

АКТУАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ

МЕЖДУНАРОДНЫЙ НАУЧНЫЙ ЖУРНАЛ

ISSN 2713-1513

#45 (280), 2025

часть I

Актуальные исследования

Международный научный журнал

2025 • № 45 (280)

Часть I

Издается с ноября 2019 года

Выходит еженедельно

ISSN 2713-1513

Главный редактор: Ткачев Александр Анатольевич, канд. социол. наук

Ответственный редактор: Ткачева Екатерина Петровна

Статьи, поступающие в редакцию, рецензируются.
За достоверность сведений, изложенных в статьях, ответственность несут авторы.
Мнение редакции может не совпадать с мнением авторов статей.
При использовании и заимствовании материалов ссылка на издание обязательна.
Материалы публикуются в авторской редакции.

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ

Абдуллин Тимур Zufарович, кандидат технических наук (Высokотехнологический научно-исследовательский институт неорганических материалов имени академика А. А. Бочвара)

Абидова Гулмира Шухратовна, доктор технических наук, доцент (Ташкентский государственный транспортный университет)

Альборад Ахмед Абуди Хусейн, преподаватель, PhD, Член Иракской Ассоциации спортивных наук (Университет Куфы, Ирак)

Аль-бутбахак Башшар Абуд Фадхиль, преподаватель, PhD, Член Иракской Ассоциации спортивных наук (Университет Куфы, Ирак)

Альхаким Ахмед Кадим Абдуалкарем Мухаммед, PhD, доцент, Член Иракской Ассоциации спортивных наук (Университет Куфы, Ирак)

Асаналиев Мелис Казыкеевич, доктор педагогических наук, профессор, академик МАНПО РФ (Кыргызский государственный технический университет)

Атаев Загир Вагитович, кандидат географических наук, проректор по научной работе, профессор, директор НИИ биогеографии и ландшафтной экологии (Дагестанский государственный педагогический университет)

Бафоев Феруз Муртазоевич, кандидат политических наук, доцент (Бухарский инженерно-технологический институт)

Гаврилин Александр Васильевич, доктор педагогических наук, профессор, Почетный работник образования (Владимирский институт развития образования имени Л.И. Новиковой)

Галузо Василий Николаевич, кандидат юридических наук, старший научный сотрудник (Научно-исследовательский институт образования и науки)

Григорьев Михаил Федосеевич, доктор сельскохозяйственных наук (Кузбасский государственный аграрный университет имени В.Н. Полецкого)

Губайдуллина Гаян Нурахметовна, кандидат педагогических наук, доцент, член-корреспондент Международной Академии педагогического образования (Восточно-Казахстанский государственный университет им. С. Аманжолова)

Ежкова Нина Сергеевна, доктор педагогических наук, профессор кафедры психологии и педагогики (Тульский государственный педагогический университет им. Л.Н. Толстого)

Жилина Наталья Юрьевна, кандидат юридических наук, доцент (Белгородский государственный национальный исследовательский университет)

Ильина Екатерина Александровна, кандидат архитектуры, доцент (Государственный университет по землеустройству)

Каландаров Азиз Абдурахманович, PhD по физико-математическим наукам, доцент, проректор по учебным делам (Гулистанский государственный педагогический институт)

Карпович Виктор Францевич, кандидат экономических наук, доцент (Белорусский национальный технический университет)

Кожевников Олег Альбертович, кандидат юридических наук, доцент, Почетный адвокат России (Уральский государственный юридический университет)

Колесников Александр Сергеевич, кандидат технических наук, доцент (Южно-Казахстанский университет им. М. Ауэзова)

Копалкина Евгения Геннадьевна, кандидат философских наук, доцент (Иркутский национальный исследовательский технический университет)

Красовский Андрей Николаевич, доктор физико-математических наук, профессор, член-корреспондент РАЕН и АИН (Уральский технический институт связи и информатики)

Кузнецов Игорь Анатольевич, кандидат медицинских наук, доцент, академик международной академии фундаментального образования (МАФО), доктор медицинских наук РАГПН, профессор, почетный доктор наук РАЕ, член-корр. Российской академии медико-технических наук (РАМТН) (Астраханский государственный технический университет)

Литвинова Жанна Борисовна, кандидат педагогических наук (Кубанский государственный университет)

Мамедова Наталья Александровна, кандидат экономических наук, доцент (Российский экономический университет им. Г.В. Плеханова)

Мукий Юлия Викторовна, кандидат биологических наук, доцент (Санкт-Петербургская академия ветеринарной медицины)

Никова Марина Александровна, кандидат социологических наук, доцент (Московский государственный областной университет (МГОУ))

Насакаева Бакыт Ермакбайкызы, кандидат экономических наук, доцент, член экспертного Совета МОН РК (Карагандинский государственный технический университет)

Олешкевич Кирилл Игоревич, кандидат педагогических наук, доцент (Московский государственный институт культуры)

Попов Дмитрий Владимирович, доктор филологических наук (DSc), доцент (Андижанский государственный институт иностранных языков)

Пятаева Ольга Алексеевна, кандидат экономических наук, доцент (Российская государственная академия интеллектуальной собственности)

Редкоус Владимир Михайлович, доктор юридических наук, профессор (Институт государства и права РАН)

Самович Александр Леонидович, доктор исторических наук, доцент (ОО «Белорусское общество архивистов»)

Сидикова Тахира Далиевна, PhD, доцент (Ташкентский государственный транспортный университет)

Таджибоев Шарифджон Гайбуллоевич, кандидат филологических наук, доцент (Худжандский государственный университет им. академика Бободжона Гафурова)

Тихомирова Евгения Ивановна, доктор педагогических наук, профессор, Почётный работник ВПО РФ, академик МАН, академик РАЕ (Самарский государственный социально-педагогический университет)

Хаитова Олмахон Саидовна, кандидат исторических наук, доцент, Почетный академик Академии наук «Турон» (Навоийский государственный горный институт)

Цуриков Александр Николаевич, кандидат технических наук, доцент (Ростовский государственный университет путей сообщения (РГУПС))

Чернышев Виктор Петрович, кандидат педагогических наук, профессор, Заслуженный тренер РФ (Тихоокеанский государственный университет)

Шаповал Жанна Александровна, кандидат социологических наук, доцент (Белгородский государственный национальный исследовательский университет)

Шошин Сергей Владимирович, кандидат юридических наук, доцент (Саратовский национальный исследовательский государственный университет имени Н.Г. Чернышевского)

Эшонкулова Нуржахон Абдужабборовна, PhD по философским наукам, доцент (Навоийский государственный горный институт)

Яхшиева Зухра Зиятовна, доктор химических наук, доцент (Джиззакский государственный педагогический институт)

СОДЕРЖАНИЕ

МАТЕМАТИКА

Буря Л.В., Сухоносик Т.М.

ЗАДАЧИ МОДУЛЯ «ЭЛЕМЕНТЫ ЛИНЕЙНОЙ АЛГЕБРЫ» КАК ПРИМЕР
МАТЕМАТИЧЕСКОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ В ПРЕПОДАВАНИИ ДИСЦИПЛИНЫ
«ВЫСШАЯ МАТЕМАТИКА» В ВУЗЕ 6

Епанешникова В.А.

ИГРОВЫЕ МЕТОДЫ И ПРИЕМЫ, КАК СРЕДСТВО РАЗВИТИЯ ЭЛЕМЕНТАРНЫХ
МАТЕМАТИЧЕСКИХ ПРЕДСТАВЛЕНИЙ У ДЕТЕЙ ДОШКОЛЬНОГО ВОЗРАСТА..... 11

НЕФТЯНАЯ ПРОМЫШЛЕННОСТЬ

Краснов А.Н., Сиражетдинова Р.Р.

ГИДРОСТАТИЧЕСКИЙ МЕТОД ИЗМЕРЕНИЯ МАССЫ НЕФТЕПРОДУКТОВ..... 13

ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ

Грибов М.А.

КОМПЬЮТЕРНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ СНИЖЕНИЯ ПОЖАРНОЙ ОПАСНОСТИ
НА ОБЪЕКТАХ СТОЛЯРНОГО ПРОИЗВОДСТВА 16

Процко Д.С., Кожемякин А.Е.

ВЛИЯНИЕ ВЛАЖНОСТИ НА ЭФФЕКТИВНОСТЬ АВИАЦИОННЫХ СИСТЕМ
ОЧИСТКИ ВОЗДУХА: АНАЛИЗ КОРРОЗИИ, ДЕГРАДАЦИИ МАТЕРИАЛОВ
И МИКРОБИОЛОГИЧЕСКИХ РИСКОВ 19

Соловей С.В.

УРАН В ФАКТАХ. ОТ УДИВИТЕЛЬНОГО МЕТАЛЛА ДО АТОМНОЙ ЭНЕРГИИ 24

Шароварова И.С., Василевская С.П.

МЕТОДЫ УТИЛИЗАЦИИ ОТХОДОВ ПОЛИМЕРОВ 35

ФИЗИКА

Гилманшин Ю.М.

ТЕРМОДИНАМИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ФОРМИРОВАНИЯ ЗВЁЗДНЫХ СИСТЕМ,
КАК ЧАСТЬ ТЕОРИИ СПИРАЛИ БЫТИЯ, ОСНОВАННОЙ, НА ЕДИНОЙ
ФУНДАМЕНТАЛЬНОЙ ЧАСТИЦЕ..... 39

Мелентьев В.И.

ТЕОРИЯ ПОТЕНЦИАЛА: ОНТОЛОГИЧЕСКОЕ ОСНОВАНИЕ ДЛЯ ЭНТРОПИЙНОЙ
ГРАВИТАЦИИ И ЭКВИВАЛЕНТНОСТИ МАССЫ-ЭНЕРГИИ-ИНФОРМАЦИИ 47

ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

Писарев А.С.

ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДОВ МАШИННОГО ОБУЧЕНИЯ ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ
НАДЁЖНОСТИ АВТОМАТИЗИРОВАННЫХ СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ ПОДЗЕМНОГО
РУДНИКА 53

Худяков Н.В.

СНИЖЕНИЕ СЕБЕСТОИМОСТИ АНИМАЦИОННОГО ПРОИЗВОДСТВА
ЧЕРЕЗ ЦИФРОВЫЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ МОДЕЛИ 61

ЭКОЛОГИЯ, ПРИРОДОПОЛЬЗОВАНИЕ

Карпович В.Ф., Фалин Е.А.

ИССЛЕДОВАНИЕ СОСТОЯНИЯ И ПЕРСПЕКТИВ РАЗВИТИЯ ПЕРЕРАБОТКИ
ОТХОДОВ ПЛАСТМАСС В РЕСПУБЛИКЕ БЕЛАРУСЬ 66

Морозова У.В.

ИЗМЕНЕНИЯ В ЭКОЛОГИЧЕСКОМ ЗАКОНОДАТЕЛЬСТВЕ РФ В 2025 ГОДУ 74

МЕДИЦИНА, ФАРМАЦИЯ

Матвеева В.Е., Молчанова Д.С., Спиркина П.Ю., Землянских А.А., Марьина Е.А.

БИОПСИХОСОЦИАЛЬНАЯ МОДЕЛЬ ПОСЛЕРОДОВОЙ ДЕПРЕССИИ: ОТ ПРИЧИН
К ЛЕЧЕНИЮ 79

КУЛЬТУРОЛОГИЯ, ИСКУССТВОВЕДЕНИЕ, ДИЗАЙН

Соловей Я.В.

