. When the estimated reserve falls below a defined threshold, the model generates a maintenance flag for the affected segment.

ISO 23247-compliant data exchange protocols ensure that the digital twin state is updated consistently as new sensor and inspection data arrive and that model outputs are accessible to external maintenance management systems. ISO 12944, which specifies film thickness, adhesion strength, and cathodic disbondment resistance requirements for protective coatings in corrosive environments, provides the normative reference against which the digital twin tracks regulatory compliance, automatically flagging segments where predicted residual protection falls below category-appropriate thresholds.

The robotic inspection research described by Kuzenbaev (2025c) addresses the physical validation component of the cognitive layer. CNN-based classification models applied to C-scan UT data enable automated defect categorization at detection probability levels consistent with PHMSA requirements for high-consequence pipeline locations. The multimodal inspection platform described in that work, combining magnetic flux leakage (MFL), UT, eddy current, and visual imaging on a single in-line tool, generates co-registered datasets in which coating disbondment and metal loss are characterized simultaneously at each inspection location. These co-registered datasets provide the ground-truth labels used to recalibrate the digital twin at each inspection cycle, progressively improving prediction accuracy over the operational lifetime of the system.

Discussion

The picture that emerges from this review is one of genuine technical feasibility coupled with a specific, identifiable integration gap. Each of the three system layers has reached a level

of demonstrated performance adequate for field deployment on its own terms. Graphene/LDH composite coatings have been validated under accelerated corrosion conditions equivalent to decades of field exposure (Dennis et al., 2015). The intelligent CP sensor network described by Kuzenbaev (2025a) has been shown to support RNN-based corrosion rate prediction at accuracy levels sufficient to drive closed-loop ICCP control. The robotic inspection platform described by Kuzenbaev (2025c) is capable of generating the co-registered coating and metal condition data needed to calibrate a digital twin. What has not been demonstrated is the data protocol through which coating impedance measurements, the electrochemical signature of nanocoating degradation state, are ingested by the RNN model and represented within the digital twin as a trackable state variable.

This integration gap does not appear to be a fundamental barrier. The methodology for translating raw electrochemical potential and current density data into corrosion state variables, developed in the intelligent CP research (Kuzenbaev, 2025a), is directly extensible to coating impedance data using the same LSTM architecture. Coating impedance follows a characteristic frequency-dependent pattern whose parameters, including high-frequency resistance, low-frequency resistance, and phase angle at intermediate frequencies, can each be represented as a scalar time-series input to the existing model. The sensor network infrastructure described by Kuzenbaev (2025b), with its edge computing nodes and wireless mesh topology, is technically capable of supporting the additional data streams required for impedance monitoring without architectural modification.

A further point concerns the temporal mismatch between coating response timescales and sensor acquisition intervals. Microcapsule rupture and inhibitor film formation occur over minutes; LDH ion-exchange processes unfold over hours; coating impedance degradation driven by water uptake and delamination progression develops over weeks to months. The sensor acquisition rate appropriate for CP control, 15-minute intervals, is adequate for detecting the hours-to-days timescale LDH response but may miss the minute-scale microcapsule response at defect locations between measurement cycles. Increasing acquisition frequency at locations with recent anomalous readings, using the adaptive sampling logic already embedded in the edge computing layer described by Kuzenbaev (2025b), would address this without increasing baseline data volumes.

The economic dimension of the architecture under review also deserves attention. Nanocoating formulations incorporating graphene and LDH components currently carry a material cost premium of roughly two to five times that of standard FBE systems (Nazeer & Madkour, 2018). This premium is recoverable over the service life through reduced CP current demand, extended recoating intervals, and avoided failure costs, but the recovery horizon extends to 10 to 15 years under typical pipeline operating conditions. Operators making investment decisions on shorter planning horizons may find the life-cycle argument less compelling than the safety and regulatory compliance arguments. The digital twin framework provides a mechanism for making this life-cycle case rigorously at the segment level rather than as a system-wide average, which may improve the persuasiveness of the economic argument in practice.

Conclusion

The convergence of stimuli-responsive nanocoating materials, distributed electrochemical sensor networks, machine learning-based corrosion forecasting, and digital twin modeling creates the technical conditions for a qualitative shift in pipeline corrosion management, from periodic reactive intervention to continuous anticipatory protection. The examination conducted in this article shows that the integration of these four technology domains is coherent at the system level and that the primary unresolved challenge lies at the interface between the material and cognitive layers, specifically in the representation of coating impedance as a trackable state variable within the digital twin. The published research of Kuzenbaev Erzhan on intelligent cathodic protection, AI-driven pipeline monitoring, and robotic inspection provides the engineering foundation for the sensing and cognitive layer specifications analyzed here, offering operationally grounded parameters that the broader review literature has not previously synthesized in this context. Three priorities for future experimental work follow directly from this analysis: characterization of the EIS response of graphene/LDH composite coatings under realistic buried-pipeline thermal and chemical cycling conditions; development and validation of transfer learning protocols for coating degradation models under field conditions; and demonstration of the complete sensor-to-digital-twin data pipeline on an instrumented pipeline test section over a minimum two-year observation period.

References:

1. Andreeva, D. V., Fix, D., Möhwald, H., & Shchukin, D. G. (2008). Self-healing anticorrosion coatings based on pH-sensitive polyelectrolyte/inhibitor sandwich-like nanostructures. Advanced Materials, 20(14), 2789–2794.
2. Baete, C. (2023). Digital twin model for pro-active pipeline maintenance. Pipeline Technology Conference Proceedings, Berlin, 2023.
3. Blaiszik, B. J., Kramer, S. L. B., Olugebefola, S. C., Moore, J. S., Sottos, N. R., & White, S. R. (2010). Self-healing polymers and composites. Annual Review of Materials Research, 40, 179–211.
4. Cho, S., White, S. R., & Braun, P. V. (2009). Self-healing polymer coatings. Advanced Materials, 21(6), 645–649.
5. Dennis, R. V., Patil, V., Andrews, J. L., Aldinger, J. P., Yadav, G. D., & Banerjee, S. (2015). Hybrid nanostructured coatings for corrosion protection of base metals: A sustainability perspective. Materials Research Express, 2(3), 032001.

6. He, J., Wen, J., Xiao, S., & Yang, J. (2023). Multi-AUV inspection for process monitoring of underwater oil transportation. IEEE/CAA Journal of Automatica Sinica, 10(3), 828–830.
7. Kuzenbaev, E. (2025a). Intelligent cathodic protection of pipelines: adaptive corrosion control based on artificial intelligence. Universum: technical sciences, 11(140).
8. Kuzenbaev, E. (2025b). AI monitoring and leak prevention in oil and gas pipelines: sensor networks and digital analytics. Internauka, 27(391).
9. Kuzenbaev, E. (2025c). AI-based robotic pipeline inspection: autonomous solutions for diagnostics and prevention. In Innovative approaches in modern science: Proceedings of the 200th International Scientific and Practical Conference, 20(200). Internauka.
10. Nazeer, A. A., & Madkour, M. (2018). Potential use of smart coatings for corrosion protection of metals and alloys: A review. Journal of Molecular Liquids, 253, 11–22.
11. Ramezanzadeh, B., Mohamadzadeh Moghadam, M. H., Shohani, N., & Mahdavian, M. (2017). Effects of highly crystalline and conductive polyaniline/graphene oxide composites on the corrosion protection performance of a zinc-rich epoxy coating. Chemical Engineering Journal, 320, 363–375.
12. Sang, I.-C., & Norris, W. R. (2024). An adaptive image thresholding algorithm using fuzzy logic for autonomous underwater vehicle navigation. IEEE Journal of Selected Topics in Signal Processing, 18(3), 358–367.
13. White, S. R., Sottos, N. R., Geubelle, P. H., Moore, J. S., Kessler, M. R., Sriram, S. R., Brown, E. N., & Viswanathan, S. (2001). Autonomic healing of polymer composites. Nature, 409(6822), 794–797.

Эффективность искусственного интеллекта в механике твердого тела

Ёрбеков Саидбек Исраилович, студент

Научный руководитель: Максудова Насима Атхамовна, кандидат технических наук, доцент

Ташкентский государственный технический университет имени Ислама Каримова (Узбекистан)

Введение. Искусственный интеллект (ИИ) стремительно трансформирует инженерную практику, проникая в сферы, которые традиционно опирались на строгие математические методы и аналитические расчёты. Одной из таких областей является механика твердого тела — фундаментальная дисциплина инженерного образования, лежащая в основе проектирования конструкций и механизмов. Расчёт напряжений и деформаций, анализ устойчивости, определение предельных нагрузок требуют высокой точности, глубокого понимания физических процессов и значительных временных затрат.

Одним из разделов механики твердого тела является наука о сопротивлении материалов — это инженерная наука и дисциплина, изучающая методы расчёта элементов конструкций и машин на прочность, жёсткость и устойчивость. Она помогает определить безопасные размеры деталей, чтобы они не разрушались и не деформировались под нагрузкой. Здесь рассматриваются элементы конструкции стержни, балки, валы и пластины в упрощённых моделях.

Мы заменяем реальную деталь идеализированной схемой (балка, стержень, вал), принимаем гипотезы (малые деформации, линейная упругость, однородный материал) и получаем аналитические формулы.

Основные аспекты сопромата включают в себя:

Прочность — способность выдерживать нагрузки без разрушения.

Жесткость — способность сохранять форму и размеры (минимальная деформация).

Устойчивость — способность сохранять исходную форму равновесия [2].

Одним из способов определения прочности, жесткости и устойчивости является метод конечных элементов (МКЭ). МКЭ — это численный способ решения уравнений механики сплошной среды. Разбиваем конструкцию на маленькие элементы (сетку). Внутри каждого элемента приближаем поле перемещений простыми функциями. Собираем глобальную систему уравнений:

Методы определения прочности [1]

1) Закон Гука[1] (для линейных упругих материалов):

$$\sigma = E\varepsilon$$

где: E — модуль Юнга[2]; ε — относительная деформация.

Удлинение стержня:

$$\Delta L = \frac{NL}{EA}$$

$$[K]\{u\} = \{F\}$$

[1] Закон Гука — это фундаментальный физический принцип, устанавливающий, что сила упругости, возникающая при деформации (растяжении или сжатии) тела прямо пропорциональна изменению его длины. Формула: $F_{упр} = -kx$, где F — сила, k — жесткость, x — удлинение, минус указывает на противоположное направление силы. Закон открыт Робертом Гуком в 1660 году.

[2] Модуль Юнга — физическая величина, характеризующая способность материала сопротивляться растяжению, сжатию при упругой деформации. Обозначается большой буквой E. Назван в честь английского физика XIX века Томаса Юнга.

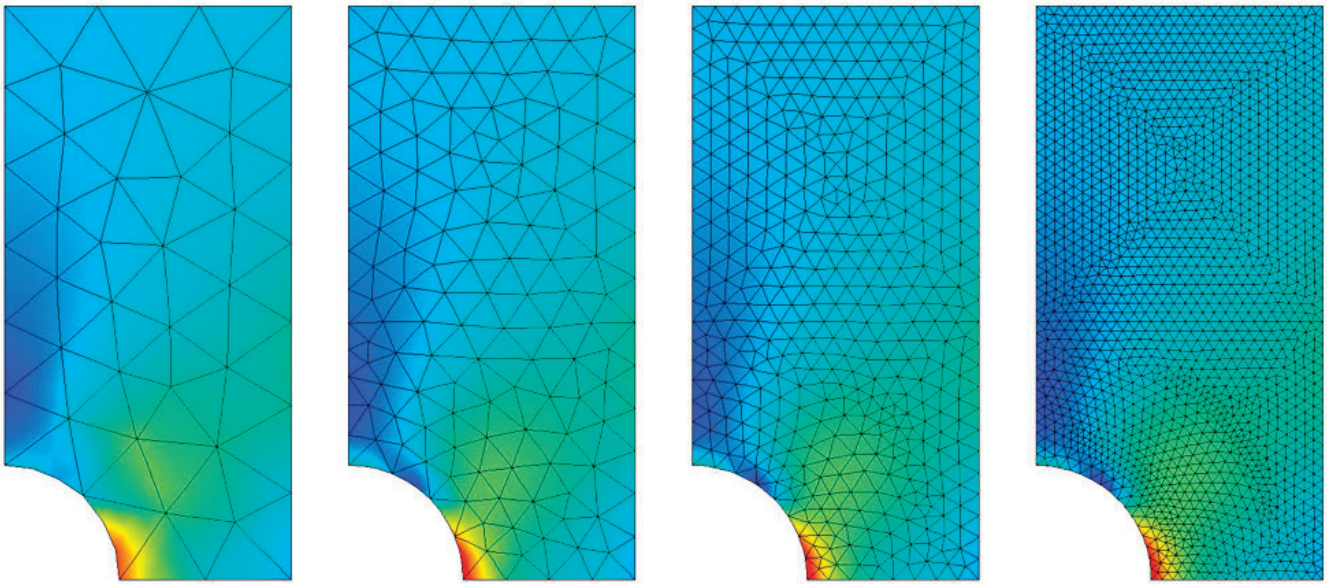


Рис. 1. **Определение и методы уточнения сетки методом конечных элементов**

где: *[K]* — матрица жёсткости; *{u}* — перемещения; *{F}* — нагрузки.

2) Критерии прочности[3]. Когда в точке есть сложное напряжённое состояние (σx, σy, τxy), нужно определить — наступит ли текучесть.

3) Критерий Мизеса[4] (энергетический критерий, наиболее распространён)

Эквивалентное напряжение:

$$\sigma_{eq} = \sqrt{\frac{1}{2}[(\sigma_1 - \sigma_2)^2 + (\sigma_2 - \sigma_3)^2 + (\sigma_3 - \sigma_1)^2]}$$

Условие прочности

$\sigma_{eq} \leq \sigma_{\text{тек}}$

где: $\sigma_{\text{тек}}$ — предел текучести.

4) Критерий Треска[5] (критерий максимальных касательных напряжений)

$$\tau_{max} = \frac{\sigma_1 - \sigma_3}{2}$$

при условии

$$\tau_{max} \leq \frac{\sigma_{\text{тек}}}{2}$$

Что меняет искусственный интеллект

В сопромате и инженерной механике сегодня активно используют связку численного моделирования (FEM) и машинного обучения (ML).

FEM — Предсказание усталостных трещин. В классическом сопромате при анализе усталостной прочности применяются:

1. S-N-кривые (кривые Вёлера) — для определения числа циклов до разрушения;

2. критерии Гудмана и Гербера — для учёта влияния среднего напряжения.

Эти методы позволяют оценивать долговечность элементов конструкций, однако основаны на ряде упрощающих предположений.

Метод конечных элементов (FEM) существенно расширяет возможности анализа. Он позволяет вычислять распределение напряжений и деформаций, коэффициенты интенсивности напряжений (SIF), зоны концентрации напряжений и влияние сложной геометрии и граничных условий. Тем не менее, FEM имеет ограничения такие как, высокая вычислительная стоимость, сложность моделирования трещин произвольной формы, необходимость многократных пересчётов при росте трещины, вариативность и неопределённость реальных условий нагружения. Эти ограничения особенно критичны при задачах мониторинга состояния конструкций в реальном времени.

ML — позволяет дополнить классические и численные методы, ускоряя расчёты и повышая адаптивность моделей. ML-модели обучаются на результатах, FEM-расчётов или экспериментальных данных [3].

Входные параметры: тензор напряжений; амплитуда циклической нагрузки; геометрические характеристики;

[3] Критерии прочности — это теоретические модели (гипотезы) определяющие предельное состояние материалов (текучесть или разрушение) при сложном напряженном состояниисопоставляя его с простым одноосным растяжением. Основные критерии: наибольших нормальных напряжений (хрупкие материалы) наибольших касательных напряжений (Треска) и энергетическая теория (фон Мизеса) для пластичных материалов

[4] Критерии Мизеса — это критерии прочности пластичных материалов определяющие момент перехода в пластическое состояние при сложном напряженном состоянии когда интенсивность касательных напряжений достигает критического значения (предела текучести). В основе лежит энергия формоизменения: материал течет если эта энергия достигает критической величиныполученной из опыта на растяжение.

[5] Критерий Треска — это теория пластичностиу тверждающая что текучесть (пластическая деформация) материала начинаетсяк огда максимальное касательное напряжение в точке достигает значения, соответствующего пределу текучести при одноосном растяжении.

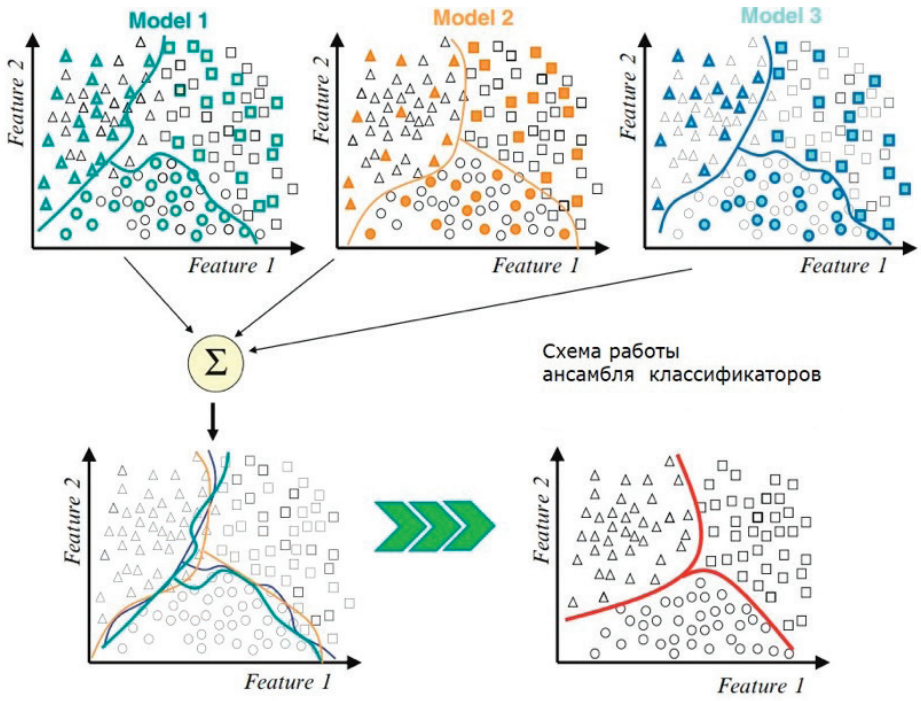


Рис. 2. **Градиентый бустинг**

свойства материала. Что в выходе дает параметры: вероятность зарождения трещины; прогноз числа циклов до разрушения. Используемые методы: искусственные нейронные сети (ANN); градиентный бустинг[6]; графовые нейросети (для работы с mesh-структурами).

Вместо многократного FEM-пересчёта при росте трещины ML может предсказывать скорость роста, обновлять поле напряжений приближённо b работать в режиме реального времени. Такой метод применяется в авиации энергетике, турбомашинах. К примеру, такие методы исследуются в проектах при участии NASA для мониторинга состояния конструкций.

Интеграция FEM и ML в механике формирует новый подход к анализу прочности и долговечности конструкций. Такой гибридный метод сочетает физическую строгость численного моделирования с вычислительной эффективностью и адаптивностью алгоритмов искусственного интеллекта.

Главным преимуществом связки FEM + ML является существенное ускорение расчётов. После обучения суррогатных-моделей[7] способна выполнять предсказания в 100–1000 раз быстрее по сравнению с полноценным FEM-пересчётом. Это особенно важно при многократных повторениях проектирования или при моделировании роста трещин.

Второе важное преимущество — работа с неопределённостью. ML-модели позволяют учитывать вариации нагрузок, начальных дефектов и свойств материала без необходимости проводить тысячи отдельных детерминированных расчётов. Это делает анализ ближе к реальным условиям эксплуатации [4].

Третье преимущество — эффективная оптимизация многопараметрических задач. Классические методы плохо масштабируются при увеличении числа параметров (геометрия, материалы, режимы нагружения). ML позволяет быстрее находить оптимальные конфигурации, автоматизируя процесс проектирования.

Важно подчеркнуть, FEM + ML не заменяют классические основы сопротивления материалов — закон Гука, уравнения равновесия, критерии прочности и механику разрушения. Эти фундаментальные принципы остаются базой модели. Новые методы лишь ускоряют расчёты, автоматизируют проектирование и позволяют анализировать сложные геометрические формы.

Происходит переход от традиционного «расчёта по формуле» к интеллектуальному цифровому проектированию, где физические модели и алгоритмы машинного обучения работают совместно, усиливая возможности друг друга.

Заключение

Применение искусственного интеллекта в сопротивлении материалов демонстрирует значительный потенциал в повышении скорости и точности расчётов, авто-

[6] Градиентный бустинг — это мощный метод машинного обучения, создающий ансамбль слабых моделей (обычно решающих деревьев) последовательно, где каждое следующее дерево обучается исправлять ошибки предыдущих. Он использует градиентный спуск для минимизации функции потерьобеспечивая высокую точность на табличных данных и решая задачи регрессии и классификации

[7] Суррогатное моделирование — это особый случай машинного обучения с учителем, применяемый в области инженерного проектирования.

матизации анализа и оптимизации инженерных решений. Алгоритмы машинного обучения способны выявлять сложные закономерности в поведении материалов, прогнозировать возможные дефекты и предлагать эффективные конструктивные решения на основе накопленных данных.

Литература:

1. Аналитическая динамика частиц и твёрдого тела / Уиттекер Э. Т. — М.: Гостехиздат, 1937. — 500 с.
2. Динамика системы твёрдых тел / Раус Э. Дж. — М.: Наука, 1983. — 464 с.
3. Искусственный интеллект: современный подход / Рассел С., Норвиг П. — М.: Вильямс, 2016. — 1408 с.
4. Искусственный интеллект / Уинстон П. — М.: Мир, 1980. — 520 с.

Влияние технологических процессов на миграцию микропластика при производстве молочных продуктов

Лукин Александр Анатольевич, кандидат технических наук, доцент
Южно-Уральский государственный университет (г. Челябинск)

В статье рассматривается влияние технологических процессов на миграцию микропластика при производстве молочных продуктов. Описаны основные пути проникновения микроскопических пластиковых частиц в пищевое сырьё: через контакт с оборудованием, рабочими поверхностями, технологической водой и упаковочными материалами. Особое внимание уделено роли термической обработки (нагрев, пастеризация, стерилизация), которая ускоряет деградацию полимерных элементов и способствует высвобождению микропластика в продукт.

Ключевые слова: *микропластик, миграция микропластика, молочные продукты, технологические процессы, термическая обработка, упаковка, пищевое сырьё, загрязнение пищевых продуктов.*

Микроскопические пластиковые частицы способны проникать в пищевое сырье на разных стадиях технологического процесса, в особенности при контакте ингредиентов с производственным оборудованием, рабочими поверхностями или технологической водой, содержащей такие загрязнители [1]. Применение полимерных материалов в пищевом производстве получило широкое распространение ввиду их универсальности, удобства санитарной обработки, инертности к химическим воздействиям и экономической целесообразности. Однако пластмассы подвержены деградации под влиянием механических нагрузок, термического воздействия и химических реакций.

Термическая обработка, включающая нагрев, кипячение, пастеризацию и стерилизацию паром, представляет собой один из наиболее значимых, но часто недооцениваемых источников микропластического загрязнения. Высокие температуры способны ускорять процесс разрушения полимерных элементов, используемых в пищевой промышленности. Дополнительные факторы, такие как перепады давления, присутствие воды и динамическое движение сред, могут создавать условия, приводящие к растрескиванию, размягчению, деформации и химическому распаду пластиков. Это, в свою очередь, увеличивает вероятность миграции микрочастиц в продукт [2]. Например, в молочной отрасли процессы пастеризации и гомогенизации задействуют полимерные компоненты (прокладки, уплотнители, кольца), которые испытывают многократные циклы нагрева и охлаждения, что снижает их структурную целостность. Вследствие этого мельчайшие фрагменты эластомерных или полимерных материалов попадают в молоко или иные жидкие пищевые системы [3].

Повышенные температуры также могут снижать износостойкость поверхностей, контактирующих с пищей, делая их более подверженными абразивному износу при перемешивании. Таким образом, тепловая обработка выступает как прямым, так и опосредованным источником микропластика, особенно в жидких и полужидких продуктах, где теплообменное оборудование имеет обширную контактную площадь с пищевой средой.

Вторичное загрязнение возникает после выхода продукта с производственной линии и в основном связано с деструкцией упаковочных материалов на этапах хранения, логистики, дистрибуции и розничной продажи. В то время как первичные источники являются следствием непосредственного контакта пищи с технологическим оборудованием, вторичные связаны с высвобождением микропластика из-за физических нагрузок на упакованную продукцию, температурных колебаний, вибрации или продолжительного складирования. В данном контексте упаковка функционирует иначе, нежели на этапе первичной фасовки. Оперативное упаковывание происходит в цеховых условиях и предполагает прямой

контакт с оборудованием, что относит его к первичным источникам. Напротив, разрушение упаковочных материалов после завершения обработки классифицируется как вторичный источник, поскольку оно не локализовано на производственном конвейере.

Материалы для упаковки, такие как вспененный полистирол, бумага с пластиковым покрытием, крышки для бутылок и элементы укупорочных систем, потенциально способны к выщелачиванию микропластика [4]. Степень их деградации возрастает при воздействии тепла, трения, давления или неоптимальных условий хранения, что облегчает миграцию микрочастиц в готовые к употреблению и хранящиеся пищевые продукты [5].

Еще одним каналом вторичного загрязнения служат атмосферные осаждения. Микропластик, присутствующий во внутренней среде помещений (например, микроволокна от одежды, пластиковая пыль, частицы из систем вентиляции), имеет тенденцию осаждаться на поверхностях продуктов. В ситуациях, когда воздушная фильтрация недостаточна или складские помещения не соответствуют нормативам, вероятность загрязнения пищи микрочастицами из окружающего воздуха существенно возрастает. Дополнительное выделение микропластика может происходить вследствие неправильного обращения или контакта поверхностей. В ходе транспортировки и дистрибуции механические воздействия, температурные колебания и постоянные манипуляции с упаковкой ускоряют старение материалов, приводя к высвобождению и переносу микропластика из упаковки в окружающую среду или непосредственно в пищевой продукт [6].

Молочная промышленность и заводы, производящие напитки, также служат источниками микропластика. Его выделение происходит во время санитарной обработки оборудования, где применяются агрессивные химические средства и высокие температурные режимы. Эти условия способствуют быстрому разрушению полимерных уплотнительных элементов, фильтров, клапанных систем и внутренних покрытий, вследствие чего микропластик попадает в промышленные сточные воды. При недостаточной или отсутствующей фильтрации эти воды напрямую поступают в природные водоемы, что приводит к их загрязнению [7].

Осадок, образующийся на очистных сооружениях, представляет собой третий существенный источник микропластика. Он аккумулирует частицы, включая остатки полимерных чистящих средств, волокна от рабочей одежды и даже пластиковые фрагменты от перерабатывающего оборудования. При использовании такого осадка в сельском хозяйстве для улучшения качества почвы или при его размещении в неподготовленных хранилищах, значительная часть микропластика переносится в грунт. В почвенной среде эти частицы могут длительно сохраняться, перемещаться в область корневых систем, вымываться в грунтовые воды или подвергаться ветровой и водной эрозии [8].

Прямой канал проникновения микропластических частиц в окружающую среду также обеспечивается предприятиями пищевой промышленности. В ходе типичных технологических операций — дробления сырья, смешивания компонентов, фасовки продукции и санитарной обработки агрегатов — происходит генерация микроскопических пластиковых фрагментов. Данные частицы аккумулируются в воздухе производственных помещений, а впоследствии эмитируются наружу через системы вентиляции и аспирации [9].

К числу ключевых источников такого загрязнения относятся абразивный износ полимерных конвейерных лент, фрикционное разрушение режущих элементов из полипропилена или полиэтилена высокой плотности, а также резка тонкослойных пластиковых упаковочных материалов. Исследования подтверждают образование воздушной пластиковой пыли в цехах упаковки, где осуществляется нарезка, термосварка или термообработка многослойных плёнок, ламинированных листов и термоусадочных обёрток. Образовавшиеся мельчайшие частицы длительное время сохраняются в атмосфере цеха, осаждаясь на технологическое оборудование, напольные покрытия и поверхности, контактирующие с пищевой продукцией, откуда впоследствии удаляются потоками воды во время мойки и попадают в сточные системы.

Литература:

1. Химические загрязнители готовой продукции: контроль и снижение уровней контаминации (Обзор предметного поля) / О. И. Лаврухина, Д. А. Макаров, Е. С. Козеичева [и др.]. — Текст: непосредственный // FOOD METAENGINEERING. — 2025. — № 3(2). — С. 27–78.
2. Da˛browska, A. The Raman spectroscopy and SEM/EDS investigation of the primary sources of microplastics from cosmetics available in Poland / A. Da˛browska, M. Mielanczuk, M. Syczewski. — Текст: непосредственный // Chemosphere. — 2022. — № 308. — С. 136407.
3. Saeedi, M. How microplastics interact with food chain: a short overview of fate and impacts / M. Saeedi. — Текст: непосредственный // J. Food Sci. Technol. — 2024. — № 61. — С. 403–413.
4. Ryabova, A. E. Effects of storage conditions on milk powder properties / A. E. Ryabova, V. K. Semipyatny, A. G. Galstyan. — Текст: непосредственный // J. Dairy Sci. — 2023. — № 106. — С. 6741–6758.
5. Sharma, P. Microplastic Contamination in Food Processing: Role of Packaging Materials / P. Sharma. — Текст: непосредственный // Food Sci. Eng. — 2024. — С. 271–287.

6. Sharma, P. Sampling, separation, and characterization methodology for quantification of microplastic from the environment / P. Sharma, P. Sharma, K. Abhishek. — Текст: непосредственный // J. Hazard. Mater. Adv. — 2024. — № 14. — С. 100416.
7. Microplastics and environmental pollutants: Key interaction and toxicology in aquatic and soil environments / Y. Xiang, L. Jiang, Y. Zhou [и др.]. — Текст: непосредственный // J. Hazard. Mater. — 2022. — № 422. — С. 126843.
8. Plastic Waste to Microplastic Pollution and Its Impacts: A Comprehensive Review on Delhi, India / R. Jakhar, S. K. Sandwal, I. Ali, K. Styszko. — Текст: непосредственный // Appl. Sci.. — 2025. — № 16. — С. 61.
9. Hettiarachchi, H. Microplastic Pollution Prevention: The Need for Robust Policy Interventions to Close the Loopholes in Current Waste Management Practices / H. Hettiarachchi, J. N. Meegoda. — Текст: непосредственный // Int. J. Environ. Res. Public Health. — 2023. — № 20. — С. 6434.
10. Microplastics and chemical contamination in aquaculture ecosystems: The role of climate change and implications for food safety—a review / O. H. Fred-Ahmadu, F. O. Ahmadu, A. E. Adedapo [и др.]. — Текст: непосредственный // Environ. Sci. Eur. — 2024. — № 36. — С. 181.

Микропластик в мороженом: источники, пути миграции и меры контроля

Лукин Александр Анатольевич, кандидат технических наук, доцент
Южно-Уральский государственный университет (г. Челябинск)

В статье представлен комплексный анализ источников и путей миграции микропластика и нанопластика (МНП) в мороженое, а также рассмотрены меры контроля для минимизации их содержания в конечном продукте. На основе анализа современных научных публикаций и данных по молочным продуктам выделены основные каналы загрязнения: использование пластиковых и эластомерных материалов в оборудовании, упаковочные решения, вспомогательные ингредиенты и технологические процессы.

Ключевые слова: *микропластик, нанопластик, мороженое, молочные продукты, источники загрязнения, пути миграции, упаковка, технологическое оборудование, фильтрация.*

Мороженое повсеместно признано одним из наиболее востребованных десертов на основе замороженного молока, выпускаемым в огромном множестве вариаций, отличающихся составом и формой выпуска. Хотя продукты молочного происхождения занимают ключевое положение в питании людей, сведения о содержании микропластика и нанопластика (МНП) в этой категории остаются недостаточными [1].

Факт обнаружения микропластиков в молоке и других молочных матрицах, где часто идентифицируют полиэтилентерефталат, полиэтилен и полипропилен, может указывать на совокупность факторов, включая упаковку и воздействие в ходе технологического процесс [2].

На фермах, а также во время сборки и транспортировки широко применяются эластомерные материалы, контактирующие с пищевым сырьем (шланги, прокладки, уплотнения), подвергаясь механическому износу и термическим нагрузкам в процессе мойки, эти материалы становятся вероятными источниками попадания частиц [3]. Более того, комплексные исследования на линиях производства кисломолочной продукции (например, айрана) продемонстрировали наличие МНП в ингредиентах, на этапах обработки и в упаковочных материалах, что подтверждает гипотезу о влиянии как производственного оборудования, так и упаковки на конечный уровень загрязнения продукта [4]. Таким образом, этапы предшествующей обработки рассматриваются нами как вероятные пути поступления загрязнителей, а не как точно измеренные источники, и формулируются в качестве ключевых рекомендаций в рамках принципов HACCP/ISO 22000 (например, гигиеничный дизайн, корректный подбор материалов и превентивное обслуживание шлангов, клапанов, уплотнений) для минимизации исходной нагрузки как до, так и после этапа упаковки.

На сегодняшний день в мировой практике отсутствуют целенаправленные исследования, посвященные загрязнению МНП именно мороженого. Несмотря на отсутствие прямых аналогов, анализ существующих данных позволяет утверждать о множественности потенциальных каналов загрязнения, учитывая сложность молочных цепочек поставок и индустриальный характер производства мороженого.

Уже на этапе сбора молока пластиковые трубопроводы, клапаны и транспортные системы автоцистерн представляют существенный риск, главным образом вследствие механического абразивного износа и воздействия остаточных моющих средств и добавок к воде. Резиновые компоненты также могут быть источником выщелачивания синтетических частиц в молочную матрицу. В процессе изготовления продукта вспомогательные ингредиенты, такие как подсластители, эмульгаторы, включения шоколада или фруктов, а также прямой контакт массы с пластиковыми упаковочными материалами спо-

собны дополнительно увеличить нагрузку МНП [12–14]. Помимо этого, применение синтетических перчаток, доильного оборудования и дезинфицирующих средств на фермах может способствовать раннему загрязнению, потенциально приводя к попаданию МНП в исходное молоко. Совокупность данных по всему производственному циклу подчеркивает острую необходимость во внедрении интегрированных протоколов мониторинга и мер по предотвращению загрязнения как на уровне сельхозпредприятий, так и на перерабатывающих мощностях [5].

Отдельным, часто недооцениваемым, но существенным источником проникновения МНП при переработке молока являются сами системы фильтрации. Механические нагрузки и химическая деградация уплотнений фильтров, прокладок и мембранных элементов могут приводить к прямому вымыванию полимеров в поток молока. В промышленных условиях ультрафильтрация стандартно применяется для снижения микробиологической обсемененности и удаления взвешенных частиц перед последующими стадиями, такими как производство мороженого [6]. Тем не менее, при несвоевременном техническом обслуживании или замене фильтрующих установок биологическое обрастание и минеральные отложения могут нарушать целостность мембран (рис. 1.).

Рис. 1. **Мембранный фильтр**

Подобные структурные изменения способны увеличивать размер пор и позволять полимерным фрагментам проникать в продукт, минуя фильтрационный барьер, что в итоге вносит вклад в загрязнение конечного продукта [7]. Данная механистическая уязвимость усиливает потребность в надежном мониторинге состояния оборудования и превентивном обслуживании на объектах молочной промышленности.

Согласно работе Ling X. и соавторов (2024), посвященной йогурту, полистирол (PS), полипропилен (PP) и полиэтилен (PE) были идентифицированы как преобладающие полимеры [8]. Применяя метод рамановской спектроскопии, Da Costa Filho с коллегами (2021) выявили присутствие PE, полиэфирсульфона (PES), PP, политетрафторэтилена (PTFE) и PS (частицы > 5 мкм) в сыром фермерском молоке [5]. Концентрации варьировались от 204 до 1004 частиц на 100 мл, что существенно превышает показатели большинства коммерческой продукции, вероятно, из-за загрязнения на этапах первичной производственной цепочки. Chakraborty T. K. и др. (2024) зафиксировали содержание микро- и нанопластиков (MNP) на уровне 279,47±134,26 частиц/кг в образцах жидкого молока из Бангладеш, где доминирующим полимерным материалом также оказался полиэтилен [9].

В исследовании Basaran B. и соавторов (2023) в 14 коммерческих марках молока было обнаружено 264 пластиковых частицы [10]. Наиболее часто встречающимся полимером оказался этиленвинилацетат (EVA), за которым следовали нейлон, PE, полиуретан (PU) и PP. Примечательно, что хотя упаковка была произведена на основе полиэтилена, данный полимер не был обнаружен в конечном продукте. Этот факт позволяет предположить, что стадии технологической обработки могут вносить более существенный вклад в загрязнение, чем непосредственный контакт с упаковочным материалом.

Совокупность этих данных согласуется с предположением, что термические и механические воздействия в ходе технологических процессов, таких как пастеризация и стерилизация, способствуют миграции MNP с поверхностей оборудования, контактирующих с пищевым сырьем. В качестве иллюстрации, Ranjan V. P. и др. (2021) продемонстрировали, что при контакте одноразовых бумажных стаканчиков с горячей водой выделение MNP происходит в течение всего 15 минут, что подчеркивает значительное влияние температурного фактора на процесс выщелачивания [11]. Таким образом, при рассмотрении современных научных публикаций в сочетании с полученными результатами становится очевидным, что тип, количе-

ственное содержание и морфология MNP в молочных продуктах определяются комплексом переменных. К ним относятся исходная чистота сырья, параметры технологической обработки и состав упаковочных материалов.

Литература:

1. Diaz-Basantes, M. F. Microplastics in honey, beer, milk and refreshments in Ecuador as emerging contaminants / M. F. Diaz-Basantes, J. A. Conesa, A. Fullana. — Текст: непосредственный // Sustainability. — 2020. — № 12 (14). — С. 5514.
2. Assessing microplastic contamination in milk and dairy products / E. Visentin, G. Niero, F. Benetti [и др.]. — Текст: непосредственный // Npj Sci. Food. — 2025. — № 9 (1). — С. 135.
3. Characterisation of Elastomers as Food Contact Materials–Part 1: Quantification of Extractable Compounds, Swelling of Elastomers in Food Simulants and Release of Elements / F. Kühne, M. Biedermann, A. Eicher [и др.]. — Текст: непосредственный // Molecules. — 2021. — № 26 (2). — С. 509.
4. Buyukunal, S. K. Microplastics in a traditional Turkish dairy product: Ayran / S. K. Buyukunal, S. R. Zipak, K. Muratoglu. — Текст: непосредственный // Pol. J. Food Nutr. Sci. — 2023. — № 73 (2). — С. 139–150.
5. Detection and characterization of small-sized microplastics ≥ 5 μ / Costa Filho P A Da, D. Andrey, B. Eriksen [и др.]. — Текст: непосредственный — 2021. — № 1. — С. 24046.
6. Perspective of membrane technology in dairy industry: A review / P. Kumar, N. Sharma, R. Ranjan [и др.]. — Текст: непосредственный // Asian Australas. J. Anim. Sci. — 2013. — № 26 (9). — С. 1347.
7. Maliwan, T. Release of microplastics from polymeric ultrafiltration membrane system for drinking water treatment under different operating conditions / T. Maliwan, J. Hu. — Текст: непосредственный // Water Res. — 2025. — № 274. — С. 123047.
8. Identification and Visualization of polystyrene microplastics/nanoplastics in flavored yogurt by Raman Imaging / X. Ling, J. Cheng, W. Yao [и др.]. — Текст: непосредственный // Toxics. — 2024. — № 12 (5). — С. 5.
9. Microplastics in the commercially available branded milk in Bangladesh: An emerging threat for human health / T. K. Chakraborty, M. J. Hasan, B. N. Netema [и др.]. — Текст: непосредственный // J. Hazard. Mater. — 2024. — № 477. — С. 135374.
10. Microplastics in branded milk: dietary exposure and risk assessment / B. Basaran, Z. Ozçifçi, H. T. Akcay, Ü. Aytan. — Текст: непосредственный // J. Food Compos. Anal. — 2023. — № 123. — С. 105611.
11. Ranjan, V. P. Microplastics and other harmful substances released from disposable paper cups into hot water / V. P. Ranjan, A. Joseph, S. Goel. — Текст: непосредственный // J. Hazard. Mater. — 2021. — № 404. — С. 124118.
12. Лукин, А. Полимеры в мясе, молоке и яйце / А. Лукин. — Текст: непосредственный // Животноводство России. — 2025. — № 11. — С. 57–59.
13. Лукин, А. А. Контаминация молока и молочных продуктов микропластиком / А. А. Лукин, А. Ю. Бодров. — Текст: непосредственный // Продукты питания: производство, безопасность, качество: материалы международной научно-практической конференции. — Уфа: Башкирский гос. аграрный ун-т, 2024. — С. 265–271.
14. Исригова, Т. А. Основные источники микропластика в продуктах питания и напитках / Т. А. Исригова, А. А. Лукин. — Текст: непосредственный // Проблемы развития АПК региона. — 2024. — № 3(59). — С. 164–171.

Пути поступления микропластика из пищевой промышленности в окружающую среду

Лукин Александр Анатольевич, кандидат технических наук, доцент
Южно-Уральский государственный университет (г. Челябинск)

В статье рассматриваются основные пути поступления микропластика в окружающую среду, связанные с деятельностью пищевой промышленности. Анализируются как прямые, так и косвенные каналы миграции микропластика: от этапов переработки и упаковки продукции до обращения с отходами, выбросами предприятий и логистических процессов.

Ключевые слова: *микропластик, пищевая промышленность, отходы производства, сточные воды, атмосферные выбросы, логистика, экологические риски.*

Прямые каналы поступления

Одним из ключевых прямых источников загрязнения микропластиком являются этапы переработки и упаковки пищевой продукции. На этих стадиях микроскопические пластиковые частицы способны проникать в продукты питания при прямом контакте с первичной упаковкой, в особенности при её термическом воздействии или механическом повреждении. Существенную роль играют такие материалы, как пластиковые плёнки, тара для хра-

нения, защитные оболочки и элементы технологического оборудования [1].

1. Обращение с отходами производства. Утилизация отходов представляет собой значительный прямой путь попадания микропластика в экосистемы, степень его влияния определяется спецификой технологического цикла, типом образующихся отходов и методами их обработки. В пищевом производстве формируется широкий спектр твёрдых, жидких и шламовых отходов, содержащих пластиковые остатки вследствие абразивного износа аппаратуры, фрагментов упаковки и вспомогательных материалов. Несовершенная переработка данных отходов ведёт к их постепенной фрагментации с образованием микропластика, который затем проникает в почвенные покровы, водные объекты и системы канализации. Твёрдые отходы переработки часто включают значительную долю пластика из-за его преобладания в упаковочных системах и вследствие активного использования полимерных материалов в технологических процессах [2].

Например, в хлебопекарном и кондитерском производстве образуются отходы в виде полиэтиленовых плёнок и многослойных полипропиленовых подложек. На полигонах эти материалы под действием солнечной радиации, влаги и механических нагрузок деградируют с образованием микропластика. Предприятия по розливу напитков утилизируют ПЭТ-бутылки и крышки, которые также распадаются на мелкие фрагменты под влиянием факторов среды. Твёрдые отходы переработки морепродуктов, рыбы (рис. 1) и мяса включают обрезки полиэтиленовых разделочных досок высокой плотности, полипропиленовые ящики и пенополистирольные лотки, применяемые для хранения и транспортировки. При контакте с влагой и температурными колебаниями эти пластики разрушаются, генерируя микропластик, который попадает в почву или, в прибрежных зонах, смывается в водные объекты [3].

Жидкие стоки и сточные воды имеют совокупно существенный объём и зачастую характеризуются более высокой концентрацией микропластика по сравнению с твёрдыми отходами. Значимым источником выступают сточные воды рыбоперерабатывающих заводов, где регулярные мойка, чистка и удаление накипи с оборудования приводят к сбросу большого количества микропластика из полипропиленовых корзин, лотков из полиэтилена высокой плотности (HDPE) и нейлоновых сетей. Критической проблемой являются взвешенные микропластические частицы в стоках, которые поступают в канализационные сети и в конечном итоге — в речные и водные экосистемы. Молочные и ликёроводочные предприятия также вносят вклад в эмиссию микропластика в ходе санитарной обработки, где применение химических реагентов и высоких температур ускоряет разрушение полимерных уплотнений, фильтров, клапанов и футеровки, способствуя выносу частиц в сточные воды (рис. 2). При отсутствии адекватной фильтрационной очистки эти стоки напрямую попадают в водоёмы, обуславливая их загрязнение [3].

Третьим важным источником являются осадки (шламы), образующиеся на локальных очистных сооружениях. Данные осадки аккумулируют микропластик, включающий остатки полимерных моющих средств, волокна от рабочей одежды и частицы износа технологического оборудования. При использовании таких осадков в качестве мелиорантов в сельском хозяйстве или при захоронении в необлицованные котлованы значительная часть микропластика попадает в почвенный слой. В почве эти частицы могут длительно персистировать, мигрировать в корнеобитаемую зону, выщелачиваться в грунтовые воды или подвергаться ветровой и водной эрозии [4]. Стоки предприятий по переработке морепродуктов часто содержат повышенные концентрации микропластика, что связано с большими объёмами воды, используемой в про-

Рис. 1. **Твёрдые отходы переработки рыбы**

Рис. 2. **Утилизация отходов производства молочной промышленности**

цессах мойки и обработки. Сами системы очистки могут служить накопителями для осаждённых частиц, которые потенциально высвобождаются при последующей утилизации шламов. Твёрдые отходы, хотя и содержат заметные количества пластиковых фрагментов, оказывают более замедленное воздействие на окружающую среду. В совокупности все указанные потоки отходов способствуют дисперсии микропластика, причём значимость каждого канала варьируется в зависимости от применяемых технологий переработки и систем управления отходами.

2. Выбросы с предприятий пищевой промышленности. Еще одним непосредственным каналом поступления микропластика в окружающую среду являются выбросы, непосредственно генерируемые в процессе переработки пищевого сырья. На многих этапах производства продуктов питания — таких как дробление, смешивание, фасовка и санитарная обработка — происходит образование микрочастиц пластика, которые в виде аэрозоля распространяются внутри производственных помещений и впоследствии эмитируются наружу через системы вентиляции. К типичным источникам относятся абразивный износ полимерных транспортерных лент (рис. 3), фрикционное разрушение режущих элементов из полиэтилена высокой плотности или полипропилена, а также резка тонкослойных пластиковых упаковочных материалов. Установлено, что в цехах упаковки, где многослойные пленки, термоусадочные материалы и ламинаты подвергаются резке, сварке или термообработке, в воздухе образуется пластиковая пыль [5]. Эти мельчайшие частицы находятся во взвешенном состоянии, оседая на технологическом оборудовании, полах и поверхностях, контактирующих с пищей, а затем смываются в ходе плановых уборочных мероприятий.