ТЫСЯЧЕЛЕТНЯЯ ИСТОРИЯ РАЗВИТИЯ ДЕНЕГ В РОССИИ 84

МАТЕМАТИКА

БУРЯ Лариса Владимировна

старший преподаватель, Амурский институт железнодорожного транспорта –
филиал Дальневосточного государственного университета путей сообщения,
Россия, г. Свободный

СУХОНОСИК Тимофей Михайлович

студент, Амурский институт железнодорожного транспорта –
филиал Дальневосточного государственного университета путей сообщения,
Россия, г. Свободный

ЗАДАЧИ МОДУЛЯ «ЭЛЕМЕНТЫ ЛИНЕЙНОЙ АЛГЕБРЫ» КАК ПРИМЕР МАТЕМАТИЧЕСКОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ В ПРЕПОДАВАНИИ ДИСЦИПЛИНЫ «ВЫСШАЯ МАТЕМАТИКА» В ВУЗЕ

Аннотация. В статье рассматривается процесс математического моделирования при решении задач модуля «Элементы линейной алгебры» дисциплины «Высшая математика». В рамках изучения дисциплины «Высшая математика» знакомство с математическим моделированием на примере решения математических задач, позволяет будущим инженерам применять полученные знания при решении профессионально-ориентированных задач, что стимулирует их познавательную активность.

Ключевые слова: математическое моделирование, линейная алгебра, познавательная активность, высшая математика, образование.

Образование в вузе должно соответствовать требованиям ФГОС ВО, концепции развития математического образования, запросам общества, нуждающегося в специалистах способных действовать в условиях неопределенности, многозадачности и быстро адаптироваться к изменяющимся условиям действительности. Вузы страны должны постоянно улучшать качество, уровень образовательной деятельности при обучении дисциплине «Высшая математика», чтобы каждое занятие способствовало развитию познавательного интереса к обучаемой дисциплине. Одним из путей решения данного вопроса при обучении дисциплины «Высшая математика» является включение в содержание курса данной дисциплины кейсов профессионально - ориентированных и прикладных задач. Которые обеспечат повышение уровня математической культуры будущих инженеров определяющие потенциал и значимость дисциплины «Математика», а также помогут применять полученные знания при решении профессиональных задач в будущей трудовой деятельности.

Значимую и главную роль в обучении дисциплины «Высшая математика» играют задачи. Большая часть учебного времени, объяснение теоретического материала, демонстрация примеров, при обучении данной дисциплине отводится на решение задач. Решение математических задач – является достижением целей обучения дисциплины «Высшая математика», развивается познавательная активность, интерес, обучающиеся приобретают новые знания, восполняются дефициты знаний по определенным темам, знакомятся с новыми методами решения задач, формируются исследовательские умения и навыки и применение математических знаний в будущей профессиональной деятельности и в повседневной жизни.

Роль изучения математических моделей играет большую роль в системе научных знаний, что позволяет обучающимся изучая сложные явления и процессы моделировать их и тем самым упрощать и изучать только некоторые их аспекты. А также изучая различные методы исследования этих моделей актуально в подготовке специалистов инженерно-технических

специальностей для решения профессионально-ориентированных задач.

Освоения метода моделирования необходимо предоставить ученикам возможность самостоятельно строить модели и применять их для изучения различных объектов и явлений. И такие возможности есть в рамках курсов математики [1].

Математическая модель – примерная модель объектов, явлений и процессов, показанной математическими символами и обозначениями, обусловленной на точном логическом мышлении [2].

По мнению автора Михайлова Д. Д. математическая модель системы или механизма есть совокупность математических объектов (чисел, переменных, множеств и т. д.) и зависимостей между ними, которая адекватно описывает свойства технического объекта. С их помощью возможно описывать характеристики и оценивать возможности конкретных систем и конструкций. Математическое моделирование, в свою очередь, представлено в двух основных направлениях:

- построение моделей на основе прямой аналогии;
- построение моделей на основе компьютерного моделирования [3].

Автор Вакджира М. Б. определяет математическое моделирование, как методологию познания окружающей нас действительности, когда изучаемый процесс (объект, явление) заменяется его математической моделью – замкнутой системой уравнений, начальных, граничных и иных условий, которая представляет его свойства в виде определяющих соотношений, и требуемых характеристических функций процесса, которые находятся математическими методами [4].

Математические модели являются наиболее общими и абстрактными. Для решения задачи при помощи математической модели необходимо следовать алгоритму:

- перейти от условия задачи к её математической модели;
- решить по заданному/определённому алгоритму модель;

- вернуться от математической модели к исходным условиям/реальной ситуации в задаче.

При решении практико-ориентированных, прикладных задач, построение математической модели является одним из сложных этапов работы, который в дальнейшем позволяет понять и позволить решить правильно данную задачу обучающимся.

Сложность составления математической модели заключается в том, что необходим определённый уровень знаний, умений по дисциплине «Математика», а также способность ориентироваться и применять данные знания.

Зачастую при решении математических задач, математическая модель представляет собой уравнения, систему линейных уравнений, где есть неизвестные, и есть данные позволяющие найти неизвестные переменные.

Уравнение – это аналог ситуации, когда объект неизвестен, но кое-что про него мы знаем.

Система уравнений – математическая модель задач линейного программирования, решения которых предполагает использование знаний и умений обращения с матричными моделями.

В связи с этим оправдано изучение раздела «Элементы линейной алгебры» в курсе дисциплины «Математика» для будущих инженеров.

Приведем примеры задач и их решения с использованием математического моделирования.

Пример 1

Пусть предприятие выпускает продукцию трёх видов $1\ 2\ 3$, $P\ P\ P$, используя при этом три типа сырья $1\ 2\ 3$, $S\ S\ S$. Нормы расхода сырья на единицу и расход сырья на один день представлены в Таблице 1. Требуется:

а) составить экономико-математическую модель ежедневного выпуска продукции каждого из трёх видов $1\ 2\ 3$, $P\ P\ P$, предполагая полное использование сырья;

б) найти ежедневный объём выпуска каждого вида изделий (систему решить матричным методом).

Таблица 1

Нормы расхода сырья на единицу и расход сырья на один день

Тип сырья	Расход сырья на 1 день, усл. ед	Нормы расхода сырья на единицу продукции, усл. ед.		
		P1	P2	P3
S1	8900	7	4	2
S2	4550	2	3	2
S3	2350	0	1	5

Обозначим через x_1, x_2, x_3 ежедневный объём выпуска изделий вида P1, P2, P3 со ответственно. Составим математическую модель задачи.

$$\begin{cases} 7x_1 + 4x_2 + 2x_3 = 8900, \\ 2x_1 + 3x_2 + 2x_3 = 4550, \\ x_2 + 5x_3 = 2350 \end{cases} \quad (1)$$

$$x_1 \geq 0; x_2 \geq 0; x_3 \geq 0, \quad (2)$$

Система линейных уравнений (1) с ограничениями (2) представляет собой экономико-математическую модель ежедневного выпуска продукции вида P1, P2, P3.

Решив систему (1), найдем ежедневный объем выпуска продукции каждого вида в предположении полного использования сырья.

Перепишем систему (1) в матричном виде.

Матрица системы (1):

$$A = \begin{bmatrix} 7 & 4 & 2 \\ 2 & 3 & 2 \\ 0 & 1 & 5 \end{bmatrix}.$$

Матрица-столбец неизвестных:

$$X = \begin{bmatrix} x_1 \\ x_2 \\ x_3 \end{bmatrix}.$$

Матрица-столбец свободных членов:

$$B = \begin{bmatrix} 8900 \\ 4550 \\ 2350 \end{bmatrix}.$$

Тогда система (1) в матричном виде: $AX = B$.

Матрицу X можно выразить, если умножить обе части этого уравнения слева на матрицу, обратную матрице A:

$$A^{-1}AB = A^{-1}BX = A^{-1}B$$

Это уравнение можно решить, если определитель матрицы A не равен нулю:

$$\Delta = \begin{vmatrix} 7 & 4 & 2 \\ 2 & 3 & 2 \\ 0 & 1 & 5 \end{vmatrix} = 7 \cdot (3 \cdot 5 - 1 \cdot 2) - 2(4 \cdot 5 - 1 \cdot 2) = 7 \cdot (15 - 2) - 2(20 - 2) = 7 \cdot 13 - 2 \cdot 18 = 91 - 36 = 55 \text{ (не равно 0)}.$$

Обратная матрица будет иметь следующий вид:

$$X = \frac{1}{55} \begin{bmatrix} 13 & -18 & 2 \\ -10 & 35 & -10 \\ 2 & -7 & 13 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 8900 \\ 4550 \\ 2350 \end{bmatrix} = \frac{1}{55} \begin{bmatrix} 13 \cdot 8900 + (-18) \cdot 4550 + 2 \cdot 2350 \\ (-10) \cdot 8900 + 35 \cdot 4550 + (-10) \cdot 2350 \\ 2 \cdot 8900 + (-7) \cdot 4550 + 13 \cdot 2350 \end{bmatrix} = \frac{1}{55} \begin{bmatrix} 38500 \\ 46750 \\ 16500 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 700 \\ 850 \\ 300 \end{bmatrix}. \quad (3)$$

Таким образом, $x_1 = 700$, $x_2 = 850$, $x_3 = 300$, т. е. ежедневный объем выпуска продукции

$$A^{-1} = \frac{1}{55} \begin{bmatrix} A_{11} & A_{12} & A_{13} \\ A_{21} & A_{22} & A_{23} \\ A_{31} & A_{32} & A_{33} \end{bmatrix},$$

Где A_{ij} – алгебраические дополнения.

Транспонированная матрица имеет вид:

$$A^T = \begin{bmatrix} 7 & 2 & 0 \\ 4 & 3 & 1 \\ 2 & 2 & 5 \end{bmatrix}.$$

Найдем алгебраические дополнения:

$$A_{11} = (-1)^{1+1} \begin{vmatrix} 3 & 1 \\ 2 & 5 \end{vmatrix} \Delta_{11} = (3 \cdot 5 - 2 \cdot 1) = 13;$$

$$A_{12} = (-1)^{1+2} \begin{vmatrix} 2 & 1 \\ 2 & 5 \end{vmatrix} \Delta_{12} = -(4 \cdot 5 - 2 \cdot 1) = -18;$$

$$A_{13} = (-1)^{1+3} \begin{vmatrix} 2 & 3 \\ 2 & 2 \end{vmatrix} \Delta_{13} = (4 \cdot 2 - 3 \cdot 2) = 2;$$

$$A_{21} = (-1)^{2+1} \begin{vmatrix} 2 & 0 \\ 2 & 5 \end{vmatrix} \Delta_{21} = -(2 \cdot 5 - 2 \cdot 0) = -10;$$

$$A_{22} = (-1)^{2+2} \begin{vmatrix} 7 & 0 \\ 2 & 5 \end{vmatrix} \Delta_{22} = (7 \cdot 5 - 2 \cdot 0) = 35;$$

$$A_{23} = (-1)^{2+3} \begin{vmatrix} 7 & 2 \\ 2 & 2 \end{vmatrix} \Delta_{23} = -(7 \cdot 2 - 2 \cdot 2) = -10;$$

$$A_{31} = (-1)^{3+1} \begin{vmatrix} 2 & 0 \\ 3 & 1 \end{vmatrix} \Delta_{31} = (1 \cdot 2 - 0 \cdot 3) = 2;$$

$$A_{32} = (-1)^{3+2} \begin{vmatrix} 7 & 0 \\ 4 & 1 \end{vmatrix} \Delta_{32} = -(7 \cdot 1 - 0 \cdot 4) = -7;$$

$$A_{33} = (-1)^{3+3} \begin{vmatrix} 7 & 2 \\ 4 & 3 \end{vmatrix} \Delta_{33} = (7 \cdot 3 - 4 \cdot 2) = 13.$$

Обратная матрица равна:

$$A^{-1} = \frac{1}{55} \begin{bmatrix} 13 & -18 & 2 \\ -10 & 35 & -10 \\ 2 & -7 & 13 \end{bmatrix}.$$

Так как, $X = A^{-1}B$ значения неизвестных равны:

вида P1 составляет 700 ед., продукции вида P2 составляет 850 ед., продукции вида P3 – 300 ед.