Производственные объекты, такие как мукомольные и крупяные заводы, мельницы для помола специй и кофе, также вносят вклад в формирование воздушных микропластических загрязнений. В данных отраслях широко используются пластиковые бункеры-накопи-

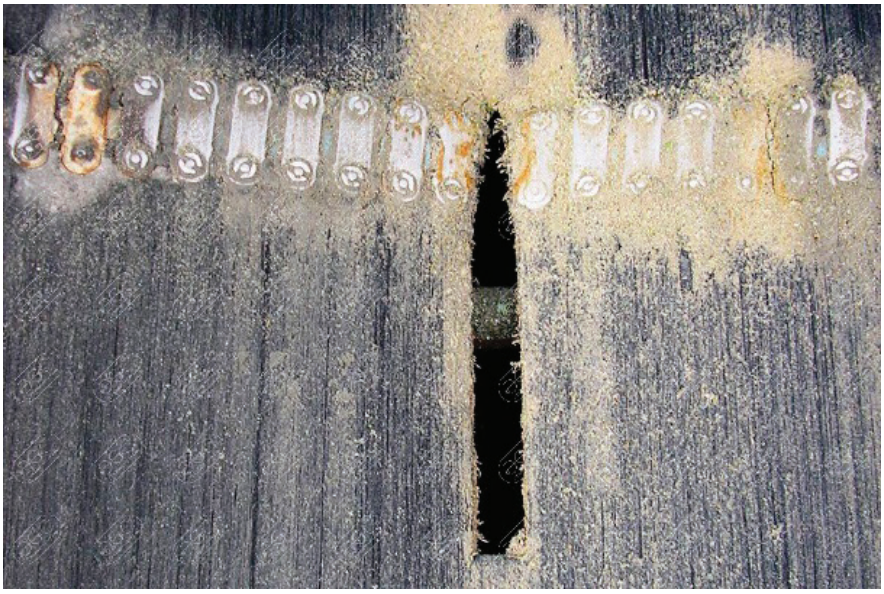


Рис. 3. **Износ конвейерной ленты из ПВХ**

Рис. 4. **Пневмотранспортные системы**

тели с внутренним покрытием, силосы для хранения и пневмотранспортные системы (рис. 4), которые в процессе непрерывной вибрации при перемещении сыпучих материалов способствуют высвобождению мелких полимерных частиц. Эти частицы смешиваются с органической пылью, образующейся при измельчении продукта [6].

Кроме того, синтетические волокна рабочей одежды и средств индивидуальной защиты персонала выделяются в воздух при движении работников по территории предприятия. Со временем микропластик аккумулируется в вентиляционных воздуховодах и поступает в атмосферу с выбросами даже при минимальной интенсивности работы оборудования. Предприятия, не оснащенные эффективными системами аспирации и фильтрации воздуха или не осуществляющие регулярное удаление пылевых отложений, становятся локализованными источниками микропластика, который впоследствии попадает в атмосферу, увеличивая общую нагрузку на окружающую среду и осаждаясь на почве и в водных объектах.

Косвенные каналы поступления

Значительным потенциальным источником микропластического загрязнения выступает логистика пищевой продукции, расфасованной в полимерные обёртки или тару. Перевозки на протяжённые дистанции сопряжены с колебаниями температур и механическими нагрузками, которые провоцируют нарушение целостности упаковки, что ведёт к генерации микроскопической пластиковой пыли, осаждающейся на продуктах или в окружающем пространстве. Дополнительно, выхлопы транспортных средств и абразивный износ автомобильных шин (рис. 5) вносят вклад в накопление микропластика на дорожных покрытиях и в почвах экосистем.

1. Факторы, связанные с обращением упаковки. Ведущей косвенной причиной загрязнения микропластиком является деструкция упаковочных материалов. Полимеры, используемые в пищевой упаковке, такие как полиэтилентерефталат, полипропилен и полистирол, постоянно подвергаются физическому, термическому и механическому

Рис. 5. **Абразивный износ автомобильных шин**

воздействию со стороны окружающей среды. В процессе хранения и транспортировки эти материалы испытывают перепады температуры и давления, вибрацию и прямые физические воздействия. Влияние механических сил на полимерные структуры нарушает их целостность и способствует образованию микрофрагментов, рассеивающихся в окружающей среде. Упаковочные лотки из вспененного полистирола, применяемые для мяса, рыбы и овощей, склонны к растрескиванию при температурных перепадах, что приводит к высвобождению мельчайших частиц полистирола [7]. Обёртки для продуктов быстрого питания часто производятся из бумаги с полимерным покрытием, которая характеризуется высокой степенью эмиссии микропластика, особенно при долгом хранении или контакте с тёплой и жирной пищей. Тара для напитков, включая бутылки из полиэтилентерефталата (ПЭТ). Нахождение упаковочных материалов под открытым небом ускоряет их деградацию, поскольку солнечная радиация, механические факторы и иные природные воздействия разрушают материал, в конечном счёте формируя микро- и нанопластики. Микропластик, образующийся из повреждённой тары, имеет свойство аккумулироваться в почвах, пресных водоёмах и дренажных системах.

2. Атмосферные пути переноса. Важным механизмом является атмосферное осаждение — процесс воздушного переноса микропластических частиц на поверхности пищевых продуктов, упаковки, технологического оборудования или ёмкостей для хранения. К источникам поступления микропластика в атмосферу относятся урбанистическая пыль, транспорт, текстильные волокна, строительные отходы и промышленные выбросы [8]. На пищевых производствах воздушное осаждение означает попадание микропластика из окружающей среды непосредственно на продукты или аппаратуру. Недостаточная вентиляция, открытые производственные линии и неэффективная фильтрация воздуха увеличивают осаждение частиц на рабочих поверхностях, полах и конвейерных линиях. Осаждение — сложный процесс, происходящий на открытых рынках, в холодильных камерах и распределительных центрах, где продукты часто фасуются без герметичной защитной упаковки. Воздушные волокна полиэтилена, полипропилена и полиэстера, содержащиеся в загрязнённой атмосфере городов, осаждаются как на упакованную, так и на неупакованную продукцию в ходе её разгрузки, сортировки и продажи. Впоследствии эти отложения удаляются через потоки отходов во время санитарной обработки либо остаются на упаковочных материалах, которые в дальнейшем деградируют до микропластика при утилизации. Атмосферное осаждение микропластика представляет собой комплексный процесс транслокации, где атмосфера выступает основным переносчиком, перемещающим микропластик из зон переработки пищи в природные среды.

3. Генерация микропластика в цепях поставок. Образование микроскопических пластиковых частиц тесно связано с операциями в логистических цепях и производственными процедурами. Их формирование является результатом естественной динамики: вибрации, трения, сжатия и температурных колебаний, которым подвергаются упаковочные материалы. Логистическая цепь холодильного снабжения для замороженных пищевых продуктов усугубляет проблему, создавая значительные температурные перепады — от экстремально низких до относительно высоких показателей. Эти колебания также воздействуют на упаковочные материалы: лотки, плёнки и ящики.

Литература:

1. Barceló, D. Microplastics: Detection in human samples, cell line studies, and health impacts / D. Barceló, Y. Picó, A. H. Alfarhan. — Текст: непосредственный // Environ. Toxicol. Pharmacol. — 2023. — № 101. — С. 104204.
2. Food chain microplastics contamination and impact on human health: a review / C. G. Eze, C. E. Nwankwo, S. Dey [и др.]. — Текст: непосредственный // Environ. Chem. Lett. — 2024. — № 22. — С. 1889–1927.
3. Hettiarachchi, H. Microplastic Pollution Prevention: The Need for Robust Policy Interventions to Close the Loopholes in Current Waste Management Practices / H. Hettiarachchi, J. N. Meegoda. — Текст: непосредственный // Int. J. Environ. Res. Public Health. — 2023. — № 20. — С. 6434.
4. Microplastics and chemical contamination in aquaculture ecosystems: The role of climate change and implications for food safety—a review / O. H. Fred-Ahmadu, F. O. Ahmadu, A. E. Adedapo [и др.]. — Текст: непосредственный // Environ. Sci. Eur. — 2024. — № 36. — С. 181.
5. Losses and emissions in polypropylene recycling from household packaging waste / J. B. Kasper, L. A. Parker, S. Postema [и др.]. — Текст: непосредственный // Waste Management. — 2025. — № 191. — С. 230–241.
6. Swinnerton, S. The emission and physicochemical properties of airborne microplastics and nanoplastics generated during the mechanical recycling of plastic via shredding / S. Swinnerton, J. Su, S J Tsai C. — Текст: непосредственный // Sci. Rep. — 2024. — № 14. — С. 24755.
7. Microplastics in take-out food: Are we over taking it? / -L Bai C, -Y Liu L, -L Guo J [и др.]. — Текст: непосредственный // Environ. Res.. — 2022. — № 215. — С. 114390.
8. Review on invasion of microplastic in our ecosystem and implications / M. Lee, H. Kim, -S Ryu H [и др.]. — Текст: непосредственный // Sci. Prog. — 2022. — № 105.
9. Kosuth, M. Anthropogenic contamination of tap water, beer, and sea salt / M. Kosuth, S. A. Mason, E. V. Wattenberg. — Текст: непосредственный // PLoS One. — 2018. — № 13. — С. e0194970.

Разработка системы высадки рассады для автоматизированного многоцелевого овощеводческого комплекса

Маслов Андрей Сергеевич, студент магистратуры
Научный руководитель: Шешунова Елена Владимировна, кандидат технических наук, доцент
Ярославский государственный аграрный университет

Материал посвящен разработке автоматизированного посадочного оборудования. Рассматриваются принципы конструирования машин, способных адаптировать технологию посева в зависимости от данных оперативного мониторинга, которые поступающих в реальном времени.

Ключевые слова: *посев, автоматизация, посадочный аппарат, овощи.*

В условиях современного агропроизводства спектр задач постоянно трансформируется. Различия в структурах и типах почв, а также неоднородность полевых массивов ставят перед фермерами необходимость учитывать множество факторов для достижения оптимальной эффективности при выполнении посевных операций и для наращивания урожайности. В таких сценариях классические способы высадки рассады часто оказываются недостаточно результативными.

Технологии высокоточной посадки позволяют преодолеть эти ограничения, объединяя интеллектуальные системы автоматики, процедуры адаптивного выбора межсеменных интервалов и управляемый контроль глубины заделки. Эти элементы согласуются с локальными условиями поля и обеспечивают повышение производительности и более эффективное распределение ресурсов [1]. В контексте усиливающейся интенсификации сельскохозяйственных работ переход к точным методам становится ключевым драйвером развития отрасли. В таблице 1 приведены метрики, демонстрирующие превосходство автоматизированных комплексов по сравнению с традиционными механизированными методами посева.

На основании сведений, приведенных в таблице 1, становится очевидным, что разработка продвинутых технологических решений для высокоточного посева является своевременной и востребованной.

Вопросы применения посадочных технологий для оперативного мониторинга и адаптации к пространственно-временной изменчивости параметров поля, обеспечивающих принятие более обоснованных решений в режиме реального времени, рассматриваются в работах Мельника Ю. В., Бадюла В. Г., Костарнова А. В. и Недоводея М. С.

Комплексное изложение архитектуры и узлов автоматизированных аппаратов для рассадки и дозирования семян — включая вакуумные и электронные дозирующие устройства, контур управления глубиной с датчиками, а также алгоритмы автоматического ведения по траектории с использованием GPSнавигации — представлено в публикациях Фадеева В. Л., Бабаевой Б., Шамырадовой Л. и Мырадова Э.

Таблица 1. **Сравнительная характеристика эффективности способов посева овощных культур [2, 3]**

Наименование показателя эффективности	Традиционный механизированный посев	Автоматизированный многофункциональный аппарат	Относительное изменение (эффективность)
Коэффициент точности распределения семян	82,5–85,0 %	98,8–99,7 %	Увеличение точности на 16,5 %
Среднеквадратическое отклонение от заданной глубины заделки	12,0–15,0 миллиметров	1,5–2,0 миллиметра	Снижение погрешности в 7,5 раза
Удельный расход посевного материала на единицу площади	1,5–2,2 килограмма на гектар	0,7–1,1 килограмма на гектар	Экономия семян до 50 %
Сменная производительность комплекса	3,8–5,0 гектара	15,0–18,5 гектара	Рост производительности в 3,9 раза
Затраты живого труда	4,5 человеко-часа на гектар	0,6 человеко-часа на гектар	Снижение трудозатрат в 7,5 раза
Удельный расход дизельного топлива (энергоемкость)	17,5–20,0 литра на гектар	4,8–6,2 литра на гектар	Снижение энергопотребления на 70 %
Равномерность появления всходов	65–72 %	92– 96 %	Улучшение показателей на 25 %
Прогнозируемый рост урожайности	Базовый уровень	18–25 %	Существенный прирост валового сбора

Вместе с тем, несмотря на заметный прогресс в автоматизации операций высадки, остаются нерешенными задачи, связанные с повышением точности позиционирования растений и обеспечением устойчивости функционирования посадочных механизмов при изменении размерновесовых характеристик рассады и варьирующих условиях эксплуатации.

Исходя из изложенного, цель данной статьи состоит в детальном рассмотрении принципов проектирования системы высадки рассады для автоматизированного многофункционального овощеводческого аппарата.

Механизм посадки овощеводческого аппарата представляет собой основной компонент автоматической рассадопосадочной машины. Его конструкция является ключом к реализации автоматической пересадки густо посаженных овощей и напрямую определяет качество посадки. Существующие на сегодняшний день механизмы посадки в основном представляют собой многозвенные механизмы, подвесные корзины и некруговые планетарные механизмы, а количество рядов посадки в основном составляет два. Однако ни один из них не может удовлетворить агрономическим требованиям плотной посадки овощных рассады [4].

С учетом отмеченного, в последнее время особую популярность приобретают автоматические овощеводческие аппараты, которые используют электромеханическую систему для достижения желаемой функции. Некоторые автоматические системы также оснащены передовыми технологиями, такими как датчики, системы на основе компьютерного зрения и т. д., что способствует внедрению робототехники в сельском хозяйстве.

Автоматическая машина для пересадки овощей включает в себя механизм транспортировки лотков с рассадой, механизм захвата и сброса рассады, механизм извлечения лотков с рассадой, механизм распределения на переменное расстояние, механизм посадки, механизм засыпки грунтом, шасси. Принцип ее работы заключается в следующем: вручную взять лоток с рассадой из стеллажа и поместить его на механизм транспортировки лотков с рассадой. Затем нажать кнопку запуска, и механизм транспортировки лотков с рассадой переместит лоток в положение захвата рассады.

Разработка таких систем начинается с формализации ключевых требований к конструкции. К числу таких требований относятся следующие:

— манипулятор должен двигаться по прямой траектории, чтобы достичь местоположения саженца, поднять его и вернуться в исходную точку;

— конечный исполнительный механизм должен полностью открываться и закрываться, чтобы прочно удерживать саженец без повреждений;

— длина пути захвата саженца должна быть такой, чтобы он не мешал лотку;

— саженец должен быть отпущен точно над трубкой доставки и как можно более прямо в трубу доставки.

Далее необходимо формализовать требования к системе движения транспортного средства, которая используется для перемещения робота в следующее место после опускания саженца в борозду. Как только саженец опустился в трубу для доставки, далее роботу необходимо переместиться в следующую точку опускания. Чтобы он мог двигаться вперед, конструкция системы перемещения транспортного средства должна соответствовать следующим требованиям:

1. Фотоэлектрический датчик способен точно идентифицировать опущенный саженец в трубе для доставки.
2. Контроллер должен обеспечивать немедленную реакцию на сигнал фотоэлектрического датчика и переводить роботизированный узел к следующей точке, заданной программой.

Дополнительно необходимо акцентировать внимание на согласовании работы исполнительных механизмов и адаптивном поведении ходовой части. Для достижения этого требуется строго формализовать алгоритм адаптивного позиционирования и синхронизации. Контур управления обязан поддерживать жесткую временную координацию между моментами срабатывания высаживающего агрегата и текущей линейной скоростью шасси. При возникновении пробуксовки колес или при изменении плотности почвенного слоя контроллер, используя информацию от энкодеров либо инерциальных навигационных модулей, должен вносить корректировки в скорость движения, чтобы фактический шаг посадки оставался постоянным [5]. Данный принцип имеет ключевое значение для соблюдения агротехнических требований к плотности размещения растений и обеспечения последующей механизированной обработки междурядий.

После создания виртуальной прототипной модели с помощью инструсментов SolidWorks упрощенная модель импортируется в программу автоматического динамического анализа механических систем (ADAMS) для кинематического моделирования. В результате получается траектория, скорость и кривая ускорения движения автоматического многофункционального овощеводческого аппарата.

Таким образом, отметим, что проектирование и оценка автоматического многофункционального овощеводческого аппарата предполагает прохождение нескольких этапов. Они включают в себя определение принципа работы посадочного механизма, разработку кинематической теоретической модели, определение структурных параметров приводного устройства, а также механизма открытия и закрытия в посадочном механизме.

Литература:

1. Зернов В. Н. Обоснование конструкции и режима работы ленточного элеватора автоматической посадочной машины // Картофель и овощи. 2022. № 12. С. 33–37.

2. Карпов М. В. Полуавтоматические и автоматические машины для посадки пророщенного картофеля // Сельский механизатор. 2023. № 7. С. 12–14.
3. Addisu Negash Ali Design and Analysis of Automatic Whole Row Tomato Seedling Transplanter Technology With Integrated Controlling System // Journal of Field Robotics. 2025. №.78. P. 14–19.
4. Тошболтаев М. Т., Эгамназаров Б. Обоснование состава, типа и количества технических средств для рисоводческих кластеров // Сельскохозяйственные машины и технологии. 2023. Т. 17. № 3. С. 73–78.
5. Haibin Zhu, Xizhan Lu Characteristics of Plant Type and Lodging Resistance in Unmanned Aerial Seeding Rice With Optimal Basal Seedlings // Food and Energy Security. 2025. Volume 14, Issue 2. P. 50–57.

Снижение электропотребления при работе водогрейных котельных, оснащенных наддувными горелками

Ширяевский Михаил Алесандрович, студент
Научный руководитель: Билалова Алиса Ильдаровна, кандидат технических наук, доцент
Ульяновский государственный технический университет

Введение

В структуре себестоимости продукции современных промышленных предприятий затраты на электрическую энергию составляют от 10 до 40 %, что делает энергосбережение одним из ключевых стратегических инструментов повышения конкурентоспособности бизнеса. Водогрейные котельные, являясь неотъемлемой частью инфраструктуры крупных промышленных объектов и систем ЖКХ, потребляют значительную долю электроэнергии. При этом характерной особенностью их работы в условиях переменных тепловых нагрузок (суточных и сезонных) является практически неизменный уровень потребления электроэнергии на собственные технологические нужды.

В настоящее время на котельных малой и средней мощностях получили распространение котельные агрегаты с надувными горелками. Это объясняется их высоким КПД, простотой монтажа, автоматизации и настройки их работы. Общепринятый методы регулирования мощности работы надувной горелки дросселирование потока подаваемого воздуха характеризуются существенными аэродинамическими потерями и, как следствие, перерасходом энергии [3, с. 112]. В данной статье рассматривается применение частотного регулирования электроприводов дутьевых вентиляторов газовых горелок как высокоэффективного технологического решения, позволяющего оптимизировать процесс горения и добиться значительной экономии электрической энергии.

Актуальность

Актуальность проблемы обусловлена несоответствием между проектными режимами работы котельного оборудования и реальными условиями эксплуатации. Мощность горелочных устройств выбирается согласно нормативным документам, в частности СП 131.13330.2020 «Строительная климатология» [2], из расчёта температуры самой холодной пятидневки с учётом обязательного резерва. Это приводит к тому, что вентилятор горелки в течение большей части отопительного периода работает с избыточной производительностью, регулируемой преимущественно воздушной заслонкой на всасывающем патрубке, что создаёт дополнительное сопротивление и ведёт к ненужному перерасходу электроэнергии.

Рассматривается не только в применении частотного регулирования как эффективного способа регулирования нагрузки котельного агрегата, но и сравниваются фактические климатические параметры с нормативными показателями. Приведен пример нивелирования их разницы путем внедрения автоматизации и указаны организационные барьеры, препятствующие широкому внедрению этой энергоэффективной технологии. В работе подчеркивается необходимость пересмотра устоявшихся подходов к проектированию котельных в условиях изменения климата и развития элементной базы автоматизации.

Основной текст

Электродвигатели наддувных горелок являются одними из основных потребителей электрической энергии в котельных, уступая по мощности лишь сетевым насосам перекачивающих воду от источника до потребителей тепла, и функционируют непрерывно в течение всего отопительного периода. Как отмечается в специализированной литературе, в структуре электропотребления котельной на долю тягодутьевых механизмов может приходиться до 30 % всей расходуемой энергии [4, с. 23].

Анализ фактических климатических данных последних лет демонстрирует значительное превышение реальных температур наружного воздуха над расчётными значениями, заложенными в строительных нормах [2]. В качестве примера рассмотрены данные многолетних наблюдений по Ульяновской области [5].

Представленные на рисунке 1 «Графики анализа климатологических и технических данных в г. Ульяновск» [5] наглядно иллюстрируют устойчивую тенденцию к превышению фактических средних и максимальных температур над нормативами, что подтверждает работу горелочного оборудования в диапазонах ниже расчетных.

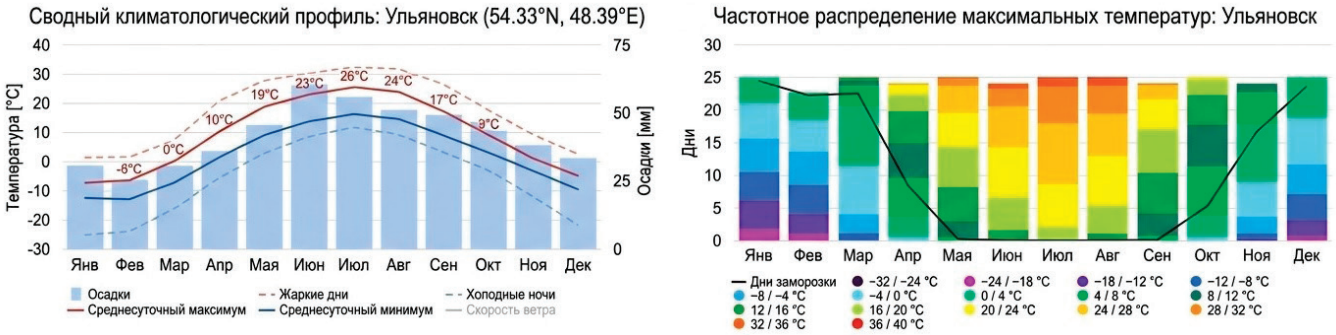


Рис. 1. **Графики анализа климатологических и технических данных в г. Ульяновске**

Одним из наиболее эффективных способов решения проблемы несоответствия производительности вентилятора фактической нагрузке является регулирование частоты вращения его электродвигателя с помощью частотного преобразователя. Согласно исследованиям, применение частотно-регулируемого привода (ЧРП) для центробежных вентиляторов является наиболее совершенным методом, так как позволяет плавно изменять их производительность в широком диапазоне с высоким КПД [3, с. 208]. Предлагаемая система автоматического регулирования может функционировать на основе комплексного сигнала от следующих датчиков:

1. расходомера потребляемого газа (задающий параметр, пропорциональный тепловой нагрузке котла);
2. датчика частоты вращения вала электродвигателя вентилятора (обратная связь по положению);
3. дифференциального датчика давления в камере сгорания и дымоотводящем тракте (контроль аэродинамического режима и обеспечение безопасности).

Поддержание оптимального соотношения «топливо-воздух» путём изменения скорости вращения вентилятора вместо дросселирования заслонкой позволяет значительно снизить потребление электроэнергии, так как мощность, потребляемая центробежным вентилятором, пропорциональна кубу частоты вращения (закон подобия) [3, с. 129]. Следовательно, даже небольшое снижение оборотов ведет к существенной экономии. Практика модернизации показывает, что экономия электроэнергии при внедрении частотного регулирования может достигать 60 % и более [4, с. 24]. Это особенно актуально для котлов, оснащённых горелками с электродвигателями мощностью свыше 55 кВт (рис. 2).

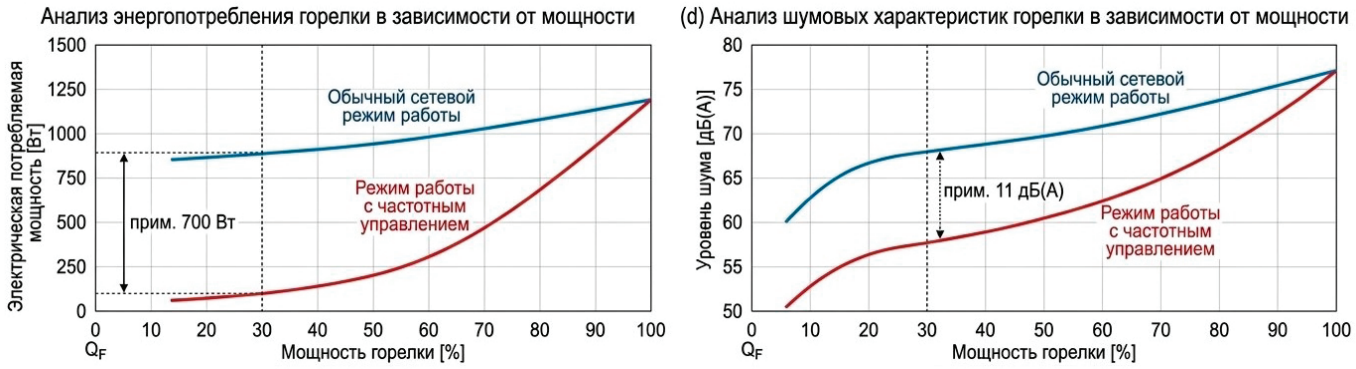


Рис. 2. **Преимущества частотного регулирования**

Кроме прямого энергосберегающего эффекта, снижение частоты вращения вентилятора ведёт к пропорциональному уменьшению уровня шума в помещении котельной, что способствует улучшению условий труда обслуживающего персонала и снижению вредного производственного фактора. Как отмечают специалисты, снижение аэродинамического шума является важным дополнительным преимуществом ЧРП, особенно в котельных, расположенных вблизи жилой застройки или встроенных в производственные помещения [4, с. 25].

Несмотря на очевидную технологическую и экономическую эффективность, широкое внедрение частотного

регулирования сдерживается рядом факторов. Одним из которых является устаревшие и чрезмерно жесткие нормы действующего законодательства в области промышленной безопасности. Из-за того, что котельные мощностью более 100 кВт подпадают под действие Федерального закона № 116-ФЗ «О промышленной безопасности опасных производственных объектов» [1] любая модернизация технических устройств, к которым относятся горелки и системы автоматики, требует проведения экспертизы промышленной безопасности как проекта модернизации, так и самого оборудования, а также внесения соответствующих изменений в реестр опасных производственных объектов. Эти административные и финансовые издержки зачастую останавливают потенциальных заказчиков, несмотря на очевидную экономическую выгоду от энергосбережения в долгосрочной перспективе.

Выводы

1. Водогрейные котельные обладают значительным нереализованным потенциалом энергосбережения за счет оптимизации работы дутьевых вентиляторов наддувных горелок, которые эксплуатируются с избыточной производительностью большую часть отопительного периода. Доля электроприводов тягодутьевых механизмов в общем балансе котельной требует пристального внимания при проведении энергоаудита [4, с. 23].

2. Применение частотно-регулируемых приводов для управления электродвигателями вентиляторов является наиболее эффективным методом регулирования, позволяющим снизить потребление электроэнергии до 60 %, уменьшить уровень шума и повысить культуру производства. Теоретической базой высокой эффективности служит кубическая зависимость мощности от частоты вращения рабочего колеса [3, с. 129].

3. Экономическая целесообразность внедрения частотного регулирования подтверждается как законами гидравлики и электротехники, так и анализом фактических климатических данных [5], указывающих на систематическое превышение расчетных температур наружного воздуха над нормативными показателями [2].

4. Основным сдерживающим фактором для повсеместного внедрения данной ресурсосберегающей технологии являются требования Федерального закона № 116-ФЗ [1] в части сложности процедур согласования изменений в проектной документации и проведения экспертизы промышленной безопасности. Преодоление этих административных барьеров является важной задачей для повышения энергоэффективности российской экономики.

Литература:

1. Федеральный закон от 21.07.1997 № 116-ФЗ «О промышленной безопасности опасных производственных объектов».
2. СП 131.13330.2020 «Строительная климатология». Актуализированная редакция СНиП 23–01–99*.
3. Лезнов Б. С. Энергосбережение и регулируемый привод в насосных и воздуходувных установках. — М.: Энергоатомиздат, 2006. — 360 с.
4. Кытанов В. О., Лебедев В. М. Частотно-регулируемый привод систем вентиляции и дымососов котельных // Промышленная энергетика. — 2019. — № 5. — С. 22–26.
5. Данные метеорологических наблюдений по г. Ульяновск [Электронный ресурс] // Meteoblue. — URL: https://www.meteoblue.com/ru (дата обращения: 20.05.2024).

АРХИТЕКТУРА, ДИЗАЙН И СТРОИТЕЛЬСТВО

Конструктивные решения для строительства дорог на болотах

Дубровин Владимир Алексеевич, студент магистратуры
Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет

Общая площадь болот в России составляет примерно 1,4 млн км2, которые в свою очередь занимают примерно 8,5 % суши страны. Чаще всего болота встречаются в I-III дорожно-климатических зонах, поэтому застройка данных территорий является одной из ключевых при создании эффективной транспортной сети. В данной статье будут затронуты строительные решения, позволяющие выдержать нагрузки транспортных средств на дорожные конструкции при проезде по болотистым местностям на территории России.

Ключевые слова: *автомобильные дороги, искусственные сооружения, способы строительства.*

Design solutions for building roads in swamps

Dubrovin Vladimir Alexeevich, master's student
Saint-Petersburg State University of Architecture and Civil Engineering

The total area of swamps in Russia is approximately 1.4 million km2, which in turn occupy approximately 8.5 % of the country's land area. Swamps are most commonly found in road-climatic zones I-III, making the development of these areas crucial for creating an efficient transportation network. This article will explore the construction solutions that can withstand the weight of vehicles on road structures when passing through swampy areas in Russia.

Keywords: *highways, artificial structures, construction methods.*

Слабые грунты — это грунты, которые не обеспечивают достаточной несущей способности и не пригодные для дорожного строительства без применения дополнительных строительных решений. Слабые грунты относятся к сложным инженерно-геологическим условиям при проектировании автомобильных дорог согласно ГОСТ 33149–2014 «Дороги автомобильные общего пользования. Правила проектирования автомобильных дорог в сложных условиях» [1] и требуют особого режима проектирования.

К местностям, характеризующимся слабым грунтам также относятся болота. Болота — это избыточно переувлажненные участки местности глубиной более 0,5 м. Таким образом, сложность проектирования заключается в грунтах, где наблюдается избыточное увлажнение территории. Болота различаются между собой по строительной категории, типу питания и характеру деформаций.

Порядок проектирования автомобильной дороги предполагает в первую очередь произвести инженерные изыскания, чтобы ознакомится с условиями местности, на которой предполагается устроить искусственное сооружение [2]. В зависимости от сложности объекта может производится от одного этапа до трех этапов изысканий, в зависимости от функционального класса автомобильной дороги, класса автомобильной категории, категории и т. д., то есть от сложности и назначения объекта строительства. По результатам изысканий болотам назначается тип. Классификация болот приведена в СП 34.13330.2021 [3], и разделена на три типа.

Среди конструктивных решений, которые применяются на слабых основаниях, можно выделить такие методы как выторфовывание, снижение высоты насыпи, устройство насыпи из легких материалов, устройство свай, устройство плавающей насыпи, уположение откосов, боковые пригрузочные бермы, распределительные плиты, устройство песчаных дрен.

Частичное или полное выторфовывание применяется при мощности слабого основания не более 4 м, поскольку дальнейшие земляные работы нецелесообразны с точки зрения финансовых и трудовых затрат. Служат для повышения устойчивости основания, однако применяются только на локальных участках в силу экономических затрат, необходимости утилизировать торф.

Снижение высоты насыпи и/или устройство насыпи из легких материалов имеет схожий принцип действия —

снизить вес насыпи, таким образом обеспечивая устойчивость дорожных конструкций на болотах. Оба метода применяются на локальных участках, а также требует особых мер (внимания к продольному профилю для обеспечения видимости для снижения высоты насыпи, необходимости защиты от УФ излучения легких материалов в насыпи).

Если выторфовывание нецелесообразно на конкретном участке местности, альтернативой может являться устройство свайного основания с ростверком, как железобетонным, так и армогрунтовым. Оба варианта служат для перенесения нагрузки от тела насыпи со слабого грунта на более глубинные, мощные слои по сваям. Из недостатков можно выделить высокую стоимость, поэтому мера применяется на локальных участках.

Также можно устраивать плавающую насыпь, поскольку она распределяет нагрузку за счет большой площади, «плавая» по основанию. Такому конструктивному решению характерен сложный технический расчет, а также потребность в точных характеристиках торфа, слагающего проектируемый участок.

С точки зрения уменьшения напряжения на откосы могут применяться меры по уположению откосов. Данное решение также имеет высокую стоимость земляных работ, а также большую ширину полосы отвода дороги.

Боковые пригрузочные бермы используют для предварительного уплотнения основания на участках средней протяженности. Требуется широкая полоса отвода дороги, а также большой объем грунта.

Применение распределительных плит позволяет увеличить площадь опирания, распределение нагрузки по площади, однако имеет невысокую эффективность с точки зрения осадки и общей устойчивости на большой глубине торфа.

Если основной проблемой является существенная переувлажнённость участка, то устройство песчаных дрен позволяет ускорить консолидацию основания, но требует времени на реализацию, часто применяется вместе с временной пригрузкой.

Таким образом, при получении данных изысканий методика следующая:

– проверяется возможность обойти сложный участок;

– проверяется возможность полного удаления слабого грунта и его замены на стабильный при невозможности обхода трудного участка;

– если было применено полное удаление слабого грунта, достаточно ли этой меры для обеспечения надежности будущей конструкции;

– анализ основной проблемы в случае, если полное устранение слабого грунта не представляется возможным;

– разрабатывается конструктивное решение, при котором обеспечивается устойчивость дорожной конструкции;

– проверяется устойчивость основания расчетным методом.

Литература:

1. ГОСТ 33149–2014 «Дороги автомобильные общего пользования. Правила проектирования автомобильных дорог в сложных условиях» URL: https://files.stroyinf.ru/Data2/1/4293762/4293762175.pdf
2. Пособие по проектированию земляного полотна автомобильных дорог на слабых грунтах (к СНиП 2.05.02–85) URL: https://files.stroyinf.ru/Data1/45/45732/
3. СП 34.13330.2021 Свод правил. Автомобильные дороги. СНиП 2.05.02–85* URL: https://mindortrans.su/attachments/СП_34_13330_2021__Свод_правил__Автомобильные_дороги__СНиП_2.pdf

Принципы агроурбанизма как основа трансформации периферийных районов

Иванова Алёна Петровна, студент магистратуры
Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет

В статье рассматривается возможность применения принципов агроурбанизма для развития периферийных районов крупнейших городов. Анализируются ключевые положения концепции — полифункциональность, интегрированность, экологическая эффективность и социальная инклюзивность — как инструменты формирования качественной городской среды. Акцент сделан на агрорекреационном направлении, ориентированном на любительское садоводство, досуг и социальное взаимодействие жителей. Предлагаются уровни внедрения агроэлементов: от периферийной зоны агломерации до жилой группы.

Ключевые слова: *агроурбанизм, периферийные районы, агрорекреация, любительское садоводство, социальная инклюзивность, полифункциональность.*

Введение

Современные города сталкиваются с необходимостью переосмысления подходов к развитию периферийных территорий. Среди актуальных вызовов — монофункциональность, дефицит общественных пространств, недостаток мест приложения труда и социальная разобщенность населения [1]. Массивы жилой застройки XX века,

сформированные под влиянием модернистского функционального зонирования, требуют новых решений, учитывающих современные потребности горожан. Исследователи отмечают, что массовая жилая застройка за пределами центральных районов рискует превратиться в изолированные анклавы без необходимой инфраструктуры [2].

Одним из перспективных направлений развития периферийных территорий выступает концепция агроурбанизма, предлагающая интеграцию сельскохозяйственных функций в городскую среду. Для «спальных» районов наиболее востребовано агрорекреационное направление, ориентированное на любительское садоводство, досуг и развитие локальных сообществ, а не на промышленное производство.

Цель статьи — анализ возможностей реализации принципов агроурбанизма при трансформации периферийных территорий с акцентом на агрорекреационную составляющую.

Проблематика периферийных территорий

Сложившаяся структура периферийных районов крупнейших городов несет в себе ряд градостроительных, социальных и экологических вызовов. Среди них — избыточная монофункциональность, когда обширные жилые массивы лишены сопутствующих функций, что порождает ежедневные маятниковые миграции и перегружает транспортную инфраструктуру [3]. Отсутствие локальных центров притяжения и разнообразных общественных пространств ведет к снижению уровня соседских коммуникаций и ослаблению социальных связей [1]. Дополнительную нагрузку создает дефицит качественного озеленения и фрагментарность природного каркаса, что сказывается на экологическом состоянии территорий [4]. В таких условиях точечные проекты благоустройства оказываются недостаточными, требуется системный подход, способный вернуть периферии утраченную средовую ценность.

Агрорекреационный потенциал периферийных территорий

Периферийные зоны обладают ресурсом для создания агрорекреационных пространств: наличие неиспользуемых земель, близость к жилью, возможность формирования связанных систем озеленения.

Однако эти территории испытывают высокую антропогенную нагрузку. Существующие зеленые насаждения, включая защитные лесные полосы, выполняют санитарно-гигиенические, средозащитные и рекреационные функции и требуют сохранения [4].

Для многих природно-климатических зон характерны угрозы деградации уникальных экосистем из-за неконтролируемого роста городов: несанкционированные свалки, пожары, хаотичная застройка. Сохранение малонарушенных природных территорий должно стать приоритетом при планировании агрорекреационных зон и формировании экологического каркаса агломерации [5].

При проектировании важно учитывать экологические ограничения и стремиться к улучшению обстановки. Агрорекреационные элементы могут выполнять роль буферных зон, экологических коридоров, связывающих природные комплексы, и способствовать восстановлению нарушенных ландшафтов. Таким образом, агрорекреация становится инструментом социального и экологического оздоровления периферийных территорий.

Принципы агроурбанизма как основа трансформации

Агроурбанизм как градостроительная концепция базируется на нескольких фундаментальных принципах, определяющих подходы к интеграции агрорекреационных функций в городскую среду.

Полифункциональность предполагает совмещение жилой, рекреационной, досуговой и образовательной деятельности. Для периферийных районов это означает отказ от жесткого зонирования в пользу среды, где жилье соседствует с общественными садами и досуговыми пространствами, повышая разнообразие и привлекательность территории.

Интегрированность подразумевает встраивание агрорекреационных элементов в существующую городскую ткань на разных уровнях — от вертикального озеленения фасадов до включения общественных садов в структуру дворов и кварталов, делая их естественной частью повседневной среды.

Экологическая эффективность ориентирует проектирование на получение дополнительных природных благ: улучшение микроклимата, очистку воздуха, регулирование водного стока, сохранение биоразнообразия, создание рекреационных и образовательных возможностей [4].

Социальная инклюзивность подразумевает вовлечение жителей в садоводческие практики, развитие соседских коммуникаций и формирование сообществ вокруг общественных садов способствуют преодолению социальной разобщенности и укреплению локальной идентичности.

Уровни реализации принципов агроурбанизма

Реализация принципов агроурбанизма требует последовательного подхода, учитывающего масштаб территории и характер взаимодействия с городской средой. Выделяются следующие уровни внедрения агрорекреационных функций.

Уровень периферийной зоны агломерации задает стратегическую рамку развития. На этом уровне формируется опорный каркас взаимосвязанных агрорекреационных пространств, интегрированных с транспортным каркасом и системой расселения. Задача заключается

в создании непрерывной сети зеленых территорий, связывающей город с пригородными ландшафтами. Такая сеть включает крупные природные комплексы, агроландшафты, рекреационные зоны и обеспечивает их доступность для жителей разных районов. Здесь решаются вопросы экологического равновесия: сохранение природного наследия, формирование миграционных коридоров, регулирование водосборных бассейнов. В градостроительном смысле этот уровень задает «правила игры» для всех последующих, определяя, где возможно развитие, а где — сохранение территории.

Уровень жилого района фокусируется на создании локальных центров агрорекреации, обслуживающих крупные сегменты городской периферии. В пределах района формируются зоны, совмещающие производственные функции с массовым отдыхом: парковые территории с плодовыми насаждениями, агродосуговые комплексы, выделенные участки для ведения любительского садоводства. Эти зоны выполняют роль «зеленых клиньев» — естественных разрывов между плотными жилыми массивами, улучшающих аэрацию и формирующих экологический каркас района. Здесь же размещаются объекты, требующие определенной площади: фермы, питомники растений, сезонные ярмарочные площадки. В отличие от точечных проектов благоустройства, районный уровень обеспечивает системность и масштабность преобразований.

Уровень квартала ориентирован на создание повседневных агрорекреационных пространств, доступных жителям без использования транспорта. В границах квартала размещаются квартальные сады, зоны коллективного садоводства, некоммерческие теплицы для совместного использования. Важным элементом становятся клубы садоводов-любителей — места обмена опытом, посадочным материалом и урожаем. На этом уровне возможно проведение регулярных (еженедельных) сезонных ярмарок, где жители соседних домов могут реализовать излишки выращенной продукции. В отличие от более крупных масштабов, квартальный уровень нацелен на формирование устойчивых соседских сообществ и обеспечивает вовлеченность жителей в повседневные практики.

Уровень жилой группы (двора) представляет собой наиболее доступную и гибкую форму внедрения агрорекреационных элементов. Это пространство непосредственного соседства, где инициативы могут исходить от самих жителей. На этом уровне возможна организация небольших общественных огородов и соседских садов на придомовых территориях, вертикальное озеленение торцов зданий с использованием плодовых и декоративных растений, устройство компактных зон для любительского садоводства (в том числе на эксплуатируемых кровлях). Здесь создаются места для неформального общения и совместного времяпрепровождения, развивается локальная идентичность и формируются социальные связи между соседями. В отличие от более крупных масштабов, где доминирует функциональное планирование, дворовой уровень ориентирован на инициативу и соучастие жителей, а также на максимальную гибкость в адаптации пространства под конкретные запросы сообщества.

Заключение

Интеграция принципов агроурбанизма в структуру периферийных районов позволяет обогатить среду через внедрение агрорекреационных элементов, ориентированных на любительское садоводство и социальное взаимодействие. Предложенный подход с выделением уровней внедрения обеспечивает дифференцированное применение принципов полифункциональности, интегрированности, экологической эффективности и социальной инклюзивности. Это способствует повышению разнообразия среды, развитию соседских коммуникаций и рациональному использованию периферийных территорий.

Литература:

1. Веретенников Д. Как сделать спальные районы такими же интересными, как центр? // Собака.ru. — 2023. — URL: https://www.sobaka.ru/prm/city/urbanistics/164814
2. ВШЭ и Urban: массовая застройка за Садовым кольцом рискует создать гетто // Incrussia. — 2025. — URL: https://incrussia.ru/news/vshe-i-urban-massovaya-zastrojka-za-sadovym-koltsom-riskuet-sozdat-getto/
3. Валиахметов П. А. Решение проблем спальных районов в период пандемии // КиберЛенинка. — 2021. — URL: https://cyberleninka.ru/article/n/reshenie-problem-spalnyh-rayonov-v-period-pandemii
4. Morris R., Davis S., Grelet G-A., Gregorini P. Agroecology for the City—Spatialising ES-Based Design in Peri-Urban Contexts // Land. — 2024. — Vol. 13, Issue 10. — P. 1589.
5. Кошелева О. Ю. К вопросу сохранения естественного почвенно-растительного покрова на урбанизированных территориях степной зоны // Институт степи УрО РАН. — 2021. — URL: https://orensteppe.org/content/k-voprosu-sohraneniya-estestvennogo-pochvenno-rastitelnogo-pokrova-na-urbanizirovannyh

Отопление и вентиляция производственного здания: проблемы, современные решения и методы повышения эффективности систем

Тихомиров Александр Юрьевич, студент магистратуры
Научный руководитель: Уляшева Вера Михайловна, доктор технических наук, профессор
Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет

Системы отопления и вентиляции производственных зданий являются ключевыми элементами обеспечения технологических процессов, безопасности труда и энергоэффективности промышленных предприятий. В статье рассматриваются актуальные проблемы проектирования и эксплуатации данных систем, анализируются современные технические решения, направленные на повышение надежности, экономичности и экологической безопасности промышленных объектов. Особое внимание уделяется интеграции систем вентиляции и отопления в единый климатический комплекс.

Введение

Производственные здания представляют собой сложные инженерные объекты, характеризующиеся значительными объемами, высокими тепловыделениями, наличием вредных веществ и особыми требованиями к условиям труда. В отличие от гражданских сооружений, где система отопления и вентиляции ориентирована преимущественно на комфорт человека, в промышленности данные системы напрямую влияют на безопасность персонала, стабильность технологических процессов и сохранность оборудования [1].

В условиях современного развития промышленности, повышения стоимости энергоресурсов и ужесточения экологических требований актуальной становится проблема модернизации и оптимизации систем отопления и вентиляции производственных зданий. Комплексный подход к решению этих задач позволяет не только снизить эксплуатационные затраты, но и обеспечить соответствие предприятий современным стандартам безопасности и энергоэффективности.

Актуальность

Недостаточная эффективность систем отопления и вентиляции на промышленных объектах приводит к существенным потерям тепловой энергии, ухудшению условий труда, повышению риска аварийных ситуаций и негативному воздействию на окружающую среду. В условиях роста цен на энергоносители и ужесточения нормативных требований (СП 60.13330 [3], СП 7.13130 [4], требования по предельно допустимым концентрациям вредных веществ) важно использовать инновационные подходы к проектированию, эксплуатации и управлению инженерными системами.

Кроме того, изменение структуры промышленного производства, внедрение новых технологий и рост требований к качеству выпускаемой продукции увеличивают значимость надежного климатического обеспечения производственных процессов.

Проблемы систем отопления и вентиляции в производственных зданиях

1. Энергоэффективность и техническое состояние оборудования

Значительная часть промышленных предприятий эксплуатирует устаревшие системы отопления и вентиляции, характеризующиеся низким коэффициентом полезного действия, высокими теплопотерями и отсутствием средств автоматизации. Воздуховоды и теплообменное оборудование имеют значительный износ, что приводит к перерасходу энергоресурсов и снижению качества воздухообмена.

2. Неравномерность распределения тепла и воздуха

Производственные здания часто имеют большую высоту (10–20 м и более) и значительную площадь, что создает проблемы с равномерным распределением тепла. В зимний период наблюдается значительная стратификация температуры (перегрев под кровлей и недостаток тепла в рабочей зоне), что снижает эффективность отопления и увеличивает затраты [1].

3. Сложность удаления вредных веществ

Многие производства (сварочные участки, окрасочные камеры, деревообработка, гальванические цеха) характеризуются выделением пыли, газов, аэрозолей и агрессивных паров. Недостаточная эффективность местных отсосов и общеобменной вентиляции приводит к превышению предельно допустимых концентраций вредных веществ в рабочей зоне, что создает угрозу здоровью персонала [2].

4. Отсутствие автоматизации и интеллектуального управления

На многих промышленных объектах системы отопления и вентиляции работают в постоянном режиме без

учета фактической потребности (наличия людей, технологических циклов, времени суток). Отсутствие автоматизированных систем регулирования приводит к перерасходу энергии и снижению комфортных условий труда [3].

5. Экологические аспекты

Использование ископаемых видов топлива для теплоснабжения промышленных объектов способствует выбросам парниковых газов и загрязняющих веществ. Кроме того, значительная часть тепловой энергии теряется через вытяжную вентиляцию без возможности утилизации.

6. Высокие эксплуатационные затраты и сложность модернизации

Финансовые ограничения и необходимость поддержания непрерывности производственных процессов усложняют проведение комплексной модернизации систем отопления и вентиляции. Часто ремонтные работы носят локальный характер, не решая системных проблем [4].

Современные решения и методы повышения эффективности систем отопления и вентиляции производственных зданий

1. Модернизация оборудования и внедрение высокоэффективных систем отопления

Замена устаревших котельных установок на современные модульные котельные с высоким КПД, применение тепловых насосов для утилизации низкопотенциального тепла, а также внедрение систем лучистого (инфракрасного) отопления позволяют существенно снизить энергопотребление. Лучистые системы, нагревающие поверхности, а не объем воздуха, особенно эффективны в высоких пролетах и позволяют снизить затраты на отопление на 30–50 % [1].