Пример 2

Таблица 2

Ресурсы	Железнодорожная промышленность	Здравоохранение
Электроэнергия	10,2	6,1
Железнодорожные ресурсы	7,2	3,5
Водные ресурсы	4	1,2

Упрощённая запись предложенных аналитических данных выглядит следующим образом:

$$A = \begin{pmatrix} 10,2 & 6,1 \\ 7,2 & 3,5 \\ 4 & 1,2 \end{pmatrix}.$$

Решение экономических задач, осуществляемое матричным методом, позволило решать основные задачи экономического профиля на любом из предприятий.

Пусть предприятие выпускает продукцию трёх видов (P1, P2, P3), использует сырьё двух типов (S1, S2), а нормы расхода:

$$A = \begin{pmatrix} 7 & 5 \\ 4 & 3 \\ 8 & 1 \end{pmatrix}; C = (50 \ 60 \ 150).$$

Стоимость единицы каждого типа сырья (ден. ед) представлена матрицей-столбцом: $B = \begin{pmatrix} 50 \\ 60 \\ 150 \end{pmatrix}$.

Решая данную задачу аналитически, получаем: – затраты 1-го сырья составляют $S1 = 7 \cdot 50 + 4 \cdot 60 + 8 \cdot 150 = 1790$ (ед.); – затраты 2-го сырья составляют $S2 = 5 \cdot 50 + 3 \cdot 60 + 1 \cdot 150 = 580$ (ед.); поэтому матрица-строка затрат сырья S может быть записана как произведение: $S = CA$, где S – затраты сырья; C – заказ; A – матрица производства.

$$S = \begin{pmatrix} 7 & 5 \\ 4 & 3 \\ 8 & 1 \end{pmatrix} (50 \ 60 \ 150) = (1790 \ 580).$$

Общая стоимость сырья $Q = 1790 \cdot 50 + 580 \cdot 45 = 115600$ (ден. ед.) может быть записана в матричном виде: $Q = SB = (CA)B = 115600$, где Q – общая стоимость; B – стоимость единицы сырья; S – затраты сырья.

Применение матриц в экономике не может обойтись и без матрицы Абея, т. к. она позволяет рассматриваемую отрасль какой-либо деятельности компании, привести к критериям выбора конкурентоспособности в технологиях синергетического эффекта и маркетинга.

Например, поступление товаров на первый склад описывается матрицей:

$$A1 = \begin{pmatrix} 16 & 20 & 100 \\ 30 & 19 & 50 \\ 26 & 34 & 82 \end{pmatrix}.$$

А поступление товаров на второй склад описывается матрицей:

$$A2 = \begin{pmatrix} 110 & 32 & 49 \\ 28 & 25 & 75 \\ 37 & 16 & 86 \end{pmatrix}.$$

Найдите суммарный завоз товаров на склады; годовой завоз на склады, если по договору, производится ежемесячный завоз одинаковых партий товаров.

Решение:

Найдём суммарный завоз:

$$A1 + A2 = \begin{pmatrix} 16 & 20 & 100 \\ 30 & 19 & 50 \\ 26 & 34 & 82 \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} 110 & 32 & 49 \\ 28 & 25 & 75 \\ 37 & 16 & 86 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 126 & 52 & 149 \\ 58 & 44 & 125 \\ 63 & 50 & 168 \end{pmatrix}.$$

Найдём годовой завоз:

$$12 \cdot (A1 + A2) = 12 \cdot \begin{pmatrix} 126 & 52 & 149 \\ 58 & 44 & 125 \\ 63 & 50 & 168 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 1512 & 624 & 1788 \\ 696 & 528 & 1500 \\ 756 & 600 & 2016 \end{pmatrix}.$$

Ответ:

$$\begin{pmatrix} 126 & 52 & 149 \\ 58 & 44 & 125 \\ 63 & 50 & 168 \end{pmatrix}; \begin{pmatrix} 1512 & 624 & 1788 \\ 696 & 528 & 1500 \\ 756 & 600 & 2016 \end{pmatrix}.$$

Использование метода математического моделирования при изучении дисциплин «Математика» позволяют обучающимся применять полученные знания в профессионально-ориентированных и прикладных задачах, повышает познавательную активность обучающихся.

Литература

1. Шкурай И.А. Обучение математическому моделированию в школьном курсе математики / И.А. Шкурай // ДМ. – 2024. – № 64. – URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/obuchenie-matematicheskomu-modelirovaniyu-v-shkolnom-kurse-matematiki> (дата обращения: 10.11.2025).
2. Нигматов А.Н., Назарова Г.Н. Математическое моделирование в экологии // Евразийский Союз Ученых. 2018. № 3-2 (48). URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/matematic-heskoe-modelirovanie-v-ekologii> (дата обращения: 11.11.2025).
3. Михайлов Д.Д. Основы математического моделирования // Вестник Казанского технологического университета. 2015. № 2. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/osnovy-matematicheskogo-modelirovaniya> (дата обращения: 11.11.2025).
4. Вакджир М.Б. Исторический аспект математического моделирования // Вестник РУДН. Серия: Психология и педагогика. 2012. № 4. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/istoricheskiy-aspekt-matematicheskogo-modelirovaniya> (дата обращения: 11.11.2025).

BURYA Larisa Vladimirovna

Senior Lecturer,

Amur Institute of Railway Transport – branch of the Far Eastern State University
of Railway Communications, Russia, Svobodny

SUKHONOSIK Timofey Mikhailovich

Student, Amur Institute of Railway Transport – branch of the Far Eastern State University
of Railway Communications, Russia, Svobodny

THE TASKS OF THE MODULE "ELEMENTS OF LINEAR ALGEBRA" AS AN EXAMPLE OF MATHEMATICAL MODELING IN TEACHING THE DISCIPLINE "HIGHER MATHEMATICS" AT THE UNIVERSITY

Abstract. *The article discusses the process of mathematical modeling in solving the problems of the module "Elements of linear Algebra" of the discipline "Higher Mathematics". As part of the study of the discipline "Higher Mathematics", familiarization with mathematical modeling using the example of solving mathematical problems allows future engineers to apply their knowledge in solving professionally oriented tasks, which stimulates their cognitive activity.*

Keywords: *mathematical modeling, linear algebra, cognitive activity, higher mathematics, education.*

ЕПАНЕШНИКОВА Вера Андреевна

воспитатель, МДОАУ Детский сад № 88, Россия, г. Оренбург

ИГРОВЫЕ МЕТОДЫ И ПРИЕМЫ, КАК СРЕДСТВО РАЗВИТИЯ ЭЛЕМЕНТАРНЫХ МАТЕМАТИЧЕСКИХ ПРЕДСТАВЛЕНИЙ У ДЕТЕЙ ДОШКОЛЬНОГО ВОЗРАСТА

Аннотация. В статье раскрывается роль математики в умственном воспитании детей дошкольного возраста и развитии их логического мышления. Обосновывается необходимость раннего формирования элементарных математических представлений с опорой на возрастные и индивидуальные особенности ребенка. Особое внимание уделяется игровым методам и приемам обучения: дидактическим, подвижным, сюжетно-игровым формам, использованию занимательных задач, а также введению в занятия знакомых детям персонажей как элемента детской субкультуры.

Ключевые слова: дошкольный возраст, математические представления, развитие мышления, дидактические игры, игровая деятельность, занимательный материал, познавательный интерес, подготовка к школе.

Математика занимает важную роль в умственном воспитании детей, в развитии мышления и интеллекта. В дошкольном возрасте мышление ребенка входит в новую фазу развития, а именно: увеличивается круг представлений детей и идет перестройка умственной деятельности.

Математика для дошкольников позволяет одновременно решить сразу несколько задач, главные из которых – это привить детям основы логического мышления и научить простому счету. Особый интерес представляет поле математической деятельности, поскольку в математике заложены огромные возможности для развития восприятия, мыслительных операций (сравнение, абстрагирование, символизация, внимания, памяти).

На занятиях по математике воспитателями используются различные методы (*словесный, наглядный, игровой*) и приемы (рассказ, беседа, описание, указание и объяснение, вопросы детям, ответы детей, образец, показ реальных предметов, картин, дидактические игры и упражнения, подвижные игры).

Комплексное использование всех методов и приемов, форм обучения поможет решить одну из главных задач – осуществить математическую подготовку дошкольников и вывести развитие их мышление на уровень, достаточный для успешного усвоения математики в школе. При организации и проведении занятий по математике необходимо всегда помнить о

возрасте детей и индивидуальных особенностях каждого ребенка

Процесс формирования элементарных математических представлений у детей дошкольного возраста будет более эффективен при использовании на занятиях игровых методов и приемов.

Обучение математике дошкольников невозможно без использования занимательных игр, задач, развлечений. При этом роль несложного занимательного материала определяется с учетом возрастных возможностей детей и задач всестороннего развития и воспитания. Применяется занимательный материал для того, чтобы активизировать умственную деятельность, заинтересовать математическим материалом, увлекать и развлекать детей, развивать ум, расширять, углублять математические представления, закреплять полученные знания и умения, упражнять в применении их в других видах деятельности, новой обстановке. Ребенок занимается в силу своего внутреннего влечения по собственному желанию, а значит, учится усваивать материал легко и основательно.

Игровая форма является понятной и интересной детям. С каждым занятием дети всё больше втягиваются в обучающий процесс, но при этом занятия остаются игрой, сохраняя свою притягательность.

Интерес детей дошкольного возраста проявляется к игровым персонажам. С этой целью в занятия можно ввести знакомые детям по

мультфильмам игровые персонажи, т. к. они являются элементом субкультуры детей. Помогая героям выполнять задания (которые они приносят с собой детям в виде небольших сувениров, картинок-раскрасок, геометрических фигур, разнообразных эмблем, медалей, дети удовлетворяют потребность в личностной заинтересованности и осознании собственной значимости. Присутствие игровых персонажей на занятии побуждает детей к математической деятельности, преодолению интеллектуальных трудностей.

Использование дидактических игр и упражнений по формированию математических представлений

Для формирования у дошкольников математических представлений широко используются занимательные по форме и содержанию

разнообразные дидактические игры. Они отличаются от типичных учебных заданий и упражнений необычностью постановки задачи (найти, догадаться, неожиданностью преподнесения ее от имени какого-либо литературного сказочного героя.

Все виды дидактических игр (*предметные, настольно-печатные, словесные и др.*) являются эффективным средством и методом формирования элементарных математических представлений у детей всех возрастных групп. Предметные и словесные игры проводятся на занятиях по математике и вне их, настольно-печатные, как правило, в свободное от занятий время. Все они выполняют основные функции обучения – образовательную, воспитательную и развивающую.

EPANESHNIKOVA Vera Andreevna

Educator, MDOAU Kindergarten No. 88, Russia, Orenburg

GAME METHODS AND TECHNIQUES AS A MEANS OF DEVELOPING ELEMENTARY MATHEMATICAL CONCEPTS IN PRESCHOOL CHILDREN

Abstract. *The article reveals the role of mathematics in the mental education of preschool children and the development of their logical thinking. The necessity of early formation of elementary mathematical concepts based on the age and individual characteristics of the child is substantiated. Special attention is paid to game methods and teaching methods: didactic, mobile, story-game forms, the use of entertaining tasks, as well as the introduction of characters familiar to children as an element of children's subculture.*

Keywords: *preschool age, mathematical concepts, development of thinking, tactical games, play activities, entertaining material, cognitive interest, preparation for school.*

НЕФТЯНАЯ ПРОМЫШЛЕННОСТЬ

КРАСНОВ Андрей Николаевич

кандидат технических наук, доцент кафедры автоматизации, телекоммуникации и метрологии, Уфимский государственный нефтяной технический университет, Россия, г. Уфа

СИРАЖЕТДИНОВА Разалия Римовна

студентка, Уфимский государственный нефтяной технический университет, Россия, г. Уфа

ГИДРОСТАТИЧЕСКИЙ МЕТОД ИЗМЕРЕНИЯ МАССЫ НЕФТЕПРОДУКТОВ

Аннотация. Рассматривается актуальная проблема обеспечения эффективности и надежности систем коммерческого и технологического учета нефти и нефтепродуктов в резервуарных парках. Проведен сравнительный анализ двух широко распространенных косвенных методов измерений массы: статического (с использованием радарных уровнемеров и измерением плотности) и метода, основанного на гидростатическом принципе. На примере вертикального цилиндрического резервуара выполнена количественная оценка доверительных относительных погрешностей измерений для каждого метода в соответствии с ГОСТ Р 8.595-2002. Показано, что при стандартных условиях погрешность статического метода ($\delta m_1 \approx 0,2\%$) может быть ниже, чем у гидростатического ($\delta m_2 \approx 0,8\%$), что в первую очередь обусловлено погрешностью датчиков давления. Однако выявлены значимые компенсирующие преимущества гидростатического метода, такие как отсутствие необходимости прямого измерения плотности и более низкая стоимость внедрения. Сделан вывод о том, что выбор оптимального метода не может быть основан исключительно на заявленной точности средств измерений уровня и требует комплексного учета климатических условий, технологических особенностей и экономических факторов.

Ключевые слова: коммерческий учет нефти, технологический учет нефтепродуктов, косвенные методы измерений массы, статический метод измерений, гидростатический метод измерений, погрешность измерений, резервуарный парк.

Проблема повышения эффективности и надежности систем коммерческого и технологического учета нефти и нефтепродуктов в резервуарных парках остается крайне актуальной для большинства предприятий нефтегазовой отрасли. Согласно требованиям ГОСТ Р 8.595-2002, для измерения массы продукта в резервуарах могут применяться как прямые, так и косвенные методы.

Несмотря на существование прямых методов, наибольшее распространение на практике получили два косвенных подхода: метод статических измерений и метод, основанный на гидростатическом принципе. Именно эти методы, а также их модификации, легли в основу большинства комплексов учета, предлагаемых сегодня отечественными и зарубежными производителями.

В основе гидростатического метода лежит фундаментальный закон физики – закон

Паскаля, а именно зависимость гидростатического давления жидкости от высоты ее столба и плотности. Ключевая идея метода заключается в том, что масса продукта пропорциональна создаваемому им гидростатическому давлению.

Сравнительному анализу этих двух методов посвящено много публикаций, в которых предпочтение отдается косвенному методу статических измерений с использованием радарных уровнемеров, как обеспечивающих более высокую точность измерений. Попытаемся и мы разобраться в точностных характеристиках этих методов.

В соответствии с ГОСТ Р 8.595-2002 при косвенном методе статических измерений массу продукта определяют согласно выражению: $m_1 = \rho^v$.

По результатам измерений:

- уровня продукта – стационарным уровнемером или другими средствами

измерений уровня жидкости. Значение уровня используют для определения объема продукта V по градуировочной таблице меры вместимости;

- плотности продукта ρ – переносным или стационарным средством измерений плотности или ареометром в лаборатории в объединенной пробе продукта;
- температуры продукта – термометром в точечных пробах или с помощью переносного или стационарного преобразователя температуры. Значение температуры продукта используется для приведения измеренного значения плотности к температуре 15°C или 20°C;

При косвенном методе, основанном на гидростатическом принципе, массу продукта в мерах вместимости определяют согласно выражению:

$$m_2 = \frac{1}{g} P S, \quad (1)$$

По результатам измерений:

- гидростатического давления столба продукта P – стационарным измерителем гидростатического давления;
- уровня продукта – переносным или другим средством измерений уровня. Значение уровня используется для вычисления значений средней площади резервуара S .

Для упрощения наших рассуждений сравнение погрешностей этих методов на примере измерения массы нефти в вертикальном резервуаре (мере вместимости) и температуре нефти равной 15°C.

В соответствии с указанным ГОСТ и с учетом принятых упрощений доверительные относительные погрешности измерений массы продукта при косвенном методе статических измерений δm_1 , %, при доверительной вероятности 0,95 вычисляют по формуле:

$$\delta m_1 = \pm 1,1 \sqrt{\delta K^2 + k_\Phi \delta H^2 + \delta p^2 + \delta N^2}, \quad (2)$$

Где δK – относительная погрешность составления градуировочной таблицы;

δH – относительная погрешность измерений уровня продукта;

δp – относительная погрешность измерений плотности продукта;

δN – относительная погрешность устройства обработки измерительной информации (ИБК)

k_Φ – коэффициент формы, учитывающий геометрическую форму меры вместимости, для вертикальных цилиндрических резервуаров $k_\Phi = 1$.

Доверительные относительные погрешности измерений массы продукта при косвенном методе, основанном на гидростатическом

принципе δm_2 , %, при доверительной вероятности 0,95 вычисляют по формуле:

$$\delta m_2 = \pm 1,1 \sqrt{\delta P^2 + \delta K^2 + (1 - k_\Phi) \delta H^2 + \delta N^2}, \quad (3)$$

Где δP – относительная погрешность измерений гидростатического давления.

Рассмотрим составляющие погрешностей указанных методов. Погрешности устройств обработки измерительной информации δN примем одинаковыми для обоих методов, так как на современном уровне развития вычислительной техники минимизация этой составляющей не представляет больших трудностей. Относительная погрешность составления градуировочной таблицы резервуара зависит от метода градуировки и объема резервуара находится в пределах 0,1–0,4%. Погрешность измерения плотности зависит от используемых средств измерений (СИ), для переносных и стационарных СИ находится в пределах 0,1%. Абсолютная погрешность измерения уровня современными радарными уровнемерами составляет ± 1 мм. Для уровней 1 и 10 метров, относительная погрешность δH составит 0,1% и 0,01% соответственно. Современные датчики давления имеют основную погрешность измерений 0,075% от верхнего предела измерений. Относительная погрешность измерений гидростатического давления δP для принятых уровней составит соответственно 0,75% и 0,075%.

Подставляя приведенные значения погрешностей в формулы для расчета погрешности измерений массы, получим соответственно: $\delta m_1 = 0,2\%$ и $\delta m_2 = 0,8\%$. Причем значение δm_1 ограничено погрешностями градуировки резервуара и измерения плотности, а значение δm_2 получено при наихудшей погрешности преобразователя давления и может быть снижена.

Следует отметить, что при расчете погрешности δm_1 необходимо учитывать влияние температуры, при которой измеряется уровень и плотность, вводя коэффициенты объемного расширения самого продукта и материала, из которого изготовлена мера вместимости. Поэтому реальное значение погрешности δm_1 будет несколько выше приведенного. Другим преимуществом гидростатического метода является отсутствие необходимости в измерении плотности, так как информация о плотности жидкости содержится в значении гидростатического давления. Еще одним достоинством гидростатического метода, является низкая стоимость оборудования для реализации метода, по сравнению с использованием радарных уровнемеров.

Гидростатический метод измерения массы нефти и нефтепродуктов представляет собой

надежный, технологичный и экономически эффективный способ организации коммерческого и технологического учета. Несмотря на некоторые ограничения по точности при малых уровнях налива, его ключевое преимущество – возможность прямого и непрерывного определения массы – делает его чрезвычайно востребованным на практике.

Выбор между гидростатическим методом и методом статических измерений должен основываться на комплексном анализе конкретных условий: требуемой точности, характеристик резервуаров, свойств хранимых продуктов и экономических возможностей предприятия. Во многих случаях именно гидростатический метод оказывается оптимальным решением, обеспечивающим необходимую достоверность учета при разумных затратах.

Литература

1. ГОСТ Р 8.595-2002 «ГСИ. Масса нефти и нефтепродуктов. Общие требования к методикам выполнения измерений». – Введ. 2003–07–01. – М.: ИПК Издательство стандартов, 2002.
2. Р 50.2.060-2007 «Измерения расхода и количества жидкостей и газов методом переменного перепада давления. Общие требования к методике выполнения измерений». – М.: Стандартиформ, 2008.
3. МІ 2620-2010 «ГСИ. Количество нефти и нефтепродуктов. Методика измерений объемно-массовым статическим методом». – М.: Стандартиформ, 2011.
4. Столяров А.И. Современные методы и средства коммерческого учета нефти и нефтепродуктов / А.И. Столяров, В.В. Кремлевский // Трубопроводный транспорт: теория и практика. – 2018. – № 4 (62). – С. 34-39.
5. Петров С.М. Автоматизация измерений, контроля и учета в нефтегазовой отрасли: учебное пособие / С.М. Петров. – М.: Недра, 2015. – 255 с.
6. РД 153-39.4-080-01 «Правила технической эксплуатации резервуаров магистральных нефтепроводов». – М.: Транспорт, 2001.
7. Техническая документация на стационарные радарные уровнемеры (напр., производителей VEGA, Siemens) и датчики гидростатического давления (напр., производителей Emerson, Endress+Hauser).

KRASNOV Andrey Nikolaevich

Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the Department of Automation, Telecommunications and Metrology, Ufa State Petroleum Technical University, Russia, Ufa

SIRAZHETDINOVA Razalia Rimovna

Student, Ufa State Petroleum Technical University, Russia, Ufa

HYDROSTATIC METHOD FOR MEASURING THE MASS OF PETROLEUM PRODUCTS

Abstract. *The current problem of ensuring the efficiency and reliability of commercial and technological accounting systems for oil and petroleum products in tank farms is considered. A comparative analysis of two widely used indirect methods of mass measurements is carried out: static (using radar level meters and density measurement) and a method based on the hydrostatic principle. Using the example of a vertical cylindrical tank, a quantitative assessment of the confidence relative measurement errors for each method was performed in accordance with GOST R 8.595-2002. It is shown that under standard conditions, the error of the static method ($dm_1 \approx 0.2\%$) may be lower than that of the hydrostatic method ($dm_2 \approx 0.8\%$), which is primarily due to the error of the pressure sensors. However, significant compensating advantages of the hydrostatic method have been identified, such as the absence of the need for direct density measurement and a lower cost of implementation. It is concluded that the choice of an optimal method cannot be based solely on the claimed accuracy of level measuring instruments and requires comprehensive consideration of climatic conditions, technological features and economic factors.*

Keywords: *commercial accounting of oil, technological accounting of petroleum products, indirect methods of mass measurements, static measurement method, hydrostatic measurement method, measurement error, tank farm.*

ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ

ГРИБОВ Михаил Александрович

слушатель,

Академия Государственной противопожарной службы МЧС России,
Россия, г. Москва

*Научный руководитель – доцент кафедры пожарной безопасности в строительстве
Академии Государственной противопожарной службы МЧС России
Фирсова Татьяна Федоровна*

КОМПЬЮТЕРНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ СНИЖЕНИЯ ПОЖАРНОЙ ОПАСНОСТИ НА ОБЪЕКТАХ СТОЛЯРНОГО ПРОИЗВОДСТВА

Аннотация. В работе при использовании симулятора динамики пожара FDS создана сложная модель пиролиза древесины в соответствии с ее характеристиками. Смоделирован процесс развития пожара на объекте столярного производства. Рассмотрены некоторые стратегии уменьшения и предотвращения ущерба. Показано, что одной из наиболее эффективных мер по снижению воздействия пожара является обработка огнезащитными составами.