2. Применение систем воздушного отопления, совмещенных с вентиляцией

Современные приточные установки с рекуперацией тепла позволяют одновременно решать задачи подогрева приточного воздуха и удаления вытяжного. Применение пластинчатых и роторных рекуператоров обеспечивает возврат до 60–75 % тепловой энергии, что критически важно для энергоэффективности промышленных объектов [3].

3. Автоматизация и интеллектуальные системы управления

Внедрение автоматизированных систем управления технологическими процессами (АСУ ТП) с частотным регулированием электродвигателей вентиляторов и насосов позволяет адаптировать работу систем к реальной потребности. Использование погодозависимой автоматики, датчиков температуры, давления и загазованности обеспечивает поддержание оптимальных параметров при минимальном энергопотреблении [3].

4. Совершенствование систем местной вентиляции и аспирации

Установка высокоэффективных местных отсосов, бортовых отсосов от технологических ванн и аспирационных систем с современными фильтрами (рукавные фильтры, электрофильтры) позволяет улавливать вредные вещества непосредственно в местах их образования, предотвращая распространение по цеху. Применение систем с автоматической регенерацией фильтров снижает эксплуатационные затраты [2].

5. Повышение теплоизоляции и герметичности ограждающих конструкций

Модернизация светопрозрачных конструкций (замена оконных блоков на энергоэффективные), утепление стен и покрытий, установка быстродействующих секционных ворот с тепловыми завесами позволяют минимизировать теплопотери и снизить нагрузку на системы отопления [1].

6. Использование вторичных энергоресурсов и возобновляемых источников

Утилизация тепла от компрессорного оборудования, технологических печей и вытяжного воздуха для подогрева приточного или горячего водоснабжения является перспективным направлением повышения энергоэффективности [3].

7. Обучение персонала и организация технического обслуживания

Эффективная эксплуатация современных систем отопления и вентиляции возможна только при наличии квалифицированного обслуживающего персонала. Регулярное проведение технического обслуживания, наладки режимов и своевременная замена фильтрующих элементов способствуют продлению срока службы оборудования и поддержанию его работы в оптимальном режиме [2].

Заключение

Обеспечение эффективных, надежных и экологичных систем отопления и вентиляции производственных зданий является одной из ключевых задач современной промышленной инфраструктуры. Комплексный подход, включающий модернизацию оборудования, внедрение

автоматизированных систем управления, применение высокоэффективных технологий рекуперации тепла и совершенствование местной вентиляции, позволяет существенно снизить эксплуатационные расходы, повысить безопасность труда и минимизировать негативное воздействие на окружающую среду [1], [3].

Перспективным направлением является дальнейшая интеграция цифровых технологий (интернет вещей, предиктивная аналитика) и возобновляемых источников энергии в системы климатического обеспечения промышленных объектов, что способствует созданию устойчивых и энергоэффективных производственных предприятий.

Литература:

1. Сканави, А. Н. Отопление / А. Н. Сканави, Л. М. Махов. — М.: Издательство АСВ, 2008. — 576 с.
2. Штокман, Е. А. Теплогазоснабжение и вентиляция / Е. А. Штокман, Ю. Н. Карагодин. — М.: Издательство АСВ, 2011. — 171 с.
3. СП 60.13330.2020. Отопление, вентиляция и кондиционирование воздуха. Актуализированная редакция СНиП 41–01–2003: свод правил. — М.: Минстрой России, 2020.
4. СП 7.13130.2013. Отопление, вентиляция и кондиционирование. Требования пожарной безопасности: свод правил. — М.: ВНИИПО, 2013.

МЕДИЦИНА

Значение возрастных особенностей рентгеноанатомических исследований как объекта исследования современной медицинской науки (обзор литературы)

Асташева Анастасия Романовна, студент
Тульский государственный университет

В статье рассмотрено значение возрастных изменений костно-суставной системы и внутренних органов с точки зрения рентгенологических исследований. Особенное внимание уделено значимости изучения возрастных особенностей рентгенологических исследований в аспектах практического применения их врачами-клиницистами, а также определения их значимости с позиции экономики здравоохранения. В результате исследования сделан вывод о необходимости изучения возрастных особенностей организма, выявляемых с помощью лучевых исследований.

Ключевые слова: *рентгенология, возрастные особенности, рентгенография, лучевые исследования, рентгенологические исследования.*

Лучевые методы диагностики не первое десятилетие занимают важную часть клинической практики врача практически любой специальности. И это не случайно: именно данные диагностические методы позволяют наиболее достоверно определить состояние и анатомические особенности скелета и внутренних органов, своевременно выявить развивающиеся заболевания, не видимые человеческим глазом. Особое значение приобретают данные методы в исследовании особенностей костно-суставной системы человека, которая подлежит значительным изменениям в течение жизни и является определяющим фактором для развития многих заболеваний, которые прогрессируют длительно, но при своевременном выявлении, лечении и коррекции их последствия могут быть предотвращены.

При этом достаточно большое значение имеет исследование специфики рентгенологических исследований в отношении возрастных особенностей пациентов. В частности, для определения примерной нагрузки на рентгенологические службы в зависимости от половозрастной структуры населения в том или ином муниципальном образовании или регионе целесообразно определять, какие исследования преимущественно проводятся для каждой возрастной группы лиц.

1. Так, среди детей чаще всего проводятся исследования, направленные на выявление отклонений роста и развития костно-суставной системы, нарушения окостенения и оссификации хрящевых элементов (зубчатых швов, метафизарных хрящей). С этой целью чаще всего применяется рентгенография верхних конечностей (реже — нижних). Наиболее информативными являются рентгенограммы костей кисти и дистального отдела предплечья, имеющие важное диагностическое значение при обследовании детей с подозрением на задержку роста и полового созревания, гипофизарный нанизм, а также методы проведения дифференциальной диагностики типа и генеза задержки роста [13, с. 154].

Также нередко проводятся исследования черепа в различных проекциях, позволяющие, помимо того, определить нарушения закрытия родничков и уменьшения соединительнотканной прослойки между костями черепа (у детей раннего возраста). В целом, особенности развития костной ткани на рентгенограммах наиболее специфичны для детей до 7–10-летнего возраста [6, с. 49]. В более позднем возрасте могут изучаться особенности строения костей в связи с длительно протекающими заболеваниями, такими как ахондроплазия (рентгенография тазобедренных суставов, обзорная рентгенография костей таза, рентгенография костей голени, коленного сустава и бедренной кости) [8], детский церебральный паралич (изучение костей верхних и нижних конечностей, преимущественно — исследование состояния тазобедренного сустава, влияющего на способность к самостоятельному передвижению) [9].

Кроме того, возрастные особенности детей могут анализироваться в связи с воздействием определённых фак-

торов. Так, имеют значение исследования связи занятий спортом и уровня развития костной системы в подростковом возрасте. Такие исследования проводятся на примере рентгенограмм голеностопного сустава, позволяющих выявить степень синостозирования и примерные сроки полного окостенения, определить основные нагрузочные линии с целью составления дальнейшего плана и режима тренировочного процесса [14, с. 38].

Не меньший интерес с точки зрения исследований рентгенограмм детей представляют вариабельные особенности строения скелета и внутренних органов. Неравномерность роста и точек окостенения, развития внутренних органов, а также их топографические особенности обусловливают существование различных вариантов нормы в детском возрасте, которые нередко граничат с патологическими процессами. Особого внимания заслуживают исследования, посвященные топографическому и голотопическому расположению внутренних органов, которые могут представлять «интерес … для последующего изучения возрастной динамики рентгеновской анатомии» [3, с. 25].

2. Во взрослом возрасте лучевые исследования характеризуются меньшей специфичностью. Основную массу исследований составляют диагностические мероприятия при травмах, перед оперативными вмешательствами, а также применяемые в качестве диагностики заболеваний внутренних органов.

Тем не менее, остаются значимыми исследования, направленные на выявление высокой вариабельной изменчивости структурно-анатомических особенностей некоторых органов, которые могут выступать вариантом нормы, но легко могут быть спутаны со случаями патологии. Варианты нормы и патологии окостенения могут быть выявлены при применении прицельных рентгенограмм высокого разрешения, например, прицельной рентгенограммы грудины [4, с. 15].

Можно заметить, что в настоящее время многие рентгенологические методы заменяются методами компьютерной томографии и МРТ, однако выполнение рентгенографических исследований все так же сохраняет свою актуальность. Так, данные исследования ввиду их простоты, невысокой сложности и высокой скорости выполнения проводятся при экстренной диагностике травм, острых состояний, а также при обследованиях больных, страдающих хроническими сердечно-сосудистыми заболеваниями и поражениями органов желудочно-кишечного тракта и мочеполовой системы, острыми инфекционными процессами с поражением респираторных органов. Не утрачивают своей актуальности ангиографические исследования, исследования проходимости желудочно-кишечного тракта, проводимые в динамике в течение определенного времени, исследования свищевых и раневых ходов, специальные методики (например, получение ортопантомограммы в стоматологии), а также функциональные исследования, позволяющие оценить изменение положения костей и органов при движении. Кроме того, рентгенографические методы ввиду их невысокой экономической стоимости позволяют организовать их скрининговое проведение, например, при наличии воздействия негативных факторов труда на работников определенного предприятия или специальности, таких как подъем тяжестей, региональная нагрузка на определенные группы мышц, неблагоприятные воздействия микроклимата, длительное нахождение в определенной позе [15, с. 13].

3. В более позднем возрасте рентгенологические исследования направлены в основном, на выявление инволютивных изменений структуры костной ткани. На первом месте по значимости исследований костной системы лиц старшего возраста стоят обследования, направленные на выявление остеопороза. Выявление явных признаков остеопороза возможно и на основании обзорных рентгенограмм (например, коленного и тазобедренного сустава), но на данных снимках отображаются грубые изменения при поражении 20–40 % кости, что говорит о недостаточной чувствительности данного метода [12]. Определение минеральной плотности кости на этапе обратимых изменений, принятие своевременного решения о начале терапии осуществляется на основании более специфичных методов, таких как центральная и периферическая денситометрия, не зависящая от состояния и гомогенности окружающих мягких тканей [2, с. 11].

Помимо нарушения минеральной плотности кости, не меньшую значимость имеют исследования возрастных изменений суставов. Например, деформирующий артроз суставов нижних конечностей (преимущественно коленного сустава) является одной из наиболее частых причин потери трудоспособности лиц старше 50 лет. Выявление стадии деформации сустава и определения характера деформации по рентгенологическим признакам влияет не только на определение способности к труду, но и определение тактики лечения и решение вопроса о хирургическом вмешательстве [10, с. 16].

Кроме осевого скелета и скелета конечностей имеет значение также исследование состояния верхней и нижней челюсти, особенно в стоматологической практике. Костная ткань альвеолярного отростка нижней челюсти подвергается наиболее выраженным «структурным изменениям, процесс приобретает прогрессирующий характер в случае … хронического генерализованного пародонтита», при этом частота встречаемости заболеваний пародонта, по оценкам современных ученых, достигает 98 % среди возрастного населения, что говорит об особой актуальности таких исследований [5, с. 3].

Так, например, указывая на значительное снижение толщины альвеолярной части нижней челюсти с увеличением возраста пациента, современные исследователи отмечают особую важность учета данной особенности при планировании хирургических операций и ортопедических вмешательств в данной анатомической области. В возрасте старше 60 лет все большее количество пациентов прибегает к установке несъемных зубных протезов, а установка имплантов и иных средств коррекции зубо-

челюстной системы распространена и среди людей более молодого возраста. При этом от состояния структуры костей во многом зависит успех таких вмешательств, что говорит о необходимости проведения подробного рентгенологического анализа костей верхней и нижней челюсти на предмет резорбции альвеолярной ткани [1, с. 30].

Отдельное слово следует сказать о возможностях лучевых исследований в практике врачей-патологоанатомов. Возможность использования более высоких доз облучения, применения более грубых контрастных веществ, возможность исследования сосудистого русла в условиях отсутствия кровоснабжения в совокупности с большим количеством исследований позволяют сделать выводы о типичных анатомических особенностях строения того или иного органа в зависимости от возраста человека, что будет способствовать повышению осведомленности практикующих врачей-клиницистов о данных особенностях. Данные исследования являются уже достаточно распространенными и показывают свою эффективность с точки зрения выявления возрастных изменений сосудистого русла внутренних органов [7, с. 79]. Кроме того, постмортальные рентгенологические исследования позволяют оценить внутреннее состояние таких органов, лучевая нагрузка на которые при жизни нежелательна, например, органов репродуктивной системы [11]. В дальнейшем такие исследования могут иметь значение для практики хирургических операций и акушерских манипуляций.

Подводя итог, можно сделать вывод о том, какое значение имеет изучение рентгеноанатомических особенностей строения костно-суставной системы и внутренних органов в отношении их возрастной специфики. Так, изучение данных особенностей необходимо ввиду того, что:

— возрастная специфика может объяснять появление на снимке того или иного варианта развития и строения органов определенной анатомической области, которые могут быть спутаны с патологией;

— имеет значение и социально-экономическая характеристика проводимых исследований с точки зрения их количества и свойственности определенной возрастной группе лиц;

— арсенал рентгенологических методов имеет различную целевую направленность в зависимости от возраста обследуемых (дети и подростки — выявление нарушений развития костной системы, задержки роста и развития органов и систем, генетических дефектов процесса окостенения; взрослые лица — преимущественно диагностика травм и типичных заболеваний, свойственных лицам данного возраста, а также проведение скрининговых исследований воздействия вредных факторов труда на здоровье человека; пожилые люди — диагностика и определение степени инволютивных изменений в костно-суставной системе).

Кроме того, учет возрастных особенностей пациента важен в отношении настройки рентгеновских аппаратов в соответствии с морфологией пациента, выявления групп риска по тем или иным заболеваниям, обучения специалистов особенностям анализа снимков пациентов различного возраста, а также в связи с реализацией персонифицированного подхода к диагностике каждого пациента.

Литература:

1. Абирова, Р. Э. Возрастные особенности рентгеноанатомического строения дистального отдела нижней челюсти // Международный журнал гуманитарных и естественных наук. — 2025. — № 6–1 (105). — С. 29–33.
2. Добровольская, О. В. Инструментальная диагностика остеопороза на современном этапе / О. В. Добровольская, Н. В. Торопцова, А. В. Смирнов // Медицинский алфавит. — 2017. — Т. 1, № 12(309). — С. 11–15.
3. Каган И. И. Рентгеноанатомические различия положения сердца в юношеском возрасте / И. И. Коган, А. М. Адегамова // Оренбургский медицинский вестник. — 2014. — № 3 (7). — С. 23–26.
4. Карандеева, А. М. Возрастные аспекты рентгеноанатомического анализа грудины / А. М. Карандеева [и др.] // FORCIPE. — 2020. — № S2. — С. 13–15.
5. Мухаметшина, Л. И. Рентгеносемиотика хронического генерализованного пародонтита и возрастных инволютивных изменений нижней челюсти: специальность 14.00.2114.00.02: автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата медицинских наук / Мухаметшина Лиана Ильфировна. — Пермь, 2008. — 22 с.
6. Насонова, Н. А. Возрастные аспекты в рентгеноанатомии как один из ключевых моментов изучения нормальной анатомии человека на элективном курсе педиатрического факультета / Н. А. Насонова [и др.] // FORCIPE. — 2020. — № 1. — С. 47–50.
7. Овсеенко, Т. Е. Варианты артериоархитектоники селезенки по результатам ангиографических исследований / Т. Е. Овсеенко, А. А. Бортников // Актуальные вопросы морфологии: Материалы XXI научной конференции студентов, молодых ученых и специалистов, Ростов-на-Дону, 26 ноября 2024 года. — Ростов-на-Дону: Ростовский государственный медицинский университет, 2024. — С. 75–79.
8. Рентгеноанатомическая характеристика длинных трубчатых костей нижних конечностей у больных ахондроплазией в возрастном аспекте / Г. В. Дьячкова, А. М. Аранович, Е. С. Михайлов, А. А. Щукин // Гений ортопедии. — 2003. — № 3. — С. 55–61.
9. Рентгеноанатомические характеристики тазобедренного сустава у детей различных возрастных групп с детским церебральным параличом / Т. Ю. Затравкина, И. А. Норкин, С. А. Рубашкин, С. А. Куркин // Детская хирургия. — 2016. — Т. 20, № 2. — С. 91–96.

10. Рентгеноморфологические изменения мыщелков бедренной и большеберцовой костей у больных деформирующим артрозом коленного сустава / Г. В. Дьячкова, Н. В. Сазонова, Т. А. Ларионова, К. А. Дьячков // Вестник рентгенологии и радиологии. — 2015. — № 4. — С. 12–17.
11. Санькова, И. В. Асимметрия сосудов матки / И. В. Санькова, О. А. Каплунова, Е. В. Чаплыгина // Журнал анатомии и гистопатологии. — 2017. — Т. 6, № 4. — С. 42–46.
12. Смирнов, А. В. Рентгенологическая диагностика остеопороза при ревматических заболеваниях // Consilium Medicum. — 2004. — Т. 6. — № 8. — С. 574–577.
13. Хисамутдинова, А. Р. Остеогенез костей кисти и дистального отдела предплечья у детей и подростков с задержкой роста // Ученые записки СПбГМУ им. И. П. Павлова. — 2011. — № 2. — С. 154–155.
14. Хисамутдинова, А. Р. Темпы остеогенеза у мальчиков подростков под влиянием эндогенных и экзогенных факторов / А. Р. Хисамутдинова, Е. Н. Комиссарова // FORCIPE. — 2020. — № 3. — С. 36–40.
15. Якупов, Р. Р. Остеопороз как проблема медицины труда (клинико-рентгенологические аспекты диагностики) / Р. Р. Якупов, Л. К. Каримова // Мед. труда и пром. экол. — 2010. — № 7. — С. 12–14.

Эффективность акатинола мемантина в комплексной терапии деменции (на фоне синдрома Шиена — Симмондса): клинический случай

Барсуков Александр Михайлович, невролог;
Шустаева Марина Петровна, эндокринолог
ГБУ Рязанской области «Областная клиническая больница имени Н. А. Семашко» (г. Рязань)

Когнитивные нарушения — полиэтиологический синдром.

Основные причины развития когнитивных нарушений:

- *инсульт;*
- *дисциркуляторная энцефалопатия;*
- *опухоль головного мозга.*

Инфаркт гипофиза возникает вследствие кровоизлияния или ишемии чаще всего у больных с макроаденомой гипофиза, при этом могут возникнуть головные боли, тошнота.

Цель: представить клинический случай пациента с деменцией на фоне синдрома Шиена — Симмондса, ассоциированного с макроаденомой гипофиза; провести анализ отечественных и зарубежных публикаций о методах оптимального лечения деменции на фоне развившейся апоплексии гипофиза.

Проведен анализ отечественных публикаций за период 2011–2025 гг. Использовались базы данных: PubMed, eLIBRARY.RU, платформа Frontiers. Поиск проводился по ключевым словам на русском и английском языках: «деменция», «гипофиз», «аденома гипофиза», «синдром Шиена — Симмондса», «акатинол мемантин», «NMDA-рецепторы». Глубина поиска публикаций — 14 лет: с 2011 по 2025 г.

Представлен клинический случай.

Для быстрого достижения клинического эффекта была рекомендована комплексная терапия: антиоксидантная (мексидол в ампулах), антагонисты NMDA-рецепторов (акатинол мемантин в таблетках); ключевую роль в данном случае играет назначение оригинальной формы мемантина — акатинола мемантина. Результаты терапии акатинолом мемантином: повышение общей активности, повышение способности к запоминанию новой информации, увеличение общей продолжительности ночного сна, уменьшение забывания текущих событий, уменьшение апатии, уменьшение дневной сонливости, улучшение общего качества жизни пациента.

Представлен случай деменции, ассоциированной с апоплексией гипофиза на фоне его макроаденомы. Значительно стойкое улучшение функций достигнуто в результате добавления к комплексной терапии акатинола мемантина в суточной дозе 20 мг на постоянной основе.

Представленный клинический случай является примером успешного применения препарата, уменьшающего стимуляцию NMDA-рецепторов, в плане восстановления когнитивных функций. В связи с этим целесообразно раннее включение в схему терапии антагониста NMDA-рецепторов (акатинола мемантина) для ускорения процесса возвращения пациента к полноценной деятельности.

Основной причиной деменции в данном случае является инфаркт гипофиза, ассоциированный с макроаденомой гипофиза.

Ключевые слова: *деменция, гипофиз, аденома гипофиза, синдром Шиена — Симмондса, акатинол мемантин, NMDA-рецепторы.*

The effectiveness of acatinol memantine in the complex therapy of dementia (against the background of Skien — Simmonds Syndrome): a clinical case

Cognitive impairment is a polyethological syndrome.

The main causes of cognitive impairment:

– stroke

– dyscirculatory encephalopathy

– brain tumor.

Pituitary infarction occurs due to hemorrhage or ischemia, most often in patients with pituitary macroadenoma, and headaches and nausea may occur.

PURPOSE. To present a clinical case of a patient with dementia on the background of Skien-Simmonds syndrome associated with pituitary macroadenoma, to analyze domestic and publications on methods of optimal treatment of dementia on the background of advanced pituitary apoplexy.

The analysis of domestic publications for the period 2011–2025 is carried out. The following databases were used: PubMed, eLibrary.RU, Frontiers platform. The search was conducted by keywords in Russian and English: dementia, pituitary gland, pituitary adenoma, Skien-Simmonds syndrome, akatinol memantine, NMDA receptors. The search depth for publications is 14 years, from 2011 to 2025 years.

A clinical case is presented.

To achieve a rapid clinical effect, complex therapy was recommended: antioxidant (mexidol in ampoules), NMDA receptor antagonists (akatinol memantine in tablets), the key role in this case is played by the appointment of the original form of memantine — akatinol memantine. The results of akatinol memantine therapy: increased general activity, increased ability to memorize new information, increased total nighttime sleep duration, decreased forgetfulness of current events, decreased apathy, decreased daytime sleepiness, and improved the overall quality of life of the patient.

A case of dementia associated with pituitary apoplexy on the background of its macroadenoma is presented. A significant sustained improvement in function was achieved as a result of the addition of acatinol memantine in a daily dose of 20 mg on an ongoing basis to complex therapy.

The presented clinical case is an example of the successful use of a drug that reduces NMDA receptor stimulation in terms of restoring cognitive functions, and therefore it is advisable to include an NMDA receptor antagonist (akatinol memantine) in the treatment regimen early to accelerate the patient's return to full-fledged activity. The main cause of dementia in this case is a pituitary infarction associated with a pituitary macroadenoma.

Keywords: *dementia, pituitary gland, pituitary adenoma, Skien-Simmonds syndrome, akatinol memantine, NMDA receptors.*

Введение

Когнитивные функции обеспечивают:

– темп познавательной деятельности;

– процесс обучаемости;

– речь;

– планирование и принятие решений;

– узнавание эмоций и мотивов поведения окружающих людей [1].

Основные причины развития когнитивных нарушений:

– инсульт;

– дисциркуляторная энцефалопатия;

– опухоль головного мозга [1].

У 25–30 % больных после перенесенного инсульта (даже нетяжелого) в течение года развивается деменция, у 30–70 % — умеренные когнитивные расстройства. Инсульт вдвое увеличивает риск заболеваемости деменцией [2].

Часто нарушения сна могут привести к нарушению запоминания новых событий — основному симптому деменции, особенно на поздних этапах жизни. При этом люди с когнитивными нарушениями спят больше днем и меньше — ночью, так как возникает нарушение работы соответствующих нейронов в гипоталамусе и стволе мозга [3].

Классификация видов памяти:

– мгновенная — удержание информации в полученном виде (длительность — 0,1–0,25 секунды);

– кратковременная — сохранение информации (от нескольких секунд до нескольких минут) после однократного ее восприятия;

– долговременная — хранение информации в течение длительного времени [4].

Деменцией является затрудняющее обыденную жизнь нарушение памяти и еще одной из когнитивных функций: восприятие, внимание, память, счет, речь или мышление [5].