Ключевые слова: симулятор динамики пожара, компьютерное моделирование, снижение пожарной опасности, объект столярного производства, огнезащитная обработка.

В данной работе для моделирования развития пожара в здании столярного производственного предприятия использовался симулятор динамики пожара Fire Dynamics Simulator (FDS). FDS – это программное обеспечение для вычислительной гидродинамики (CFD), разработанное Национальным институтом стандартов и технологий (NIST) для моделирования пожаров [1]. На основе полевых исследований была создана модель объекта. Размеры модели соответствовали реальным, с небольшими корректировками в некоторых областях для соответствия требованиям сетки FDS. Размеры секции составляли 42 м × 9,4 м × 5,4 м с открытыми границами сетки. Предполагалось, что источник пожара находится на столе в центре объекта.

Для определения зависимости скорости распространения огня от времени использовалась наиболее распространённая модель распространения огня « t^2 ». Скорость тепловыделения Q при пожаре t^2 определяется по формуле (1):

$$Q = at^2, \quad (1)$$

Где a – коэффициент распространения огня, t – время, при котором интенсивность тепловыделения достигает максимального значения. Значение Q принимали равным 1 МВт/м², a – равным 0,047.

Отсюда можно получить время t , которое составляет около 146 с. Материалы всех частей объекта считались одинаковыми, а параметры кинетики реакции древесины определялись по данным термогравиметрического испытания. Температура окружающей среды была установлена равной 20 °С.

Для обеспечения точности результатов моделирования необходимо выбрать подходящий размер сетки. В руководстве пользователя FDS рекомендуется, чтобы размер сетки δ_x составлял от 1/4 до 1/16 характерного диаметра очага пожара D^* [2], что можно выразить уравнением (2).

$$D^* = (Q/(\rho_0 c_p T_0 g))^{2/5}, \quad (2)$$

где Q – скорость тепловыделения (СТВ) источника пожара, ρ_0 – плотность газа, c_p – удельная теплоемкость, T_0 – температура окружающей среды, g – ускорение свободного падения.

Согласно полученным результатам, диапазон δ_x составил от 7,5 см до 30,3 см.

Для обеспечения точности результатов моделирования размер сетки для каждой деревянной секции был установлен на уровне 5 см. По мере приближения размера сетки к 0,1 м кривые скорости тепловыделения (СТВ) становятся более последовательными. Поэтому размер сетки для секции деревянной доски был установлен на уровне 5 см, а для других областей – на уровне 0,1 м. Общее количество сеток во всей вычислительной области составило 1,72 миллиона.

Точки измерения располагались по центру каждого помещения на высоте 1,5 м. Измерялись температура, плотность теплового потока, плотность дыма, видимость, концентрация СО и концентрация СО₂. Кроме того, на крыше был установлен ряд термопар.

Разработана комплексная модель оценки пожарного риска, включающая целевой уровень, уровень критерия и индексный уровень. В качестве целевого уровня был выбран пожарный риск. Затем характеристики материала, опасность возгорания, риск задымления и факторы эвакуации были выделены в критериальный уровень.

Наконец, на основе результатов эксперимента и моделирования было выбрано 12 параметров для формирования индексного уровня.

Сложная модель пиролиза древесины, использованная в этом исследовании, была настроена в FDS с учетом влаги и остатка как неотъемлемых частей материала и входной массовой доли. При моделировании сценарии пожара в здании столярного производственного предприятия можно было разделить на несколько стадий. На начальном этапе очаг возгорания горел очень медленно, выделяя лишь небольшое количество дыма. На 146-й секунде огонь достиг максимальной скорости тепловыделения, при этом высота пламени достигла почти потолка, сопровождаясь большим количеством поднимающегося дыма, заполняющего верхнюю часть помещения. По мере продолжения горения материала, между 400-й и 450-й секундами произошло возгорание панелей крыши, при этом пламя начало распространяться наружу. Примерно на 670-й секунде огонь распространился по всей длине крыши. Впоследствии зона горения расширилась в ширину, воспламеняя всё больше и больше участков, что привело к быстрому увеличению общей СТВ. На 811-й секунде одновременно

возгорелись почти все деревянные элементы. На 1084-й секунде также произошло возгорание консольных балок в основании, интенсивность пожара достигла пика, и объект оказался на грани обрушения, теряя свою несущую способность. В данном исследовании рассматривался только пожар, развившийся до этого момента.

Можно выделить две стратегии уменьшения и предотвращения ущерба.

1. Огнезащитная обработка.

Обработка огнезащитным составом может эффективно повысить огнестойкость древесины, повысить температуру воспламенения и уменьшить дымообразование. Самые современные покрытия могут не только обеспечивать отличную огнестойкость, но и значительно повышать долговечность материалов [3; 4, с. 191-237; 5, с. 57-66]. В FDS энергия активации материала была установлена выше, чтобы имитировать эффект огнезащитных покрытий.

2. Система пожаротушения водяным туманом.

В отличие от огнезащитной обработки, система тушения тонкораспыленной водой тушит пожар с физической точки зрения [3]. Система тушения тонкораспыленной водой может быть интегрирована с датчиками для автоматической активации при обнаружении пожара, что экономит время для проведения пожарно-спасательных работ. Система тушения тонкораспыленной водой была смоделирована в FDS со спринклерами, расположенными над источником огня. Температура активации была установлена на значении 200 °С, а индекс времени реагирования был установлен на 100. Время вспышки на объекте составило 1035 с, что на 27,6% позже по сравнению с необработанными материалами. На момент 811 с максимальная температура на крыше для каждой точки измерения составила 345,9 °С, а на высоте 1,5 м – 219,2 °С, что на 66,3 °С и 2,1 °С ниже, чем у необработанной древесины, что указывает на то, что обработка антипиреном может значительно улучшить огнестойкость.

Важно отметить, что в FDS источник огня был настроен на непрерывное горение, что привело к вспышке примерно на момент времени 1500 с. В реальной ЧС постоянного источника огня не существует, поэтому система пожаротушения тонкораспыленной водой может эффективно предотвратить возгорание.

Таким образом, при использовании симулятора динамики пожара (FDS) создана сложная

модель пиролиза древесины в соответствии с ее характеристиками. Смоделирован процесс развития пожара на объекте столярного производства. Рассмотрены некоторые стратегии уменьшения и предотвращения ущерба. Показано, что одной из наиболее эффективных мер по снижению воздействия пожара является обработка огнезащитными составами.

Литература

1. Fire Dynamics Simulator (FDS) // Режим доступа: <https://pages.nist.gov/fds-smv/>.
2. Karunaratne T., Han S., Lau D., Chow C.L. Experimental and numerical investigation of fire

hazard of vertical greenery systems. J. Build. Eng. 2024, 95, 110004.

3. Баратов А.Н. Пожарная опасность строительных материалов / А.Н. Баратов, Р.А. Андрианов, А.Я. Корольченко [и др.] – М.: Стройиздат, 2020. – 380 с.
4. Williams F. Chemical kinetics of pyrolysis / F. Williams // Heat Transfer Fires. Thermophys., Social Aspects Ecom. Impact. Washington, 2020. – P. 191-237.
5. Evans D.D. Combustion of Wood Charcoal / D.D. Evans, H.W. Emmons // Fire Res. – 2022. – № 1. – P. 57-66.

GRIBOV Mikhail Alexandrovich

Student,

Academy of the State Fire Service of the Ministry of Emergency Situations,
Russia, Moscow

*Scientific Advisor – Associate Professor of the Department of Fire Safety in Construction
at Academy of the State Fire Service of the Ministry of Emergency Situations
Firsova Tatyana Fedorovna*

COMPUTER MODELING OF FIRE HAZARD REDUCTION AT CARPENTRY PRODUCTION FACILITIES

Abstract. In this paper, a complex wood pyrolysis model based on wood characteristics is created using the FDS fire dynamics simulator. The development of a fire at a carpentry facility is simulated. Several damage mitigation and prevention strategies are discussed. It is demonstrated that one of the most effective measures for reducing fire impact is the use of fire retardants.

Keywords: fire dynamics simulator, computer modeling, fire hazard mitigation, carpentry facility, fire retardant application.

ПРОЦКО Дмитрий Сергеевич

преподаватель кафедры эксплуатации авиационной техники,
Военный учебно-научный центр Военно-воздушных сил «Военно-воздушной академии
имени профессора Н. Е. Жуковского и Ю. А. Гагарина», Россия, г. Воронеж

КОЖЕМЯКИН Антон Евгеньевич

курсант,
Военный учебно-научный центр Военно-воздушных сил «Военно-воздушной академии
имени профессора Н. Е. Жуковского и Ю. А. Гагарина», Россия, г. Воронеж

ВЛИЯНИЕ ВЛАЖНОСТИ НА ЭФФЕКТИВНОСТЬ АВИАЦИОННЫХ СИСТЕМ ОЧИСТКИ ВОЗДУХА: АНАЛИЗ КОРРОЗИИ, ДЕГРАДАЦИИ МАТЕРИАЛОВ И МИКРОБИОЛОГИЧЕСКИХ РИСКОВ

Аннотация. В статье исследуется комплексное влияние влажности на работу авиационных систем очистки воздуха. Анализируются процессы коррозии и деградации фильтрующих материалов, конденсация влаги и связанное с ней распространение микроорганизмов в условиях переменной влажности. Рассматриваются современные методы защиты и оптимизации производительности систем авиационного кондиционирования и очистки воздуха, а также предлагаются практические рекомендации для авиационной промышленности.

Ключевые слова: влажность, авиационные системы, очистка воздуха, коррозия, микроорганизмы, HEPA-фильтры, конденсация, эксплуатационная надежность.

Введение

Современные авиационные системы кондиционирования и очистки воздуха представляют собой сложные инженерные комплексы, обеспечивающие безопасность и комфорт пассажиров и экипажа. Согласно исследованию Международной Ассоциации Воздушного Транспорта (IATA), около 37% пассажиров выражают обеспокоенность качеством воздуха в салоне самолета, что подчеркивает важность данной проблем.

Особую актуальность вопрос эффективности систем очистки воздуха приобретает в условиях переменной влажности, характерной для авиационных эксплуатационных условий. Высокая влажность может значительно влиять на производительность фильтрующих материалов, способствовать коррозионным процессам и создавать благоприятные условия для размножения патогенных микроорганизмов. В данной статье рассматриваются все аспекты влияния влажности на авиационные системы очистки воздуха, включая механизмы деградации материалов, микробиологические риски и методы защиты.

1. Влияние влажности на фильтрующие материалы авиационных систем

1.1. Механизмы деградации фильтрующих материалов

Высокая влажность воздуха оказывает комплексное воздействие на фильтрующие материалы, используемые в авиационных системах очистки воздуха. Как отмечается в исследованиях, при влажности выше 60% частицы загрязнений в воздухе начинают слипаться, образуя более крупные агломераты, которые забивают поры фильтрующих материалов. Это приводит к значительному снижению эффективности фильтрации и увеличению сопротивления воздушного потока.

В авиационных системах широко используются высокоэффективные фильтры HEPA (High Efficiency Particulate Air), способные улавливать до 99.99% частиц, включая бактерии и вирусы. Однако под воздействием повышенной влажности происходит набухание волокнистых материалов, изменение их геометрических параметров и уменьшение эффективной площади поверхности фильтрации. Эти изменения ведут к снижению производительности

системы и увеличению энергозатрат на прокачку воздуха.