Раньше всего при этом страдает кратковременная память (возникают забывчивость, привычка класть вещи не на те места, проблемы при использовании телефона), что сразу замечается родственниками [5].

Степени тяжести деменции:

– легкая (умеренная): постоянное умеренное снижение памяти, но затруднения возникают лишь в сложных видах деятельности;

– умеренно тяжелая: резкое нарушение ориентации и снижение способности выполнять привычные действия;

– тяжелая: полная зависимость от окружающих в повседневной жизни [6].

Помимо двигательных нарушений, достаточно часто встречаются координаторные нарушения разной степени выраженности, например неустойчивость при поворотах [6].

Для психических расстройств, связанных с поражением префронтальных отделов лобной доли, характерны:

– расторможенность со стороны эмоционально-волевой сферы: несдержанность, плоские шутки, дурашливость;

– апато-абулический синдром (синдром Серейского): аспонтанность, адинамия, абулия (безразличие к окружающему миру), выражающиеся в безынициативности, пассивности, снижении двигательной активности [7].

Неврологические осложнения гормонально неактивных опухолей гипофиза

Аденомы гипофиза составляют 14 % внутричерепных новообразований. Практически всегда доброкачественные, они возникают преимущественно из клеток передней доли гипофиза [8]. На томографических исследованиях обнаруживается картина увеличения размеров турецкого седла (более 15 мм), истончения его спинки, углубление его дна, оссификатов в нем либо углубление параселлярной области [9].

Гормонально неактивные опухоли гипофиза не сопровождаются развитием гормональных эндокринных расстройств, выявляются с одинаковой частотой у мужчин и женщин, составляют 25–43 % от всех опухолей гипофиза [10].

Основные жалобы у больных с гормонально неактивными опухолями гипофиза: головные боли, головокружение, снижение памяти, слабость, утомляемость, сонливость [10]. Также при аденомах гипофиза могут возникать нарушения функции гипоталамуса (при супраселлярном росте): расстройство ритма сна и бодрствования, нарушение аппетита [11]. Если аденома гипофиза по диаметру более 1 см, то это макроаденома; если менее —микроаденома [12].

Инфаркт гипофиза возникает вследствие кровоизлияния или ишемии чаще всего у больных с макроаденомой гипофиза, при этом могут возникнуть головные боли, тошнота. В ряде случаев возможно консервативное лечение, если отсутствуют неврологические проявления данной патологии [13].

Гипоталамо-гипофизарная недостаточность (гипопитуитаризм) развивается из-за повреждения аденогипофиза с последующим развитием гормональных нарушений. Одна из причин его возникновения — инфаркт гипофиза (септико-эмболический инфаркт, или апоплексия гипофиза, или синдром Шиена — Симмондса) [14]. Одним из проявлений синдрома Шиена — Симмондса является снижение работоспособности и толерантности к физическим нагрузкам [14].

Цель

Представить клинический случай пациента с деменцией на фоне синдрома Шиена — Симмондса, ассоциированного с макроаденомой гипофиза, провести анализ отечественных и зарубежных публикаций о методах оптимального лечения деменции на фоне развившейся апоплексии гипофиза.

Материалы и методы

Проведен анализ неврологических изданий за период 2011–2025 гг.

Представлен клинический случай.

Результаты и обсуждение

Непрерывное развитие медицины позволяет получать дополнительные данные об эффективности комплексной терапии в плане лечения деменции.

Назначение препаратов с мультимодальным механизмом действия исключает полипрагмазию и позволяет положительно влиять на различные звенья патогенеза поражения головного мозга как органа — мишени артериальной гипертензии. Одним из таких лекарственных средств является мексидол — оригинальный препарат этилметилгидроксипиридина сукцината. Это оригинальный препарат, противоишемическое действие которого реализуется за счет его выраженных антигипоксантных, антиоксидантных и мембранопротекторных свойств. Он подавляет развитие глутаматной эксайтотоксичности нейронов, снижает концентрацию конечных продуктов пероксидации и других субстратов свободнорадикального окисления при ишемии мозга, способствует синтезу и активации HIF-1 в условиях гипоксии [15]. Мексидол создает энергетическую почву для успешной работы мозга, при этом не вызывая замедления метаболизма [16]. Важно отметить, что мексидол не вызывает синдрома обкрадывания, в отличие от ряда ноотропов [17].

Ключевым при лечении данной патологии стало использование препаратов, одним из которых является оригинальная форма мемантина — акатинол мемантин.

Концепцией патогенетического механизма возникновения деменции является глутаматергическая. При недостаточности глутамата нарушается закрепление процесса запоминания, но при повышении его концентрации он действует как нейротоксин — активация NMDA-глутаматных рецепторов приводит к массивному поступлению в нейроны кальция, и возникающая утрата нейронов приводит к дальнейшим когнитивным расстройствам. Таким образом, препараты, снижающие эту стимуляцию, применяются для защиты от нейродегенерации.

Акатинол мемантин является единственным представителем антидементных препаратов, в основе действия которого лежит селективное блокирование глутаматных

NMDA-рецепторов и улучшение выживаемости ацетилхолинергических нейронов [18]. Изредка данный препарат оказывает легкий психоактивирующий эффект, поэтому его нецелесообразно назначать на ночь [19]. В настоящее время не установлено возникновение синдрома отмены акатинола мемантина [20]. Именно дополнительной стимуляцией синтеза дофамина можно объяснить, что акатинол мемантин корректирует аффективные нарушения, в частности уменьшает апатию [21].

Положительный эффект терапии акатинолом мемантином в отношении когнитивных и эмоциональных расстройств развивается в течение трех месяцев терапии и остается стабильным в течение шести месяцев [22]. Акатинол мемантин отличается высоким уровнем безопасности по сравнению с другими препаратами [23].

Описание клинического случая

Представлен случай развития деменции, ассоциированной с апоплексией гипофиза (в анамнезе макроаденома гипофиза).

Клиническая картина на момент начала терапии: снижение памяти на текущие события; снижение внимания; выраженная сонливость, не проходящая после отдыха; снижение аппетита, настроения и интереса к жизни; нарушение походки (пациентку шатает вправо-влево), затруднение самообслуживания (из-за выраженной сонливости, не проходящей после отдыха, а также из-за постоянной забывчивости пациентка не могла самостоятельно есть, одеваться, заниматься домашними делами).

Значительное уменьшение сонливости, апатии, головокружения, улучшение кратковременной памяти достигнуты в результате лекарственной терапии: антигипоксанты (мексидол в ампулах), антагонисты NMDA-рецепторов (акатинол мемантин в таблетках). В данном случае ключевая роль отводится терапии антагонистами NMDA-рецепторов (акатинол мемантин в таблетках).

Пациентка: женщина, 78 лет (1947 г. р.).

Анамнез жизни: пациентка росла и развивалась без особенностей.

Анамнез заболевания: со слов сына (в сопровождении которого была на приеме), 29.01.2020 пациентка в связи с жалобами на головокружение и слабость самостоятельно прошла МРТ головного мозга (рис. 1, рис. 2, рис. 3).

При этом гормональная активность не исключалась. Пациентка была затем проконсультирована нейрохи-

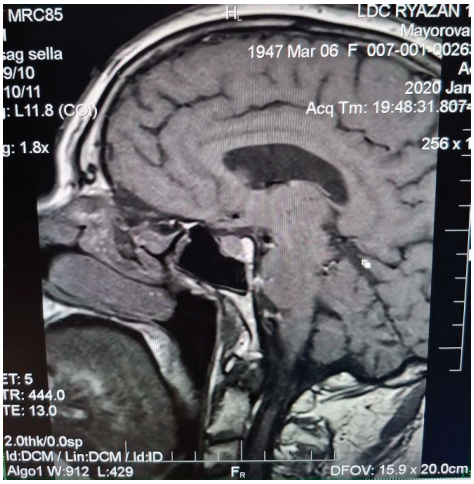


Рис. 1. **МРТ головного мозга (T1 sag sella)**

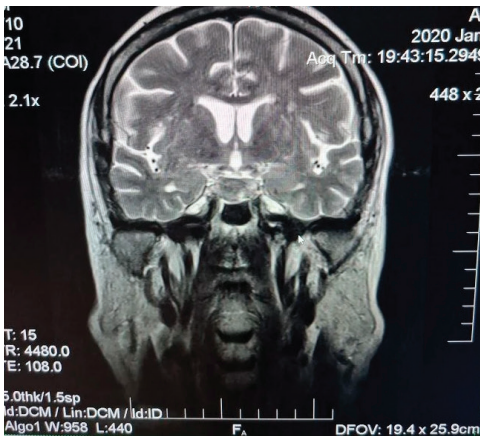
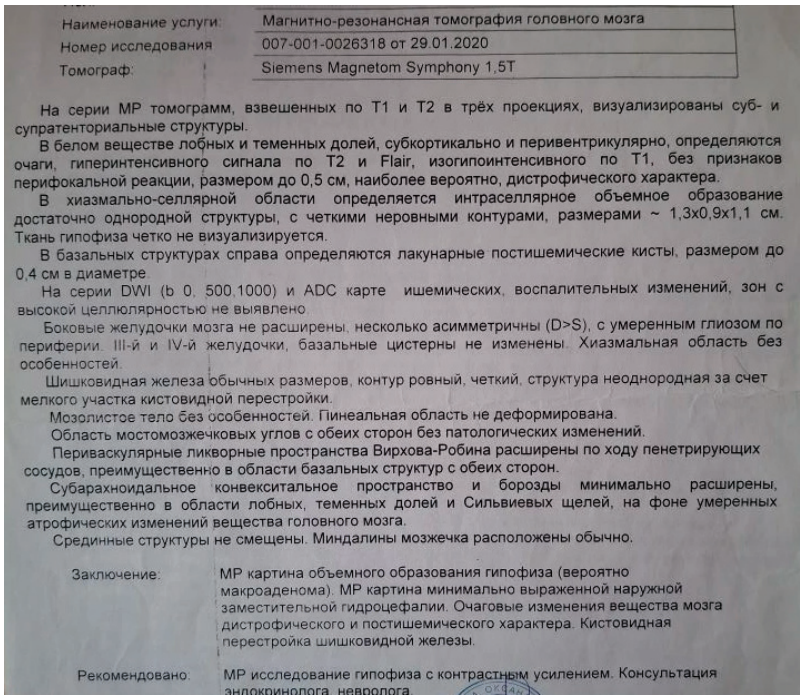


Рис. 2. **МРТ головного мозга (T2 Cor)**



Наименование услуги:	Магнитно-резонансная томография головного мозга
Номер исследования	007-001-0026318 от 29.01.2020
Томограф:	Siemens Magnetom Symphony 1,5T

На серии МР томограмм, взвешенных по Т1 и Т2 в трёх проекциях, визуализированы суб- и супратенториальные структуры.

В белом веществе лобных и теменных долей, субкортикально и перивентрикулярно, определяются очаги, гиперинтенсивного сигнала по Т2 и Flair, изогипоинтенсивного по Т1, без признаков перифокальной реакции, размером до 0,5 см, наиболее вероятно, дистрофического характера.

В хиазмально-селлярной области определяется интраселлярное объемное образование достаточно однородной структуры, с четкими неровными контурами, размерами ~ 1,3х0,9х1,1 см. Ткань гипофиза четко не визуализируется.

В базальных структурах справа определяются лакунарные постишемические кисты, размером до 0,4 см в диаметре.

На серии DWI (b 0, 500,1000) и ADC карте ишемических, воспалительных изменений, зон с высокой целлюлярностью не выявлено.

Боковые желудочки мозга не расширены, несколько асимметричны (D>S), с умеренным глиозом по периферии. III-й и IV-й желудочки, базальные цистерны не изменены. Хиазмальная область без особенностей.

Шишковидная железа обычных размеров, контур ровный, четкий, структура неоднородная за счет мелкого участка кистовидной перестройки.

Мозолистое тело без особенностей. Гинеальная область не деформирована.

Область мостомозжечковых углов с обеих сторон без патологических изменений.

Периваскулярные ликворные пространства Вирхова-Робина расширены по ходу пенетрирующих сосудов, преимущественно в области базальных структур с обеих сторон.

Субарахноидальное конвекситальное пространство и борозды минимально расширены, преимущественно в области лобных, теменных долей и Сильвиевых щелей, на фоне умеренных атрофических изменений вещества головного мозга.

Срединные структуры не смещены. Миндалины мозжечка расположены обычно.

Заключение:	МР картина объемного образования гипофиза (вероятно макроаденома). МР картина минимально выраженной наружной заместительной гидроцефалии. Очаговые изменения вещества мозга дистрофического и постишемического характера. Кистовидная перестройка шишковидной железы.
Рекомендовано:	МР исследование гипофиза с контрастным усилением. Консультация эндокринолога, невролога.

Рис. 3. **Заключение МРТ головного мозга от 29.01.2020**

ургом, заключившим, что «показаний к оперативному лечению нет» (при этом или заключение не было предоставлено, или пациентка не помнит, куда его положила).

Со слов сына, в анамнезе у пациентки гипертоническая болезнь. В 2022 г. на фоне повышения артериального давления (АД) до 200/100 мм рт. ст. отметила приступ выраженного головокружения, сопровождавшегося тошнотой, не связанной с приемом пищи, из-за чего не могла самостоятельно встать с кровати. Вызвала скорую медицинскую помощь, была доставлена в нейрососудистое отделение по месту жительства, где по результатам РКТ головного мозга диагноз «острое нарушение мозгового кровообращения» был исключен.

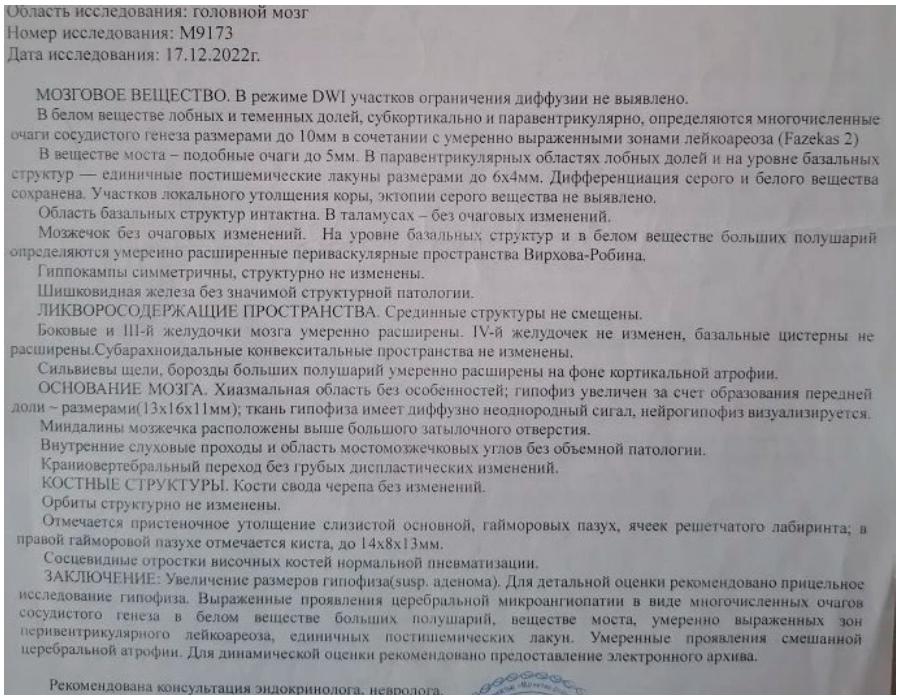
Затем, в 2022 г., лечилась стационарно в условиях терапевтического отделения по месту жительства с диагнозом «гипертоническая болезнь 3-й степени, 4-я степень риска сердечно-сосудистых осложнений, кризовое течение» (при этом или снимки и выписки не были предоставлены, или пациентка не помнит, куда их положила).

Затем, 17.12.2022, прошла МРТ головного мозга (рис. 4, рис. 5, рис. 6).

Затем, с 16.02.2023 по 28.02.2023, лечилась также в условиях неврологического отделения по месту жительства с диагнозом «цереброваскулярная болезнь вследствие гипертонической болезни и атеросклероза, хроническая ишемия мозга 3-й степени, умеренный вестибуло-атактический синдром, перманентный цефалгический синдром,

Рис. 4. **МРТ головного мозга (T1 SE sag)**

Рис. 5. **МРТ головного мозга (T2 TSE)**



Область исследования: головной мозг
Номер исследования: M9173
Дата исследования: 17.12.2022г.

МОЗГОВОЕ ВЕЩЕСТВО. В режиме DWI участков ограничения диффузии не выявлено.

В белом веществе лобных и теменных долей, субкортикально и паравентрикулярно, определяются многочисленные очаги сосудистого генеза размерами до 10мм в сочетании с умеренно выраженными зонами лейкоареоза (Fazekas 2)

В веществе моста – подобные очаги до 5мм. В паравентрикулярных областях лобных долей и на уровне базальных структур — единичные постишемические лакуны размерами до 6х4мм. Дифференциация серого и белого вещества сохранена. Участков локального утолщения коры, эктопии серого вещества не выявлено.

Область базальных структур интактна. В таламусах – без очаговых изменений.

Мозжечок без очаговых изменений. На уровне базальных структур и в белом веществе больших полушарий определяются умеренно расширенные периваскулярные пространства Вирхова-Робина.

Гиппокампы симметричны, структурно не изменены.

Шишковидная железа без значимой структурной патологии.

ЛИКВОРОСОДЕРЖАЩИЕ ПРОСТРАНСТВА. Срединные структуры не смещены.

Боковые и III-й желудочки мозга умеренно расширены. IV-й желудочек не изменен, базальные цистерны не расширены.Субарахноидальные конвекситальные пространства не изменены.

Сильвиевы щели, борозды больших полушарий умеренно расширены на фоне кортикальной атрофии.

ОСНОВАНИЕ МОЗГА. Хиазмальная область без особенностей; гипофиз увеличен за счет образования передней доли ~ размерами(13х16х11мм); ткань гипофиза имеет диффузно неоднородный сигал, нейрогипофиз визуализируется.

Миндалины мозжечка расположены выше большого затылочного отверстия.

Внутренние слуховые проходы и область мостомозжечковых углов без объемной патологии.

Краниовертебральный переход без грубых диспластических изменений.

КОСТНЫЕ СТРУКТУРЫ. Кости свода черепа без изменений.

Орбиты структурно не изменены.

Отмечается пристеночное утолщение слизистой основной, гайморовых пазух, ячеек решетчатого лабиринта; в правой гайморовой пазухе отмечается киста, до 14х8х13мм.

Сосцевидные отростки височных костей нормальной пневматизации.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ: Увеличение размеров гипофиза(susp. аденома). Для детальной оценки рекомендовано прицельное исследование гипофиза. Выраженные проявления церебральной микроангиопатии в виде многочисленных очагов сосудистого генеза в белом веществе больших полушарий, веществе моста, умеренно выраженных зон перивентрикулярного лейкоареоза, единичных постишемических лакун. Умеренные проявления смешанной церебральной атрофии. Для динамической оценки рекомендовано предоставление электронного архива.

Рекомендована консультация эндокринолога, невролога.

Рис. 6. **Заключение МРТ головного мозга от 17.12.2022**

декомпенсация». Динамика была положительной: значительно уменьшилось головокружение, пациентка стала самостоятельно вставать с кровати, ходить. Проводилась следующая терапия: нейропротекторная, витаминотерапия, сосудорасширяющая, антигипертензивная, антиагрегантная, гиполипидемическая, физиолечение.

Со слов сына, пациентка, начиная с 2022 г., стала заговариваться и часто забывать, куда положила вещи; смеяться без видимой причины; также без видимых причин возникла дневная сонливость, не проходившая после отдыха; ухудшился сон: она стала спать 3–4 часа вместо 6–7, часто просыпаться по ночам без видимой причины. Пациентка не обращалась к неврологу по месту жительства до 2024 г. — «было некогда»; но в 2024 г. отметила резкое нарастание вышеописанных симптомов плюс возникла частая плаксивость, резко ухудшилось настроение (на фоне смерти мужа). К психологу и психиатру по данному поводу не обращалась.

С 18.03.2024 по 29.03.2024 пациентка находилась в условиях дневного стационара ГБУ РО «ОКБ имени Н. А. Семашко» с диагнозом «цереброваскулярная болезнь на фоне гипертонической болезни, церебральный атеросклероз, хроническая ишемия мозга 2-й степени, выраженный синдром церебрастении и вестибулопатии». После перенесенного острого нарушения мозгового кровообращения была проведена нейропротекторная и сосу-

дорасширяющая терапия. В 2021, 2023 и 2024 гг. не проходила МРТ головного мозга — «было некогда».

Далее, 18.04.2025 пациентка отметила повышение АД до 160/90 мм рт. ст., после которого возникли резкие слабость, сонливость, тошнота, отсутствие аппетита; 25.04.2025 самостоятельно прошла МРТ головного мозга (рис. 7, рис. 8, рис. 9).

Затем пациентка обратилась за консультацией к нейрохирургу по месту жительства — или заключение не было предоставлено, или пациентка его потеряла. Со слов пациентки, она была направлена на консультацию к нейрохирургу НМИЦ нейрохирургии им. академика Н. Н. Бурденко для определения тактики лечения.

Пациентка 14.05.2025 была проконсультирована эндокринологом по месту жительства: были диагностированы вторичная надпочечниковая недостаточность и вторичный гипотиреоз; была назначена заместительная терапия гидрокортизоном (кортеф) — 10 мг в 8:00 и 5 мг в 16:00, а также терапия левотироксином натрия (L-Тироксин) — 25 мкг утром. На этом фоне пациентка отметила улучшение самочувствия, по данным от 30.04.2025:

– тиреотропный гормон — 0,076 мкМЕ/мл (норма — 0,27–4,2);
– пролактин — 192 мкМЕ/мл (норма — 102–496);
– адренокортикотропный гормон — 10,7 пг/мл (норма — 7,2–63,3);
– соматотропный гормон — 0,59 нг/мл (норма — меньше 5,0);
– кортизол — 26,0 нмоль/л (норма — 138–635).

Она была направлена на консультацию к нейрохирургу НМИЦ нейрохирургии им. академика Н. Н. Бурденко (19.05.2025). Ее состояние было расценено как апоплексия аденомы гипофиза; показаний к удалению опухоли на момент консультации не выявлено; была высокая вероятность резорбции погибшей опухоли; рекомендованы проведение МРТ головного мозга в ближайшее время и далее, через 4–6 месяцев, повторная консультация нейрохирурга

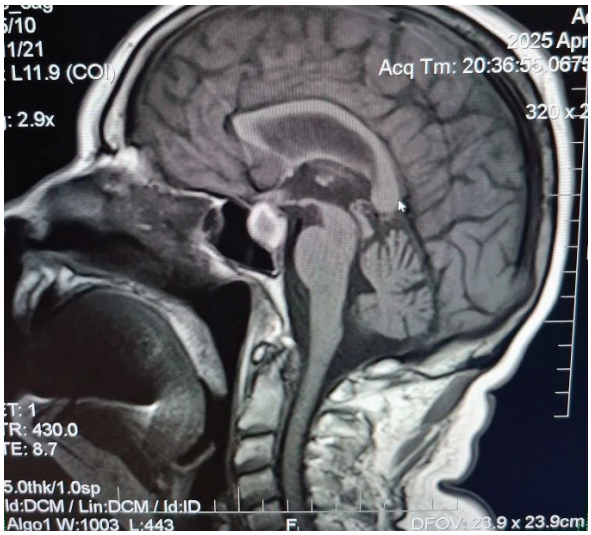


Рис. 7. **МРТ головного мозга (T1 SE sag)**

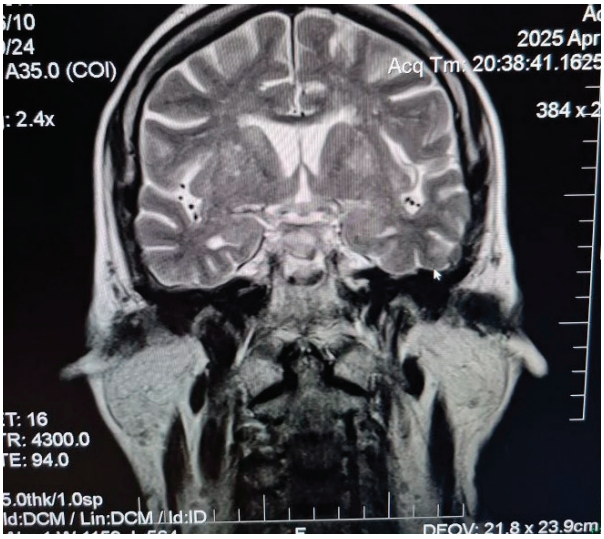
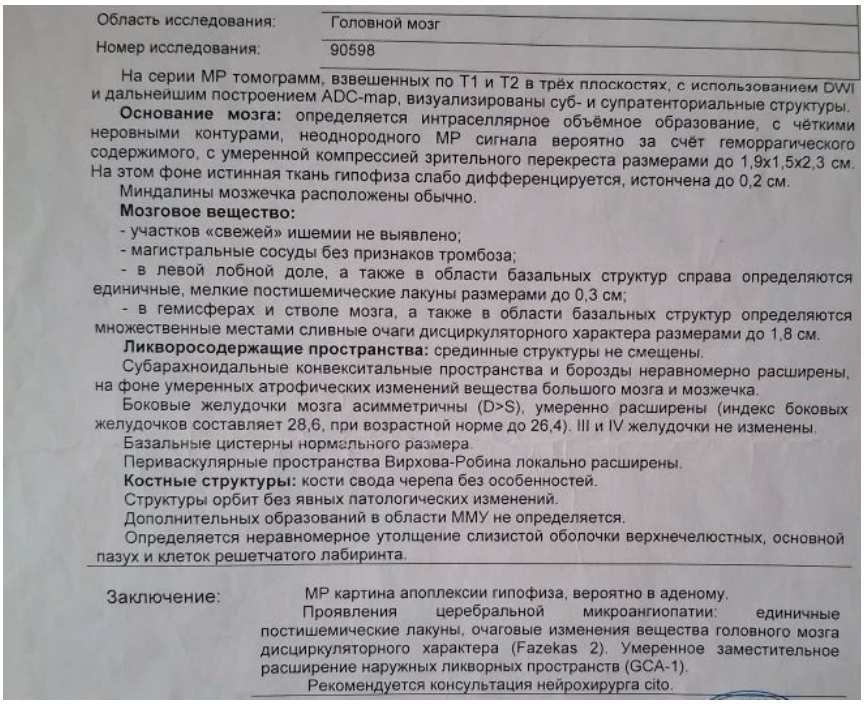


Рис. 8. **МРТ головного мозга (T2 Cor)**



Область исследования: Головной мозг

Номер исследования: 90598

На серии МР томограмм, взвешенных по Т1 и Т2 в трёх плоскостях, с использованием DWI и дальнейшим построением ADC-map, визуализированы суб- и супратенториальные структуры.

Основание мозга: определяется интраселлярное объёмное образование, с чёткими неровными контурами, неоднородного МР сигнала вероятно за счёт геморрагического содержимого, с умеренной компрессией зрительного перекреста размерами до 1,9x1,5x2,3 см. На этом фоне истинная ткань гипофиза слабо дифференцируется, истончена до 0,2 см.

Миндалины мозжечка расположены обычно.

Мозговое вещество:

- участков «свежей» ишемии не выявлено;
- магистральные сосуды без признаков тромбоза;
- в левой лобной доле, а также в области базальных структур справа определяются единичные, мелкие постишемические лакуны размерами до 0,3 см;
- в гемисферах и стволе мозга, а также в области базальных структур определяются множественные местами сливные очаги дисциркуляторного характера размерами до 1,8 см.

Ликворосодержащие пространства: срединные структуры не смещены.

Субарахноидальные конвекситальные пространства и борозды неравномерно расширены, на фоне умеренных атрофических изменений вещества большого мозга и мозжечка.

Боковые желудочки мозга асимметричны (D>S), умеренно расширены (индекс боковых желудочков составляет 28,6, при возрастной норме до 26,4). III и IV желудочки не изменены.

Базальные цистерны нормального размера.

Периваскулярные пространства Вирхова-Робина локально расширены.

Костные структуры: кости свода черепа без особенностей.

Структуры орбит без явных патологических изменений.

Дополнительных образований в области ММУ не определяется.

Определяется неравномерное утолщение слизистой оболочки верхнечелюстных, основной пазух и клеток решетчатого лабиринта.

Заключение: МР картина апоплексии гипофиза, вероятно в аденому.

Проявления церебральной микроангиопатии: единичные постишемические лакуны, очаговые изменения вещества головного мозга дисциркуляторного характера (Fazekas 2). Умеренное заместительное расширение наружных ликворных пространств (GCA-1).

Рекомендуется консультация нейрохирурга cito.

Рис. 9. **Заключение МРТ головного мозга от 25.04.2025**

в НМИЦ нейрохирургии имени академика Н. Н. Бурденко, стационарное лечение и обследование в специализированном эндокринологическом отделении.

В тот же день, 19.05.2025, пациентка была проконсультирована эндокринологом ФГАОУ ВО Первый МГМУ им. И. М. Сеченова. В результате выявлены гипопитуитаризм как следствие апоплексии макроаденомы гипофиза, вторичный гипотиреоз, вторичный гипокортицизм, соматотропная недостаточность; показано стационарное лечение в клинике эндокринологии УКБ № 2 Первого МГМУ им. И. М. Сеченова.

После этого, с 26.05.2025 по 05.06.2025, пациентка прошла лечение в условиях стационара в эндокринологическом терапевтическом отделении № 2 УКБ № 2 Первого МГМУ им. И. М. Сеченова с диагнозом «гипопитуитаризм, развившийся в исходе апоплексии макроаденомы гипофиза (18.04.2025); вторичный гипотиреоз в фазе медикаментозной компенсации; вторичный гипокортицизм; вторичный гипогонадизм; артериальная гипертензия 3-й степени повышения АД; 4-я степень риска сердечно-сосудистых осложнений». Наблюдалась положительная динамика при проведении следующей терапии: L-Тироксин 50 мкг утром, кортеф 10 мг утром и 5 мг днем. Улучшилось общее самочувствие, рекомендовано проведение МРТ головного мозга в ближайшее время и далее через 4–6 месяцев.

Затем, в июне 2025 г., обратилась к неврологу по месту жительства (пришла в сопровождении сына). Объективный статус: снижение конвергенции, менингеальных симптомов нет, сухожильные рефлексы (СХР) живые (D = S), координаторные пробы выполняет неуверенно, в позе Ромберга выраженное пошатывание, резко астенизирована, рефлексы орального автоматизма есть, снижение памяти и внимания (легко отвлекается во время расспроса), смеется и плачет невпопад, атактическая походка (выраженное пошатывание вправо-влево при ходьбе), спит 6 часов с перерывами (с ее слов). Пациентка была протестирована по следующим неврологическим шкалам:

1) тест рисования часов:
– круг правильной формы (1 балл);
– числа от 1 до 12 (1 балл);
– числа внутри круга (1 балл);
– равный интервал между числами (1 балл);
– правильное расположение чисел 12, 3, 6, 9 (1 балл);
– разная длина часовой и минутной стрелок (1 балл);
– неверное положение начала и конца стрелок (0 баллов).

Итог — 6 баллов (норма — 12 баллов) [24];

2) опросник самооценки памяти Макнера и Кана:
– забывает номера телефонов (2 балла — иногда);
– не помнит, куда положила вещи (3 балла — часто);
– не может в тексте найти место, которое читала, после перерыва (2 балла — иногда);
– пишет на бумаге список вещей для покупок, чтобы не забыть (1 балл — редко);
– из-за забывчивости пропускает встречи (1 балл — редко);
– забывает о предстоящих делах (1 балл — редко);
– забывает имена родственников (2 балла — иногда);
– трудно сосредоточиться на выполняемой работе (3 балла — часто);
– трудно вспомнить содержание только что просмотренного фильма (3 балла — часто);
– не узнаёт друзей (1 балл — редко);
– теряет нить разговора при общении (2 балла — иногда);

– забывает имена и фамилии новых друзей (3 балла — часто);

– во время общения трудно сосредоточиться (3 балла — часто);

– забывает, какой сегодня день недели (1 балл — редко);

– пишет с ошибками (3 балла — часто);

– нередко отвлекается (4 балла — очень часто);

– необходимо несколько раз послушать фразу для ее запоминания (4 балла — очень часто);

– трудно зафиксировать внимание во время чтения (3 балла — часто);

– забывает, что ей говорили (2 балла — иногда);

– трудно сосчитать сдачу с денежной суммы (2 балла — иногда);

– делает домашние дела очень медленно (2 балла — иногда);

– чувствует пустоту в голове (2 балла — иногда);

– забывает, какое сегодня число (2 балла — иногда);

– не помнит, выключила ли плиту (2 балла — иногда).

Итог — 54 балла (норма — 43 балла);

3) оценка апатии — рейтинговая шкала апатии Лилля (LARS):

– снижение повседневной деятельности — выраженное;

– безынициативность — выраженная;

– мотивация — слабая;

– равнодушие — выраженное;

– недостаточность самооценки — выраженная [26].

Пациентке была назначена следующая терапия:

– мексидол — 4 мл внутримышечно раз в день ежедневно до 16:00 в течение 10 дней;

– акатинол мемантин — 20 мг утром после еды ежедневно в течение месяца.

Также был назначен повторный осмотр через месяц.

Далее, 09.07.2025, психолог диспансерного отделения ГБУ РО «ОПКБ имени Н. Н. Баженова» провел пациентке экспериментально- психологическое исследование, которое показало снижение активности процессов с нарушением их динамики, легким снижением объема памяти, умеренным снижением уровня интеллекта, а также изменение личности по органическому типу.

На следующий день, 10.07.2025, пациентка была осмотрена психиатром диспансерного отделения ГБУ РО «ОПКБ имени Н. Н. Баженова», который диагностировал органическое расстройство личности с умеренно выраженными когнитивными нарушениями.

В июле 2025 г. пациентка прошла повторный осмотр (пришла в сопровождении сына). Объективный статус: снижение конвергенции, менингеальных симптомов нет, СХР живые (D = S), координаторные пробы выполняет неуверенно, в позе Ромберга умеренное пошатывание, умеренно астенизирована, рефлексы орального автоматизма есть, снижение памяти и внимания (легко отвлекается во время расспроса), смеется и плачет невпопад (чуть меньше, чем месяц назад), атактическая походка (умеренное пошатывание вправо-влево при ходьбе). Пациентка стала более активной, стала немного улыбаться, охотнее отвечать на вопросы, стала спать на час больше — 7 часов — и с меньшими перерывами (с ее слов). Она была протестирована вновь по следующим неврологическим шкалам:

1) тест рисования часов. Итог — 6 баллов (норма — 12 баллов), без динамики, по сравнению с июнем 2025 г.;

2) опросник самооценки памяти Макнера и Кана. Итого — 48 баллов (норма — 43 балла). По сравнению с тестом в июне 2025 г.:

– лучше стала запоминать номера телефонов — 1 балл вместо 2;

– проще стало читать — 1 балл вместо 2;

– лучше стала запоминать имена родственников — 1 балл вместо 2;

– улучшилась концентрация во время общения — 2 балла вместо 3;

– меньше стала отвлекаться — 3 балла вместо 4;

– уменьшилась пустота в голове — 1 балл вместо 2;

3) оценка апатии — рейтинговая шкала апатии Лилля (LARS):

– снижение повседневной деятельности — умеренное;

– безынициативность — выраженная;

– мотивация — умеренная;

– равнодушие — умеренное;

– недостаточность самооценки — выраженная.

Пациентке было рекомендовано продолжить прием акатинола мемантина в дозе 20 мг утром после еды ежедневно в течение месяца и прийти на повторный осмотр через месяц (не отметила побочных эффектов во время приема акатинола мемантина).

В августе 2025 г. она прошла повторный осмотр (пришла одна). Объективный статус: снижение конвергенции, менингеальных симптомов нет, СХР живые (D = S), координаторные пробы выполняет неуверенно, в позе Ромберга легкое пошатывание, легко астенизирована, рефлексы орального автоматизма есть, снижение памяти и внимания (меньше отвлекается во время расспроса), не смеется и не плачет невпопад, атактическая походка (легкое пошатывание вправо-влево при ходьбе). Пациентка стала более активной, стала чаще улыбаться, охотнее отвечать на вопросы, стала спать 8 часов и перерывы значительно уменьшились (с ее слов). Она была протестирована вновь по следующим неврологическим шкалам:

1) тест рисования часов. Итог — 8 баллов (норма — 12 баллов). По сравнению с тестом в июне и июле, верно изобразила положение начала и конца стрелок;

2) опросник самооценки памяти Макнера и Кана. Итого — 44 балла (норма — 43 балла). По сравнению с тестом в июле:

– лучше стала запоминать имена родственников — 0 баллов вместо 1;

– улучшилась концентрация во время общения — 1 балл вместо 2;

– меньше стала отвлекаться — 2 балла вместо 3;

– уменьшилась пустота в голове — 0 баллов вместо 1;

3) оценка апатии — рейтинговая шкала апатии Лилля (LARS):
- снижение повседневной деятельности — легкое;
- безынициативность — умеренная;
- мотивация — выраженная;
- равнодушие — легкое;
- недостаточность самооценки — умеренная.

Динамика количества баллов по месяцам (тест рисования часов и опросник самооценки памяти Макнера и Кана) показана на рис. 10.

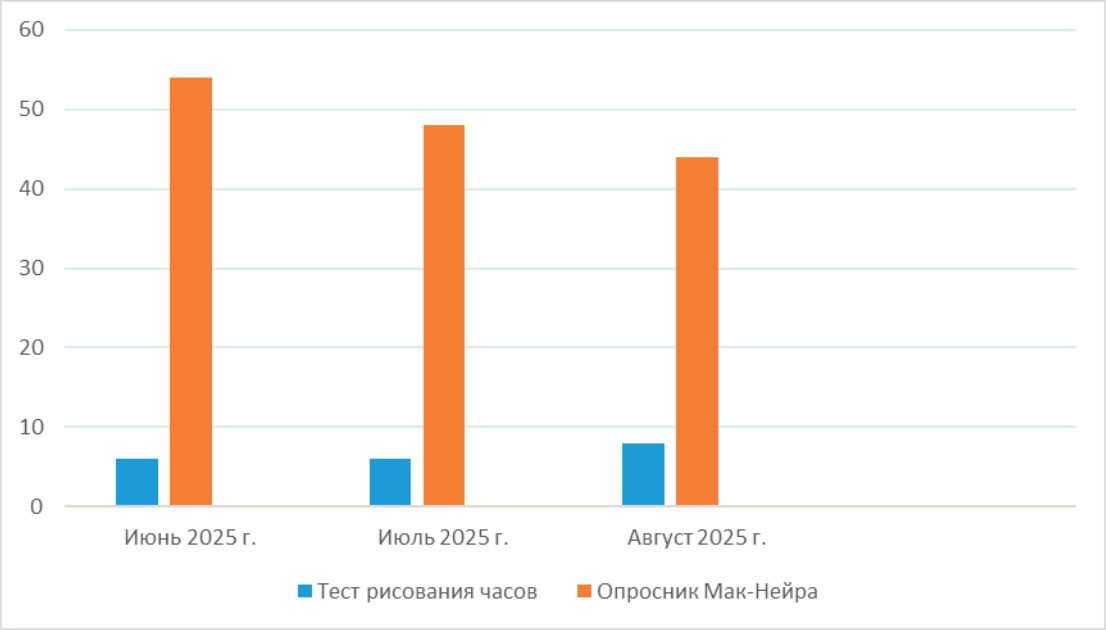


Рис. 10. **Динамика количества баллов по месяцам (тест рисования часов и опросник самооценки памяти Макнера и Кана)**

Таблица 1. **Оценка апатии по шкале Лилля (динамика по месяцам)**

	Недостаточность самооценки	Равнодушие	Снижение повседневной деятельности	Безынициативность	Мотивация
Июнь 2025 г.	Выраженная	Выраженное	Выраженное	Выраженная	Слабая
Июль 2025 г.	Выраженная	Умеренное	Умеренное	Выраженная	Умеренная
Август 2025 г.	Умеренная	Легкое	Легкое	Умеренная	Выраженная

Пациентке было рекомендовано продолжить прием акатинола мемантина в дозе 20 мг утром после еды на постоянной основе и пройти повторный осмотр через шесть месяцев (побочных эффектов на фоне данной терапии не отметила).

Заключение

Представленный клинический случай является примером успешного применения препарата, в основе действия которого лежит блокирование глутаматных NMDA-рецепторов. Основной причиной развития деменции в данном случае является апоплексия гипофиза на фоне макроаденомы гипофиза, в связи с этим целесообразно раннее включение в схему терапии антагониста NMDA-рецепторов (акатинола мемантина в таблетированной форме) для ускорения процесса возвращения пациента к полноценной бытовой деятельности, так как, помимо влияния на когнитивные функции, данный препарат повышает активность и степень бытовой независимости больных [27].

Литература:

1. Неврология : национальное руководство. Том 1 / под редакцией Е. И. Гусева, А. Н. Коновалова, В. И. Скворцовой. — Москва: ГЭОТАР-Медиа, 2018. — 880 с.
2. Путилина М. В. Рациональная фармакотерапия хронической ишемии головного мозга : клинические рекомендации / М. В. Путилина, Н. В. Теплова. — Москва : МЕДпресс-информ, 2020. — 549 с.

3. Грайпель Э. А. Деменции и когнитивные нарушения у взрослых. — Москва : ГЭОТАР-Медиа, 2025. — 128 с.
4. Фролова Е. В. Нарушение когнитивных функций в пожилом возрасте : руководство для врачей / Е. В. Фролова, А. Ю. Емелин, В. Ю. Лобзин. — Москва : ГЭОТАР-Медиа, 2023. — 208 с.
5. Голубев В. Л. Неврологические синдромы : руководство для врачей / В. Л. Голубев, А. М. Вейн. — Москва : МЕДпресс-информ, 2019. — 736 с.
6. Одинак М. М. Нарушение когнитивных функций при цереброваскулярной патологии / М. М. Одинак, А. Ю. Емелин, В. Ю. Лобзин. — Санкт-Петербург : Спецлит, 2022. — 229 с.
7. Тибекина Л. М. Асимметричный мозг. Психические, психофизиологические и клинические аспекты / Л. М. Тибекина, М. А. Алимова, Т. А. Шумакова. — Санкт-Петербург : ЭЛБИ — СПб, 2018. —123 с.
8. Гусев Е. И. Неврология и нейрохирургия : учебник в 2-х томах. Том 2. Нейрохирургия / Е. И. Гусев, А. Н. Коновалов, В. И. Скворцова. — 4-е издание. — Москва : ГЭОТАР-Медиа, 2018. — 403 с.
9. Латышева В. Я. Неврология и нейрохирургия / В. Я. Латышева, Б. В. Дривотинов, М. В. Олизарович. — Минск : Вышэйшая школа, 2013. — 511 с.
10. Неврология : национальное руководство. Том 2 / под редакцией Е. И. Гусева, А. Н. Коновалова, В. И. Скворцовой. — Москва: ГЭОТАР-Медиа, 2019. — 432 с.
11. Берлит П. Неврология. — Москва : МЕДпресс-информ, 2023. — 664 с.
12. Древаль А. В. Эндокринология. — Москва : ГЭОТАР-Медиа, 2019. — 544 с.
13. Аденомы гипофиза: современные принципы диагностики и лечения / Л. И. Астафьева, И. В. Чернов, И. В. Чехонин [и др.] // Нейрохирургия. — 2020. — Том 22, № 4. — С. 94–111.
14. Дедов И. И. Эндокринология / И. И. Дедов, Г. А. Мельниченко, В. В. Фадеев. — Москва : ГЭОТАР-Медиа, 2007. — 432 с.
15. Остроумова О. Д. Мозг — орган — мишень артериальной гипертензии / О. Д. Остроумова, А. И. Кочетков. — Научно-практическая конференция «Мультидисциплинарный подход в решении сложных вопросов полиморбидных пациентов», 2025. — URL: https://1med.tv/archive/npk-multidistsiplinarnyy-podkhod-v-reshenii-slozhnykh-voprosov-polimorbidnykh-patsientov/mozg-organmishen-arterialnoy-gipertenzii-kochetkov/ (дата обращения: 27.03.2026)
16. Гусев Е. И. Хроническая цереброваскулярная недостаточность / Е. И. Гусев, Е. И. Чуканова, А. С. Чуканова. — Москва : АСТ 345, 2019. — 189 с.
17. Ковальчук В. В. Теоретические предпосылки и практические аспекты адекватного ведения и эффективной реабилитации пациентов после инсульта. — Москва : АСТ 345, 2021. — 423 с.
18. Моритц А. А. Роль иммуновоспалительных факторов в развитии негативной симптоматики при шизофрении / А. А. Моритц, П. С. Теребова, М. В. Иванов // Журнал неврологии и психиатрии имени С. С. Корсакова. — 2024. — № 11. — С. 42–48.
19. Яхно Н. Н. Деменции : руководство для врачей / Н. Н. Яхно, В. В. Захаров, А. Б. Локшина [и др.]. — Москва : Медпресс-информ, 2010. — 86 с.
20. Неврология. Клинические рекомендации / Минздрав. — Москва : ГЭОТАР-Медиа, 2025. — 776 с.
21. Додементные когнитивные расстройства: современные подходы к терминологии, диагностике и лечению / Е. Е. Васенина, Д. А. Гуторова, И. М. Смирнова [и др.] // Фарматека. — 2018. — Том 25, № 14. — С. 8–17.
22. Эффективность акатинола мемантина у пациентов с недементными когнитивными расстройствами. Результаты многоцентрового клинического наблюдения / Н. Н. Яхно, И. С. Преображенская, В. В. Захаров [и др.] // Российский неврологический журнал. — 2019. — № 3. — С. 37–44.
23. Междисциплинарная неврология / под редакцией Ал. Б. Данилова, Ан. Б. Данилова. — Москва : Ремедиум, 2021. — 384 с.
24. Клинические шкалы в неврологии / под общей редакцией О. С. Левина. — Москва : МЕДпресс-информ, 2023. — 272 с.
25. Левин О. С. Клинические шкалы в неврологии / О. С. Левин, Е. Е. Васенина, О. А. Ганькина [и др.]. — Москва : МЕДпресс-информ, 2019. — 192 с.
26. Стал С. М., Морриссетт Д. Э. Иллюстрации доктора Стала. Болезнь Альцгеймера и другие деменции. — Москва : ГЭОТАР-Медиа, 2023. — 240 с.
27. Левин О. С. Основные лекарственные средства, применяемые в неврологии. — Москва : МЕДпресс-информ, 2022. — 400 с.

Многолетний эпидемиологический анализ заболеваемости сахарным диабетом в Российской Федерации

Варфоломеева Елизавета Сергеевна, студент
Научный руководитель: Плотникова Ирина Геннадьевна, старший преподаватель;
Научный руководитель: Денисов Евгений Николаевич, доктор медицинских наук, доцент, зав. кафедрой
Оренбургский государственный медицинский университет

Сахарный диабет (СД) признан глобальной неинфекционной эпидемией XXI века, представляющей серьезный вызов для систем здравоохранения во всем мире. В Российской Федерации, как и в большинстве стран, наблюдается неуклонный рост числа пациентов с данной патологией, что требует углубленного статистического анализа для понимания динамики процессов и планирования адекватных мер профилактики. [2, 7]

Ключевые слова: *сахарный диабет, эпидемиология, биостатистика, анализ заболеваемости, факторы риска, преддиабет, регрессионный анализ.*

Сахарный диабет (СД) представляет собой одну из наиболее актуальных медико-социальных проблем современности. По данным Международной диабетической федерации (IDF), в 2021 году распространенность СД в мире среди лиц 20–79 лет достигла 10,5 % (536,6 млн человек), а к 2045 году прогнозируется ее рост до 12,2 % (783,2 млн).