1.2. Влияние на коррозию металлических компонентов

Металлические компоненты авиационных систем очистки воздуха подвержены различным видам коррозии в условиях высокой влажности. Как показано в исследованиях, при относительной влажности воздуха, превышающей 60%, на поверхностях металлических элементов начинает формироваться электролитная пленка, запускающая процессы электрохимической коррозии.

Для алюминиевых сплавов, широко используемых в авиационной промышленности, наиболее характерными являются следующие виды коррозии:

- **Гальваническая коррозия** – возникает при контакте алюминия с другими металлами в присутствии влаги.
- **Питтинговая (точечная) коррозия** – образуется при воздействии хлоридов, создающих глубокие локальные повреждения.
- **Щелевая коррозия** – развивается в узких зазорах и под крепежными элементами, где скапливается влага.

Таблица 1

Типы коррозии металлических компонентов авиационных систем очистки воздуха

Тип коррозии	Условия возникновения	Последствия для системы
Гальваническая	Контакт разнородных металлов при влажности >60%	Разрушение соединений, нарушение герметичности
Питтинговая	Воздействие хлоридов при влажности >70%	Локальные повреждения, снижение прочности
Щелевая	Скапливание влаги в зазорах и под крепежом	Потеря механической целостности, заклинивание движущихся частей
Атмосферная	Длительное воздействие влажности >60%	Общее снижение прочности, изменение размеров

1.3. Влияние на электростатические свойства фильтров

Некоторые типы фильтров, особенно электростатические, используют электрические заряды для повышения эффективности улавливания частиц. Исследования демонстрируют, что высокая влажность (выше 70%) значительно снижает поверхностное сопротивление материалов, что приводит к быстрой потере электростатического заряда и снижению эффективности фильтрации. В условиях низкой влажности (ниже 40%) возможно накопление статического электричества, которое может привлекать пыль и нарушать работу электронных компонентов системы.

2. Конденсация влаги и распространение микроорганизмов

2.1. Механизмы конденсации в авиационных системах

В условиях переменных высот и температурных режимов в авиационных системах очистки воздуха часто происходит конденсация влаги. Когда теплый насыщенный влагой воздух попадает на охлажденные поверхности теплообменников или воздухопроводов, происходит выделение конденсата. Этот процесс особенно характерен для систем рециркуляции

воздуха, где до 75% воздуха салона смешивается с 25% свежего заборного воздуха.

Образование конденсата создает благоприятные условия для размножения различных микроорганизмов, включая бактерии, грибы и плесень. Исследования показывают, что большинство видов плесневых грибов активно развиваются при температуре 18–25°C и высокой влажности. Эти микроорганизмы не только нарушают работу системы, но и представляют серьезную опасность для здоровья пассажиров и экипажа.

2.2. Микробиологические риски и качество воздуха

Биологическое загрязнение авиационных систем очистки воздуха представляет серьезную проблему для безопасности полетов. Продукты жизнедеятельности микроорганизмов могут вызывать различные заболевания, включая аллергические реакции, воспалительные заболевания дыхательных путей.

В условиях высокой влажности и наличия органических загрязнителей (частиц кожи, пищевых продуктов) в системах кондиционирования создаются идеальные условия для развития микроорганизмов. Особую опасность представляют:

- **Бактерии** *Legionella pneumophila*, вызывающие легионеллез.
- **Плесневые грибы** видов *Aspergillus*, *Penicillium* и *Cladosporium*.

- **Дрожжевые грибы**, способные формировать биопленки на поверхностях.

Таблица 2

Микроорганизмы, развивающиеся в авиационных системах при высокой влажности

Тип микроорганизма	Оптимальные условия	Влияние на здоровье	Влияние на систему
Бактерии <i>Legionella</i>	Влага, температура 25-45°C	Легионеллез, поражение дыхательной системы	Биокоррозия металлических компонентов
Плесневые грибы (<i>Aspergillus</i>)	Влажность >70%, температура 18-25°C	Аллергии, астма, инфекции дыхательных путей	Засорение фильтров, неприятный запах
Дрожжевые грибы	Влажность >75%, органические остатки	Кандидозы, аллергические реакции	Образование биопленок, снижение эффективности теплообмена

2.3. Биологическая коррозия компонентов системы

Помимо рисков для здоровья, микроорганизмы вызывают биологическую коррозию компонентов системы очистки воздуха. Продукты метаболизма бактерий и грибов включают органические кислоты, ферменты и другие агрессивные соединения, которые разрушают металлические и полимерные материалы.

Наиболее уязвимыми к биокоррозии являются:

- **Алюминиевые теплообменники** – органические кислоты разрушают защитный оксидный слой.
- **Резиновые уплотнения** – микробные ферменты деполимеризуют каучуковые материалы.
- **Медные трубки** – продукты метаболизма микроорганизмов ускоряют коррозию.

3. Методы защиты и оптимизации работы систем

3.1. Контроль и регулирование влажности

Для обеспечения оптимальной работы авиационных систем очистки воздуха необходимо поддерживать относительную влажность в диапазоне 40–60%. Это позволяет минимизировать как конденсацию влаги, так и электростатические разряды.

Современные системы кондиционирования воздуха в самолетах Airbus A220-300 используют сложные схемы контроля влажности, включающие:

- **Системы осушения** на основе вращающихся адсорбционных роторов.
- **Тепловые насосы** для рекуперации энергии и контроля точки росы.
- **Автоматические системы дренажа** конденсата с антибактериальной обработкой.

3.2. Защитные покрытия и коррозионно-стойкие материалы

Для защиты металлических компонентов от коррозии в условиях высокой влажности применяются различные покрытия и обработки:

Анодирование алюминиевых деталей – электрохимический процесс, увеличивающий толщину естественного оксидного слоя, повышающий коррозионную стойкость.

Порошковые покрытия на основе оксидных и полиэфирных смол создают барьер для влаги и агрессивных химических веществ, обеспечивая долговременную защиту даже в условиях повышенной влажности.

Обработка хроматами создает химический барьер, особенно эффективный против точечной коррозии в условиях воздействия солей и высокой влажности.

3.3. Антимикробные обработки и технологии очистки

Для предотвращения роста микроорганизмов в авиационных системах очистки воздуха применяются различные технологии:

Ультрафиолетовое излучение – бактерицидные УФ-лампы разрушают ДНК микроорганизмов, предотвращая их размножение. В авиационных системах используются

преимущественно закрытые облучатели-рециркуляторы, безопасные для людей.

Фотокаталитические фильтры на основе диоксида титана под воздействием УФ-излучения разрушают органические загрязнители, включая бактерии и вирусы, до безвредных углекислого газа и воды.

Антимикробные пропитки для фильтрующих материалов на основе солей серебра, меди или органических биоцидов подавляют рост микроорганизмов без значительного влияния на эффективность фильтрации.

4. Перспективные разработки и рекомендации

4.1. Новые материалы и технологии

Перспективным направлением развития авиационных систем очистки воздуха является создание новых материалов с улучшенными влагостойкими свойствами. Среди них:

Композитные материалы с наноразмерными добавками, обладающие гидрофобными свойствами и снижающие адгезию микроорганизмов.

Умные мембраны с переменной проницаемостью, способные адаптивно регулировать влагоперенос в зависимости от условий эксплуатации.

Самовосстанавливающиеся покрытия, содержащие микрокапсулы с ингибиторами коррозии, которые высвобождаются при повреждении покрытия.

4.2. Эксплуатационные рекомендации

На основании анализа влияния влажности на авиационные системы очистки воздуха можно сформулировать следующие рекомендации:

1. **Регулярный мониторинг** влажности в критических точках системы с установкой датчиков и систем автоматического регулирования.

2. **Плановое техническое обслуживание**, включающее очистку дренажных систем, замену фильтров и проверку целостности защитных покрытий.

3. **Использование осушителей** в наземных системах кондиционирования при длительных стоянках в условиях высокой влажности.

4. **Обучение персонала** распознаванию ранних признаков коррозии и микробного загрязнения систем.

Заключение

Влияние влажности на эффективность авиационных систем очистки воздуха представляет собой комплексную проблему, включающую микробиологические и инженерные аспекты. Высокая влажность способствует коррозии металлических компонентов, деградации фильтрующих материалов и создает благоприятные условия для размножения патогенных микроорганизмов.

Современные авиационные системы, такие как используемые в Airbus A220-300, демонстрируют высокую эффективность в поддержании качества воздуха даже в условиях переменной влажности. Однако для обеспечения надежности и безопасности необходимы комплексные подходы, включающие применение коррозионностойких материалов, современных покрытий и антимикробных технологий.

Дальнейшие исследования в данной области должны быть направлены на разработку адаптивных систем контроля влажности, новых материалов с улучшенными влагостойкими свойствами и эффективных методов борьбы с биологическим загрязнением. Реализация этих разработок позволит значительно повысить безопасность и комфорт авиаперевозок в различных климатических условиях.

Литература

1. Сисин Е.И. Методы обеззараживания воздуха в медицинских учреждениях Санэпидконтроль. Охрана труда. – 2023.
2. Международная Ассоциация Воздушного Транспорта (IATA). Исследование качества воздуха в салонах самолетов. – 2020.

PROTSKO Dmitry Sergeevich

Lecturer at the Department of Aviation Technology Operation,
Military Training and Research Center of the Air Force "Air Force Academy
named after Professor N. E. Zhukovsky and Yu. A. Gagarin", Russia, Voronezh

KOZHEMYAKIN Anton Evgenievich

Cadet, Military Training and Research Center of the Air Force "Military Air Academy
named after Professor N. E. Zhukovsky and Yu. A. Gagarin", Russia, Voronezh

**EFFECT OF HUMIDITY ON THE EFFICIENCY
OF AVIATION AIR PURIFICATION SYSTEMS:
ANALYSIS OF CORROSION, DEGRADATION OF MATERIALS
AND MICROBIOLOGICAL RISKS**

Abstract. *The article examines the complex effect of humidity on the operation of aviation air purification systems. The processes of corrosion and degradation of filter materials, condensation of moisture and the associated spread of microorganisms in conditions of variable humidity are analyzed. Modern methods of protecting and optimizing the performance of aviation air conditioning and purification systems are considered, as well as practical recommendations for the aviation industry are proposed.*

Keywords: *humidity, aviation systems, air purification, corrosion, microorganisms, HEPA filters, condensation, operational reliability.*

СОЛОВЕЙ Святослав Викторович

ученик 4 класса,

Школа № 148 имени Героя Советского Союза В. П. Михалёва, Россия, г. Самара

Научный руководитель – старший педагог Дома научной коллаборации,

кандидат технических наук, доцент Морозова Елена Александровна

УРАН В ФАКТАХ. ОТ УДИВИТЕЛЬНОГО МЕТАЛЛА ДО АТОМНОЙ ЭНЕРГИИ

Аннотация. В статье рассмотрены интересные факты о радиоактивном металле- уране: история появления названия, распространенность в земной коре, физические свойства, природные запасы. Показана история появления цепной реакции и создание ядерного оружия. Даны характеристики «Малыша» и «Толстяка». Представлены данные о создании промышленных электростанций на атомной энергии. Отражены данные о стоимости современного урана.

Ключевые слова: уран, радиоактивность, цепная реакция, «Малыш», «Толстяк», промышленные электростанции, атомная энергия.