Российская Федерация не является исключением: численность пациентов с СД в стране удвоилась с 2000 года. По данным Федерального регистра СД, на начало 2023 года общая численность зарегистрированных больных составляла 4 962 762 человека (3,31 % населения), при этом 92,33 % приходилось на СД 2 типа (СД2). [7]

Методы статистического анализа.

1. Описательная статистика. Ввиду ненормального распределения большинства количественных признаков (проверка критерием Шапиро — Уилка), данные описывались с помощью медианы

2. Анализ временных рядов. Оценка многолетней динамики проводилась путем расчета темпов роста и темпов прироста показателей. Для выявления основной тенденции использовались методы регрессионного анализа

3. Сравнительный анализ. Для сравнения двух независимых групп использовался U-критерий Манна-Уитни; для трех и более групп — критерий Краскела — Уоллиса. Сравнение категориальных переменных проводилось с помощью критерия χ^2 Пирсона и точного критерия Фишера.

4. Регрессионный анализ. Для оценки ассоциаций факторов риска с наличием преддиабета и СД2 применялась логистическая регрессия с расчетом отношения шансов (ОШ) и 95 % доверительных интервалов (ДИ).

5. Анализ выживаемости. Для оценки влияния нарушений углеводного обмена на смертность и сердечно-сосудистые события использовались кривые дожития Каплана — Мейера и регрессионные модели пропорциональных рисков Кокса.

6. Современные методы. Для выявления группировки регионов по эпидемиологическим показателям применялись методы кластеризации.

Анализ данных Федерального регистра за период 2010–2022 гг. выявил устойчивый рост распространенности СД в Российской Федерации. За рассматриваемый временной интервал показатель распространенности сахарного диабета 1 типа возрос в 1,31 раза — со 146,0 до 191,0 случая на 100 тысяч жителей. Аналогичная тенденция, но более выраженная, отмечена и для диабета 2 типа: здесь рост составил 1,55 раза (с 2036,2 до 3158,8 на 100 тыс. населения). В 2020 году показатель первичной заболеваемости СД резко снизился, что связано с сокращением объемов диспансеризации и профилактических осмотров. В последующие годы наблюдался компенсаторный рост.

— Распространенность СД2 составила 6,9 % (у мужчин — 7,1 %, у женщин — 6,7 %).

— Частота преддиабета, оцененная по критериям нарушенной гликемии натощак (НГН: глюкоза плазмы 6,1–6,99 ммоль/л), составила 6,2 %. При этом у мужчин данный показатель был значимо выше, чем у женщин — 7,7 % против 5,0 % ($p<0,001$). [1]

Как свидетельствуют данные ряда работ, ключевым фактором, предопределяющим развитие инсулинорезистентности, выступает накопление висцеральной жировой ткани. Примечательно, что данная закономерность сохраняется даже в тех случаях, когда традиционные антропометрические параметры остаются в пределах нормальных значений [4].

Современная биостатистика предлагает новые инструменты для углубленного анализа эпидемиологии СД.

Важную роль в развитии сахарного диабета 2 типа играет ген TCF7L2, который регулирует секрецию инсулина β-клетками поджелудочной железы [5,6]. Полиморфизмы этого гена, в частности однонуклеотидный вариант rs7903146, ассоциированы с повышенным риском развития заболевания.

— носительство риск-аллеля T полиморфизма rs7903146 увеличивает вероятность развития СД2 в 1,77 раза (OR = 1,77);

— риск достоверно выше у женщин (OR = 1,61–1,69), тогда как у мужчин значимой ассоциации не выявлено;

— частота риск-аллеля варьирует в зависимости от этнической принадлежности: у русских она выше, чем у коренных народов Сибири [3, 5].

Литература:

1. Баланова, Ю. А. Предиабет: распространенность, ассоциации с сердечно-сосудистыми факторами риска и вклад в выживаемость в российской популяции / Ю. А. Баланова, С. А. Шальнова, А. Э. Имаева и др. // Кардиоваскулярная терапия и профилактика. — 2024. — Т. 23, № 5. — С. 4022.
2. Калининская, А. А. Анализ заболеваемости сахарным диабетом в Российской Федерации и профилактика утрат трудоспособности пациентов / А. А. Калининская, И. А. Рыбаков, М. Д. Васильев, Л. А. Бальзамова // Менеджер здравоохранения. — 2025. — № 8.
3. Демидова, Т. Ю. Значение полногеномных исследований ассоциаций и генетических шкал риска для прогнозирования развития сахарного диабета 2-го типа, его осложнений и фармакогенетики / Т. Ю. Демидова, В. В. Титова // Медицинский совет. — 2025. — Т. 19, № 6. — С. 67–74.
4. Сазонова, О. В. Анализ компонентного состава тела пациентов с нарушениями углеводного обмена / О. В. Сазонова и др. // Вопросы питания. — 2025. — Т. 94, № 4. — С. 76–85.
5. Ильющенко, А. К. Исследование RUSS-AGE: маркеры углеводного обмена и их динамика в различных возрастных группах здоровой популяции Российской Федерации / А. К. Ильющенко, А. Е. Веряскина, Л. В. Мачехина и др. // Consilium Medicum. — 2024. — Т. 26, № 12. — С. 820–826.
6. Метод полимеразной цепной реакции в изучении генетических предикторов сахарного диабета / Т. А. Киселева, Ф. В. Валеева, С. Ю. Гармонов и др. // Вестник технологического университета. — 2025. — Т. 28, № 9. — С. 5–10.
7. Дедов, И. И. Сахарный диабет в Российской Федерации: распространенность, заболеваемость, смертность, параметры углеводного обмена и структура сахароснижающей терапии по данным Федерального регистра сахарного диабета, 2010–2022 гг. / И. И. Дедов, М. В. Шестакова, О. К. Викулова и др. // Сахарный диабет. — 2023. — Т. 26, № 5. — С. 404–420.

Качество и доступность оказания медицинской помощи взрослому населению

Комиссарова Ксения Александровна, старшая медицинская сестра
КГБУЗ ГКБ имени профессора А. М. Войно-Ясенецкого Министерства здравоохранения Хабаровского края

В настоящее время многие государства уделяют значительное внимание вопросам здравоохранения. Однако, как показала вспышка эпидемии COVID-19, системы здравоохранения не были готовы к чрезвычайным ситуациям, что привело к трудностям со своевременным оказанием медицинской и социальной помощи.

В 2020 году международный эксперт в области здравоохранения Аллана Шейх говорила о том, что мир оказался не готов к COVID-19 по нескольким причинам:

— Сложности с созданием надёжного карантина. Даже страны, которые сделали серьёзные инвестиции в общественное здравоохранение, не могли ввести строгие ограничения достаточно быстро.

— Недостаток ресурсов в некоторых странах.

— Недостатки в глобальных цепочках поставок здравоохранения. Во время кризиса выяснилось, что нет резервов, например, масок, и приходилось ждать, пока их произведут и отправят.

— Отсутствие страха перед инфекциями. Например, у россиян не было паники перед эпидемией, которая могла бы привести их в прививочные пункты.

— Большое количество фейковой информации. На темпы прививания населения влияло огромное количество страшилок, которые транслировались без указания первоисточника [1].

На сегодняшний день здравоохранение делает акцент на обеспечение доступности и качества медицинской помощи населению. А именно привлекает молодых специалистов, проводит различные форумы и государственные программы по доступности медицинской помощи, с целью обеспечения отдаленных населенных пунктов не только специалистами, но и новейшей аппаратурой, которая способствует своевременному и грамотному выявлению заболеваний и как следствие качественному оказанию медицинской помощи.

Рассмотрим основные понятия, такие как качество и доступность медицинской помощи.

Качество медицинской помощи — это степень, в которой услуги здравоохранения, оказываемые отдельным лицам и группам населения, повышают вероятность достижения желаемых результатов в области здравоохранения и соответствуют профессиональным знаниям, основанным на фактических данных [2].

Доступность медицинской помощи — это свободный доступ пациента к медицинской организации вне зависимости от географических, экономических, социальных, культурных, организационных или языковых барьеров [2].

В России в большинстве случаев, несмотря на активную поддержку правительства, качественная медицинская помощь не доходит до пациентов в должном объеме, в первую очередь по причине кадрового голода.

В рассмотренном нами регионе, Хабаровском крае, также наблюдается кадровый голод из-за неукомплектованности персонала, а на уже задействованных сотрудников в организации накладывается дополнительная нагрузка.

Рассмотрим, к примеру, кадровую потребность одной из больниц г. Хабаровска, где, согласно штатному расписанию, наблюдается не только тенденция снижения ставок (связанная с модернизацией учреждения (сокращение коечного фонда)) (таблица 1), но и снижение количества физических лиц, их занимающих, включая внешних совместителей в период 2022–2024 гг. (таблицы 2, 3).

Таблица 1. **Штатное расписание данной больницы в период 2022–2024 гг. (требуемое количество сотрудников для обеспечения доступной медицинской помощи)**

	2022 год	2023 год	2024 год
Врач	331,75	315,50	309,50
Средний медперсонал	400,75	371	349,25

Таблица 2. **Фактическое количество основных сотрудников за данный период (врачи, средний медперсонал) всей организации (поликлиника и стационары)**

	2022 год	2023 год	2024 год
Врачи	196	190	190
Средний медперсонал	234	243	220

Таблица 3. **Сравнение штатного расписания и фактической занятости**

	2022		2023		2024	
	Занят.ставки	Физ.лицо	Занят.ставки	Физ.лицо	Занят.ставки	Физ.лицо
Врачи	260,5	245	263,25	240	256,25	238
Средний медперсонал	312,75	261	312	264	285,75	252

В таблице № 3 отображено, насколько плачевное положение в организации по наличию медицинского персонала в период 2022–2024 гг.

Дефицит врачебного персонала в сравнении со штатным расписанием составляет (рисунок 1): 27 % за 2022 г., 24 % за 2023 г. и 2024г ., с учетом снижения количества ставок в данной организации.

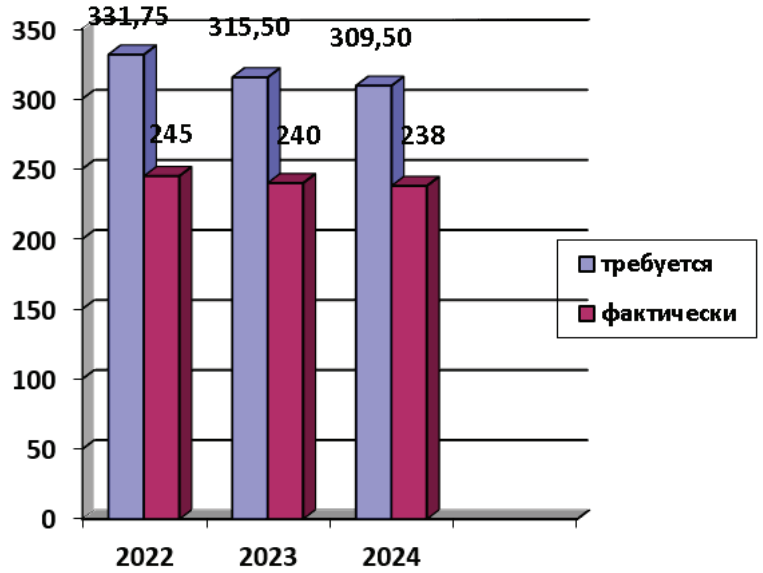


Рис. 1. **Сравнение штатного расписания и фактической занятости среди врачей**

Особо выражен кадровый голод в отношении среднего медперсонала (рисунок 2). Нехватка сотрудников составляет: 35 % за 2022 г., 29 % за 2023 г и 28 % за 2024 г с учетом снижения количества ставок в данной организации.

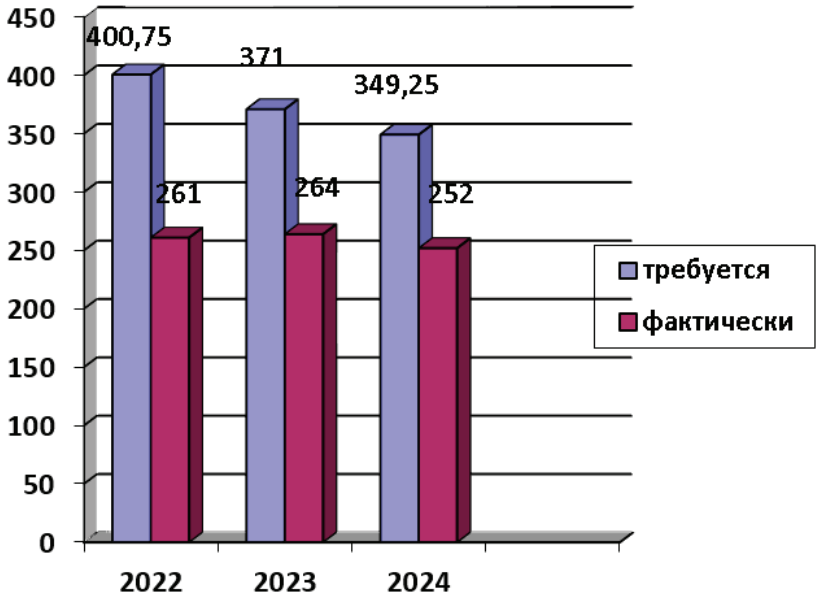


Рис. 2. **Сравнение штатного расписания и фактической занятости среди среднего медицинского персонала**

Из-за выраженного кадрового голода в организации невозможно обеспечение доступного и качественного оказания медицинской помощи в полном объёме.

На примере хирургического отделения проанализируем кадровый голод в рассматриваемой организации, где на 2-х круглосуточных постах всего 2 медицинские сестры (вместо требуемых 4-х), выполняющих свою работу, работу процедурной медсестры, а также обязанности перевязочной медсестры (по выходным). Вследствие высокой загруженности и психоэмоциональной нагрузки медицинская сестра не может обеспечить необходимым вниманием пациента. По этой причине процедуры часто проводятся по шаблону, без учёта индивидуальных особенностей, которые есть у каждого пациента. Вследствие этого страдает качество оказания медицинской помощи средним медперсоналом. Аналогичная ситуация сложилась и в связи с отсутствием должного количества врачей (хирургов, анестезиологов-реаниматологов, терапевтов, урологов, гинекологов и т. д.), что негативно сказывается на общей доступности медицинской помощи. Один врач-хирург не может провести два оперативных вмешательства одновременно, также, как и анестезиолог не способен обеспечить анестезиологическое пособие в нескольких местах единовременно. Что способствует несвоевременному оказанию медицинской помощи и может привести к печальным последствия.

Многие выпускники медицинских вузов и колледжей предпочитают работать в частных клиниках и индустрии красоты, а не в государственных медицинских учреждениях. Что связано с психологическими и физическими нагрузками, удалённостью от места проживания и учёбы, а также, в большинстве случаев, с оплатой труда. Особенно остро данный вопрос стоит сейчас, в условиях быстро меняющейся жизни, когда цены на необходимые товары и услуги (ЖКХ, питание, лекарственные средства, обучение) стремительно растут, многие специалисты стремятся к выбору высокооплачиваемой работы. Такая ситуация крайне негативно сказывается на качестве и доступности медицинской помощи. Рассмотрев пример одной больницы, можно сделать вывод о состоянии здравоохранения в целом по стране: картина не просто плохая, а катастрофическая.

Для решения некоторые проблем, связанных с кадровым дефицитом в здравоохранении, следует учесть ряд аспектов:

— Увеличить заработную плату медицинским работникам, что поспособствует увеличению притока новых специалистов.

— Унифицировать систему оплаты труда медработников. Внедрить единые для страны правила, согласно которым будут устанавливать размер окладов, а также стимулирующие и компенсационные надбавки.

— Предоставить социальную помощь. Например, закрепить в трудовом договоре компенсацию за проезд до места работы общественным транспортом или за топливо и ГСМ для личного автомобиля; право первоочередного поступления детей медработников в детские сады и вузы и др.

Исходя из вышесказанного, можно предположить, что сложившийся кадровый голод можно минимизировать за счет представленных приложений.

Литература:

1. Мир оказался не готов к Covid-19. Что будет в странах, где на 100 тысяч человек — три врача? / Аллана Шейх // 21 марта, 2020 URL: https://www.pravmir.ru/mir-okazalsya-ne-gotov-k-covid-19-chto-budet-v-stranah-gde-na-100-tysyach-chelovek-tri-vracha/
2. Показатели доступности и качества медицинской помощи, обеспечивающие удовлетворенность населения медицинской помощью в различных странах мира. Экспертный обзор. / Е. И. Аксенова, О. В. Бессчетнова // М.: ГБУ «НИИОЗММ ДЗМ», 2021–40 с.

Связь заболеваний полости рта с общим состоянием организма

Тошпулатова Орзубону Бекалиевна, студент
Научный руководитель: Абдувалиев Анвар Арсланбекович, PhD, доцент
Международный университет Кимё в г. Ташкенте (Узбекистан)

Взаимосвязь заболеваний полости рта с общим состоянием организма является одной из актуальных проблем современной медицины. Несмотря на традиционное представление о стоматологических заболеваниях как о локальных процессах, в настоящее время доказано их системное влияние на различные органы и системы. В статье рассматриваются основные механизмы данной взаимосвязи, включая роль хронического воспаления, микробной биоплёнки и иммунных реакций. Особое внимание уделяется связи заболеваний полости рта с сердечно-сосудистыми заболеваниями, сахарным диабетом и патологиями желудочно-кишечного тракта. Подчёркивается необходимость комплексного подхода к профилактике и лечению стоматологических заболеваний.

Ключевые слова: *полость рта, пародонтит, воспаление, системные заболевания, микробиом, профилактика.*

Введение

Полость рта представляет собой важный анатомический и функциональный отдел организма, выполняющий не только механическую обработку пищи, но и защитные функции. Состояние зубов, дёсен и слизистой оболочки оказывает влияние на общее здоровье человека и может служить индикатором системных нарушений.

В течение длительного времени стоматологические заболевания рассматривались преимущественно как локальные процессы. Однако развитие научных исследований позволило установить, что хронические воспалительные процессы в полости рта могут оказывать влияние на различные органы и системы организма. Это обусловлено наличием тесной связи между микробиомом полости рта и системным кровотоком.

Современные данные свидетельствуют о том, что заболевания пародонта ассоциированы с повышенным риском развития сердечно-сосудистых заболеваний, нарушений углеводного обмена и других патологических состояний. В связи с этим возрастает значение стоматологической профилактики как элемента общей медицинской помощи.

Механизмы взаимосвязи заболеваний полости рта и организма

Одним из ключевых механизмов, обеспечивающих связь между заболеваниями полости рта и общим состоянием организма, является хроническое воспаление. При заболеваниях пародонта развивается длительный воспалительный процесс, сопровождающийся выделением медиаторов воспаления, таких как интерлейкины и простагландины. Эти вещества могут проникать в системный кровоток и оказывать влияние на отдалённые органы.

Важную роль играет микробная биоплёнка, формирующаяся на поверхности зубов. Она содержит большое количество микроорганизмов, которые при определённых условиях становятся патогенными. Повреждение тканей пародонта облегчает проникновение бактерий и их токсинов в кровь, что может приводить к развитию системных воспалительных реакций.

Кроме того, значительное значение имеет иммунный ответ организма. Хроническое воспаление в полости рта может приводить к нарушению регуляции иммунной системы, что способствует развитию или усугублению различных заболеваний. Иммунологические изменения могут проявляться в виде повышенной реактивности или, напротив, сниженной сопротивляемости организма инфекциям.

Таким образом, заболевания полости рта могут выступать в роли хронического очага инфекции, оказывающего системное воздействие.

Связь заболеваний полости рта с сердечно-сосудистой системой

Одним из наиболее изученных направлений является связь между заболеваниями пародонта и сердечно-со-

судистыми заболеваниями. Установлено, что пациенты с хроническим пародонтитом имеют более высокий риск развития атеросклероза, ишемической болезни сердца и инфаркта миокарда.

Механизм данной взаимосвязи связан с воздействием воспалительных медиаторов на сосудистую стенку. Они способствуют повреждению эндотелия и развитию атеросклеротических изменений. Кроме того, бактерии, присутствующие в полости рта, могут проникать в кровоток и участвовать в формировании атеросклеротических бляшек.

Хроническое воспаление усиливает общий воспалительный фон организма, что также является фактором риска сердечно-сосудистых заболеваний. Таким образом, состояние полости рта может оказывать значительное влияние на функционирование сердечно-сосудистой системы.

Связь с сахарным диабетом

Особое внимание уделяется взаимосвязи между заболеваниями пародонта и сахарным диабетом. Данная связь носит двусторонний характер. С одной стороны, сахарный диабет способствует развитию воспалительных процессов в тканях пародонта за счёт нарушения микроциркуляции и снижения иммунной защиты. С другой стороны, хроническое воспаление в полости рта может ухудшать контроль уровня глюкозы в крови.

При сахарном диабете происходит изменение структуры сосудов, что приводит к ухудшению питания тканей и повышенной восприимчивости к инфекциям. Это создаёт благоприятные условия для развития пародонтита. В свою очередь, воспаление способствует повышению уровня провоспалительных цитокинов, что усиливает инсулинорезистентность.

Таким образом, лечение заболеваний полости рта является важной частью комплексного ведения пациентов с сахарным диабетом.

Связь с заболеваниями желудочно-кишечного тракта

Полость рта является начальным отделом пищеварительной системы, поэтому её состояние оказывает влияние на процессы пищеварения. Нарушение жевательной функции при заболеваниях зубов приводит к недостаточному измельчению пищи, что увеличивает нагрузку на желудок и кишечник.

Кроме того, микроорганизмы полости рта могут попадать в желудочно-кишечный тракт, изменяя его микрофлору. Это может способствовать развитию воспалительных процессов и нарушению пищеварения.

Также следует учитывать, что хронические инфекции в полости рта могут поддерживать воспалительный процесс в организме, что негативно влияет на состояние желудочно-кишечного тракта.

Заключение

Таким образом, заболевания полости рта имеют тесную связь с общим состоянием организма и могут оказывать влияние на развитие системных заболеваний. Хроническое воспаление, микробная биоплёнка и иммунные механизмы являются основными факторами, обеспечивающими эту взаимосвязь.

Современные научные данные подтверждают необходимость интеграции стоматологической помощи в систему общей медицины. Профилактика и своевременное лечение заболеваний полости рта являются важными компонентами сохранения здоровья человека.

Литература:

1. Боровский Е. В., Леонтьев В. К. Терапевтическая стоматология: учебник для вузов. — М.: ГЭОТАР-Медиа, 2020. — 480 с.
2. Кузьмина Э. М. Профилактика стоматологических заболеваний: учебное пособие. — М.: Медицина, 2018. — 256 с.
3. Fejerskov O., Kidd E. Dental Caries: The Disease and Its Clinical Management. — 3rd ed. — Oxford: Wiley-Blackwell, 2015. — 616 p.
4. Newman M. G., Takei H., Klokkevold P., Carranza F. Carranza's Clinical Periodontology. — 13th ed. — Philadelphia: Elsevier, 2019. — 944 p.
5. Tonetti M. S., Van Dyke T. E. Periodontitis and atherosclerotic cardiovascular disease // Journal of Clinical Periodontology. — 2013. — Vol. 40. — P. S24–S29.
6. Preshaw P. M., Alba A. L., Herrera D. Periodontitis and diabetes: a two-way relationship // Diabetologia. — 2012. — Vol. 55. — P. 21–31.
7. Scannapieco F. A. Role of oral bacteria in respiratory infection // Journal of Periodontology. — 1999. — Vol. 70. — P. 793–802.

Молодой ученый

Международный научный журнал

№ 13 (616) / 2026

Выпускающий редактор Г. А. Письменная
Ответственные редакторы Е. И. Осянина, О. А. Шульга, З. А. Огурцова
Художник Е. А. Шишков
Подготовка оригинал-макета П. Я. Бурьянов, М. В. Голубцов, О. В. Майер

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.
Номер подписан в печать 08.04.2026. Дата выхода в свет: 15.04.2026.
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.
E-mail: info@moluch.ru; https://moluch.ru/
Отпечатано в типографии издательства «Молодой ученый», 420029, Республика Татарстан, г. Казань, ул. Академика Кирпичникова, д. 25.