Уран – один из самых противоречивых и загадочных металлов таблицы Менделеева Д. И. Свойства этого металла до сих пор представляют научный интерес и вызывают много споров, как среди учёных, так и среди обывателей. Взять, хотя бы, радиоактивность – единственное природное явление, которое человек не ощущает несмотря на то, что по силе она сравнима с ураганом или смерчем. Отсутствие знаний рождает страх, поэтому в этой статье мы собрали как можно больше интересных и полезных фактов об уране.

Факт первый и самый необычный

Удивительно, но название этого природного минерала было предопределено за несколько лет до его официального открытия. В 1781 году английский астроном Вильям Гершель, наблюдая с помощью самодельного телескопа звездное небо, обнаружил светящееся облако, которое он поначалу принял за комету, но в дальнейшем убедился, что видит новую, неизвестную до этого времени седьмую планету солнечной системы. Гершель называет ее Ураном в честь древнегреческого бога неба [1]. Это событие взволновало все круги общества. Датой открытия урана стал 1789 год, когда немецкий философ и химик Мартин Генрих Клапрот впервые восстановил из саксонской руды настурана золотисто-жёлтую «землю» до чёрного металлоподобного вещества, который и назвал ураном, в честь самой далекой из известных в те времена планет.

Факт второй – история открытия

Важными датами в истории исследования урана стали 1789 год, когда из руды впервые был восстановлен металлоподобный уран, и 1840 год, когда французский химик Эжен-Мелькьор Пелиго смог доказать, что материал, полученный Клапротом, несмотря на подходящие внешние признаки, вовсе не металл, а оксид урана. Чуть позже, в том же 1840 году, Пелиго получил настоящий уран – очень тяжелый металл серого цвета. Именно тогда впервые и был определен атомный вес такого вещества, как уран. С 92 протонами в ядре и атомным весом около 238,0289 а.е.м., уран является самым тяжелым природным элементом на Земле.

Факт третий – мировой запас

На нашей планете урана не так уж и мало. По своей распространенности в земной коре он занимает 38-е место. Содержание урана в земной коре составляет 0,0003% (вес), концентрация в морской воде – 3 мкг/л. Проблема состоит в том, что он в значительной степени рассеян, и его мощных месторождений не так много. В промышленности используют около 15 минералов урана (рис. 1). Мировое производство в среднем составляет около 60 тысяч тонн в год. Лидером по этому показателю является Казахстан, примерно треть общемирового объёма. В топ-5 стран по производству урана входят также Канада, Намибия, Австралия и Узбекистан. Россия занимает шестое место, производя около 2700 тонн урана.

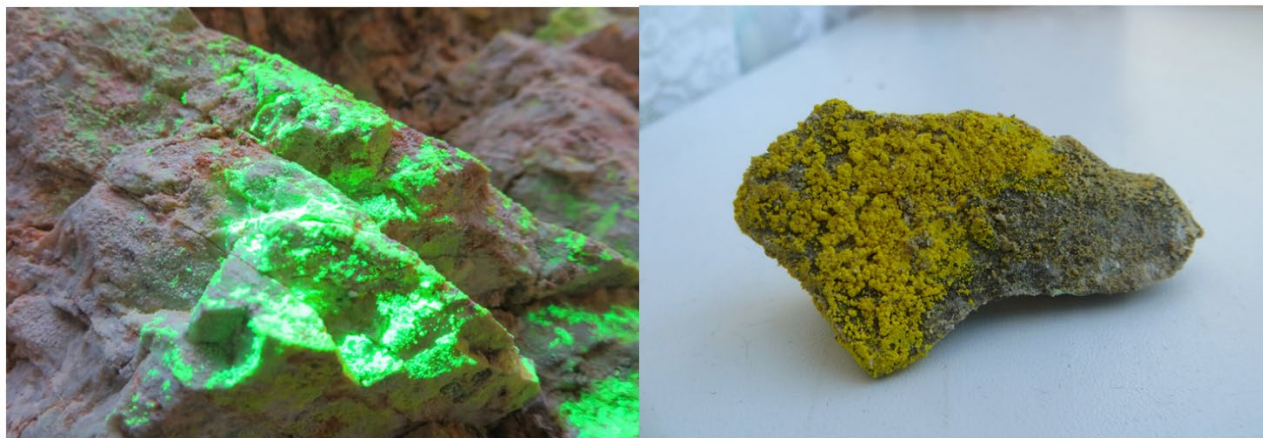


Рис. 1. Циннеит – распространённый вторичный урановый минерал, встречающийся в зоне окисления урановых месторождений

Факт четвертый факт – физические свойства

Чистый уран относится к семейству актиноидов, имеет серебристо-белый цвет, плотность $19,05 \text{ г/см}^3$, очень тяжёлый, немного мягче стали, ковкий, гибкий, обладает небольшими парамагнитными свойствами (рис. 2). Поверхность урана на воздухе быстро тускнеет, так как окисляется, и на его поверхности образуется тонкая плёнка оксида урана легкого коричневого оттенка. Уран имеет температуру плавления 1135°C и температуру кипения 4113°C .

Выявлено, что уран способен самовоспламениться при температуре от 150°C до 175°C в порошкообразном состоянии. Если довести температуру до 1000°C , химический элемент уран соединится с азотом и образуется вещество желтого цвета – нитрид металла. Неожиданным является факт, что вода может разъедать уран: при высоких температурах этот процесс будет происходить быстро, а при низких – медленно. Любопытно, что благодаря высокой плотности уран используют не для пуль, а для снарядов, пробивающих броню.



Рис. 2. Внешний вид металла уран

Факт пятый – урановое стекло

Первый подтверждённый факт использования урана датируется 79 годом н. э.: на римской вилле в Неаполитанском заливе была найдена мозаика с фрагментами из жёлтого стекла, содержащего примерно 1% оксида урана. Это доказывает, что ещё в древнейшие времена природная окись урана использовалась для придания стеклу оттенка. Мастера разных эпох

создавали красивые изделия, добавляя в стекло различные оксиды урана: жёлтый уранат натрия, тёмно-зелёный смешанный оксид, оранжевый триоксид и коричневый диоксид урана. Как правило, содержание урана в стекле составляет 2%, но в начале XX века доходило и до 25%. Наиболее широкое распространение уранового стекла происходило с 1830-х годов и вплоть до 1940-х. Своей популярностью оно

обязано не только красивому цвету, но и необычному свойству – флуоресценции в ультрафиолете зелёным светом (рис. 3). Пик распространения пришёлся на эпоху арт-деко 1920–40-х годов, из необычного стекла изготавливались статуэтки, украшения, посуда, вазы, светильники. Но затем производство резко сократилось, так как все мировые запасы урана были направлены на использование в ядерном оружии и атомной энергетике. На сегодняшний

день всего несколько компаний в мире занимаются изготовлением предметов из уранового стекла, в основном коллекционного значения. Изделия из уранового стекла радиоактивны – в них содержится уран-238 и его производные, но при соблюдении простейших правил использования (хранить в закрытых шкафах, не использовать в качестве посуды), они не представляют опасности, так как излучаемые альфа-частицы не проникают через преграды.



Рис. 3. Изделия из уранового стекла: римская тарелка 2-3 века (а), коллекция посуды XX век (б)

Факт шестой – явление радиоактивности

Несмотря на некоторые уникальные физические свойства, уран – это вещество, которое в массовом сознании ассоциируется исключительно с ядерной энергетикой. Радиоактивные свойства урана были обнаружены только столет спустя с момента открытия элемента. Первым радиацию обнаружил французский физик Анри Беккерель в 1896 году. Он проводил эксперимент и выяснил, что вещество с солями урана (радиоактивный металл) в составе засвечивает фотопластинки даже через светонепроницаемую бумагу (рис. 4). Так, Венецкий С. И. [1] описывает историю появления этого знаменательного факта. «Беккерель интересовался явлением фосфоресценции. Однажды для проведения опытов ученый решил воспользоваться одной из солей урана. На обернутую черной бумагой фотопластинку он поместил вырезанную из металла узорчатую фигуру, покрытую слоем урановой соли, и выставил на яркий

свет, чтобы фосфоресценция была наиболее интенсивной. Через 4 часа ученый проявил пластинку и увидел на ней отчетливый силуэт металлической фигуры. Спустя 2 дня Беккерель решил повторить опыты, но, к сожалению, погода была пасмурной. А какая же фосфоресценция без солнца!!!! Досадуя на погоду, ученый спрятал в ящик стола уже приготовленные диапозитивы вместе с образцами солей урана. Дождавшись солнечного дня, Беккерель поспешил в лабораторию, но будучи педантичным экспериментатором, решил проявить диапозитивы. На проявленных пленках четко и резко обозначались черные силуэты образцов.» 23 ноября 1896 года на заседании Академии наук Беккерель впервые рассказал о новом свойстве урана, которое заключалось в самопроизвольном делении ядер его атомов. А 1 марта 1897 года он выступил с докладом «Исследование урановых лучей».



Рис. 4. Изображение фотопластинки Беккереля, засвеченной излучением солей урана. Ясно видна «тень» металлического мальтийского креста, помещённого между пластинкой и солью урана

Термин «радиоактивность» впервые применила Мария Склодовская-Кюри. Именно ее наблюдения свойств урана и тория привели к открытию этого явления. Склодовская-Кюри открыла два новых радиоактивных элемента: полоний и радий. В 1898 году она и ее муж Пьер Кюри обнаружили, что уран после излучения таинственным образом превращается в другие химические элементы. Один из этих элементов супруги назвали полонием в память о родине Марии Кюри, а еще один – радием, поскольку по-латыни это слово означает «испускающий

лучи». В 1903 году Мария и Пьер Кюри получили Нобелевскую премию в области физики (рис. 5).

Следует помнить, что радиоактивность урана не так велика, как это изображают в фильмах и книгах. Радиоактивность природного урана настолько мала, что не проникает даже сквозь верхний слой кожи. Академик Курчатов И. В., по воспоминаниям коллег, работал с ураном без защитных перчаток, а потом просто вытирал руки, и лучевой болезни у него не было.



Рис. 5. Лауреаты Нобелевской премии по физике слева направо Антуан Анри Беккерель, Мария Склодовская-Кюри, Пьер Кюри

Факт седьмой – цепная реакция. Создание ядерного оружия

Концепция цепной ядерной реакции впервые была выдвинута в 1933 году венгерским

учёным Лео Силардом. Он понял, что в результате ядерной реакции образуются нейтроны, которые затем вызывают аналогичные реакции, а значит, возможна ядерная цепная

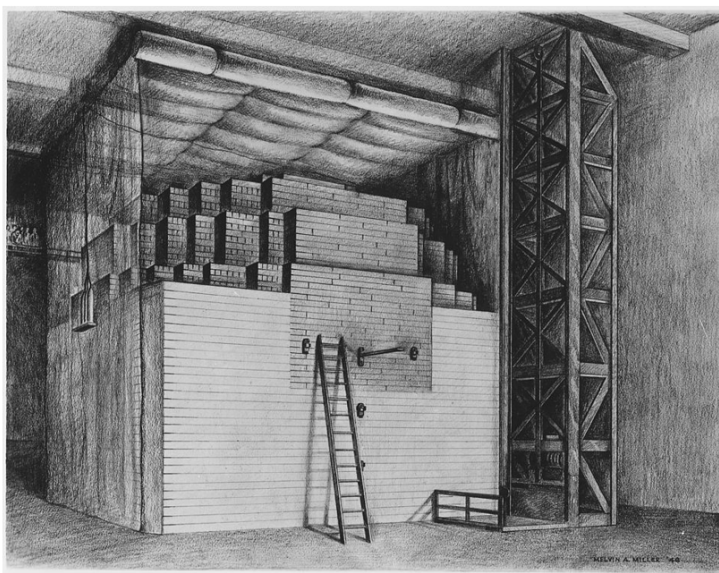
реакция. В 1938 году немецкие учёные Отто Ган и Фриц Штрассман открыли деление ядер урана под воздействием медленных нейтронов на 2 основных изотопа с атомным весом 238 (стабильный изотоп) и 235 (радиоактивный изотоп). Тем не менее, зная об удивительной способности урана распадаться, понадобилось ещё почти пять лет, чтобы 2 декабря 1942 года команда ученых под руководством итальянского физика Энрико Ферми смогла провести первую в мире самоподдерживающуюся ядерную реакцию (рис. 6). Для проведения экспериментов требовалось немало денег. Убедить американское правительство, что опыты Э. Ферми и его команды позволят получить мощное атомное оружие, необходимое для борьбы с фашизмом помогло обращение Альберта Эйнштейна к президенту США Франклину Рузвельту: «Сэр! Последняя работа Э. Ферми позволяет надеяться, что элемент уран в ближайшем будущем может быть превращен в новый важный источник энергии...». Учитывая огромный авторитет А. Эйнштейна и серьезность международной обстановки, Ф. Рузвельт дал согласие на финансирование работ.

Подготовка к эксперименту началась в конце 1941 года. Было принято решение создать экспериментальный реактор «Chicago Pile-1» на площадке для тенниса под

трибунами стадиона Stagg Field в Чикагском университете. Первоначальный план ученых – использовать обогащенный уран-235 в качестве топлива, был отброшен из-за его дефицита в то время. Вместо этого реактор был заправлен 45 тоннами оксида урана и 5,4 тоннами металлического урана. В качестве замедлителя нейтронов использовалось 360 тонн гранита. Опыт начался в 15 часов 25 минут по чикагскому времени. Через несколько минут томительного ожидания счетчики нейтронов защелкали. Цепная реакция началась! Атомному огню позволили гореть 28 минут, потом сработал сигнал тревоги, означавший, что безопасные показатели скорости реакции превышены, и эксперимент был остановлен. После чего один из участников подошел к телефону и заранее установленной шифровой фразой сообщил руководству: «Итальянский мореплаватель добрался до Нового Света!» Это означало, что выдающийся итальянский ученый доказал – человек может контролировать и использовать ядерную реакцию по своей воле. Однако, учитывая то, в какое время проводился эксперимент, не стоит удивляться, что цепная реакция рассматривалась прежде всего как этап на пути к созданию атомной бомбы. Начало создания самого грязного и разрушительного оружия было положено.



а)



б)

Рис. 6. Итальянский физик-теоретик, лауреат Нобелевской премии по физике Энрико Ферми (а) и первый в мире ядерный реактор «Чикагская поленница-1» («Chicago Pile-1») (б)

Факт восьмой, ужасающий

Шла Вторая мировая война. После удачно проведенного эксперимента с цепной реакцией, создание ядерной бомбы было лишь вопросом времени. 13 августа 1942 года официально был учрежден «Манхэттенский

инженерный округ» инженерных войск армии США под научным руководством Роберта Оппенгеймера. Американские военные разработали три ядерные бомбы. Первая – плутониевая «Устройство», была взорвана при первом ядерном испытании. Вторая – урановый «Малыш»,

был сброшен 6 августа 1945 года на город Хиросиму. Бомба взорвалась примерно в 576 метрах над городом. Мощность взрыва составила 13 килотонн. Третье ядерное устройство –

«Толстяк» – имплозивного типа с плутониевым ядром (его плутоний был получен из урана-235). «Толстяк» был сброшен на город Нагасаки 9 августа 1945 года (рис. 7).

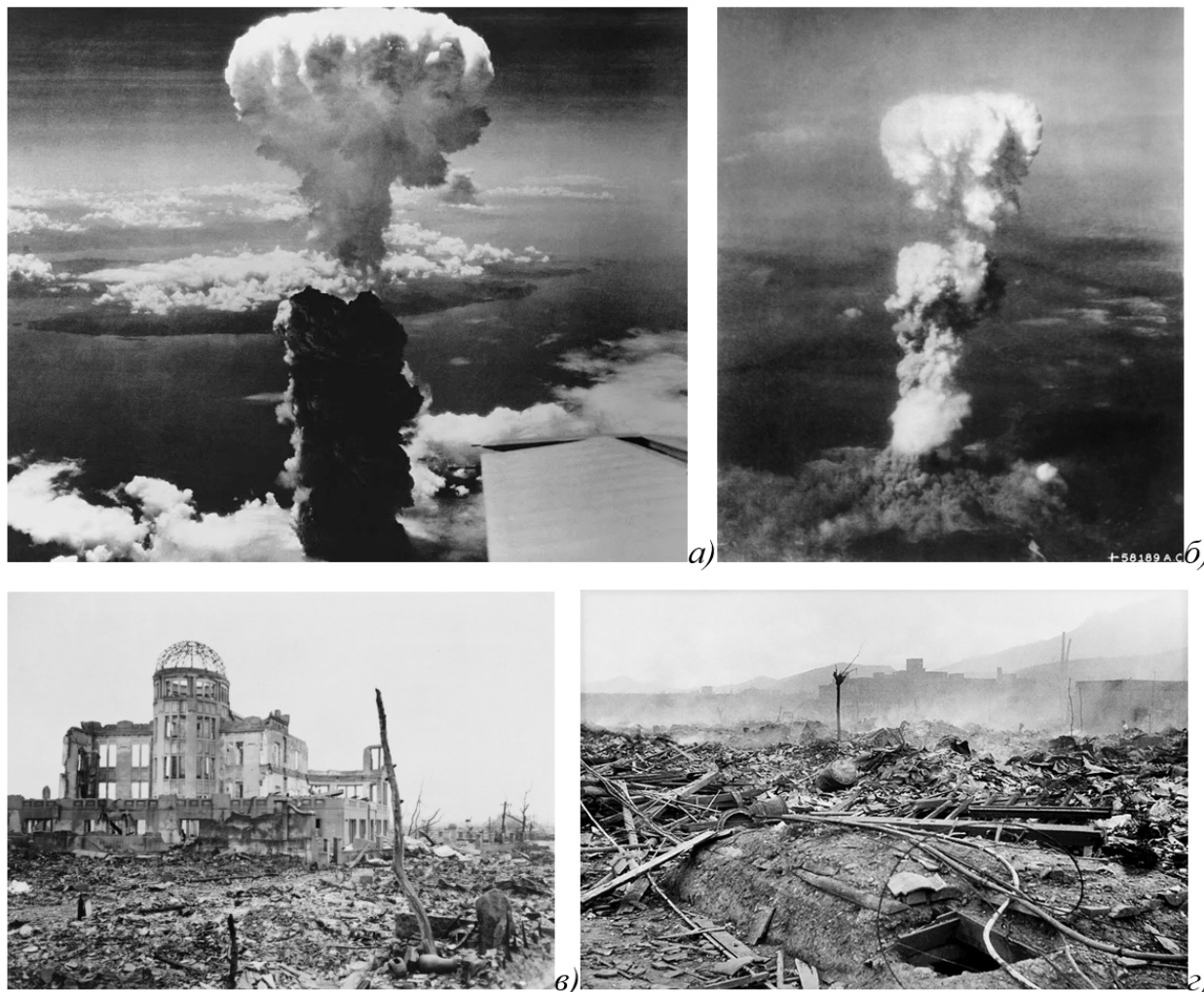


Рис. 7. Ядерные грибы от сброшенных бомб «Толстяк» (а) и «Малыш» (б), разрушительные последствия и трагедия Хиросимы и Нагасаки (в, г)

Факт девятый – мирное горючее XX века

Масштабы и необратимость разрушений от ядерных бомбардировок были ужасающими. Перед учеными всего мира встал вопрос – создавать ли еще более кошмарное оружие, способное уничтожить человечество? Ответ был очевиден – нет! Отныне колоссальная энергия, заключенная в ядрах атомов, должна служить человеку на благо. В СССР полномасштабные работы над собственными атомными проектами начались в 1943 году. Под руководством советского ученого, академика И. В. Курчатова (рис. 8) 25 декабря 1946 года были завершены работы по проектированию и строительству первого ядерного реактора Ф-1, что стало отправной точкой развития отечественной

атомной промышленности и энергетики. Первой в мире электростанцией на атомной энергии с полезной мощностью 5МВт считается Обнинская АЭС в Калужской области, запущенная 26 июня 1954 года. Первой промышленной атомной электростанцией, начавшей работу 27 августа 1958 года, считается Сибирская АЭС. По официальным данным Росатома на сегодняшний день в мире насчитывается 438 работающих энергоблоков в 31 стране мира, при этом в эксплуатации находятся 192 атомные электростанции. В России действует 10 атомных электростанций, на которых функционируют 33 энергоблока. Их суммарная установленная мощность превышает 29,3 ГВт.

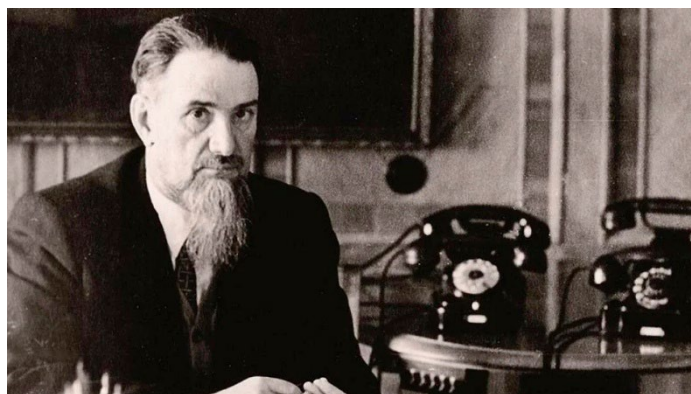


Рис. 8. Выдающийся советский физик Игорь Васильевич Курчатов

Факт десятый – Чернобыль

Наверное, нет ни одного человека, который при упоминании урана-235 не вспоминал бы о его радиоактивности и, как следствие, о Чернобыльской катастрофе. Достаточно сказать, что мощность радиоактивного выброса, произошедшего при взрыве четвёртого энергоблока в ночь с 25 на 26 апреля 1986 года, была эквивалентна 500 атомным бомбам, сброшенным на Хиросиму и Нагасаки. До этого человечество не сталкивалось с подобными разрушениями, масштаб которых кратно увеличивался по мере оценки ситуации специалистами. Сложность принятия экстренных мер защиты и оценки последствий заключались и в том, что радиоактивность никак не ощущается. Невозможно точно сказать, сколько человек погибло в результате аварии, но доказано, что радиационный удар по здоровью получили сотни тысяч человек, особенно дети, из-за накопления в щитовидной железе радиоактивного йода-131. После аварии в атмосферу попало колоссальное

количество радиоактивных частиц, которые поднялись на высоту многих километров, образовав радиоактивное облако, затронувшее территории многих государств, добравшись даже до Канады, Северной Америки и Японии. Позднее были составлены карты загрязнения цезием-137, одним из основных радиоактивных компонентов, образующемся при делении ядер в реакторах (рис. 9). Разрушенный энергоблок был накрыт специальными изоляционными сооружениями, чтобы минимизировать перенос радиоактивной пыли и аэрозолей. В 1986 году в кратчайшие сроки был возведён бетонный «Саркофаг». Но после частичного обвала бетонных плит над машинными отделениями в 2013 году, было решено установить второй слой укрытия. Так, в 2019 году был введён в эксплуатацию новый безопасный конфайнмент (НБК), представляющий собой арочную конструкцию, которая полностью накрыла старый саркофаг и конструкции АЭС (рис 10).

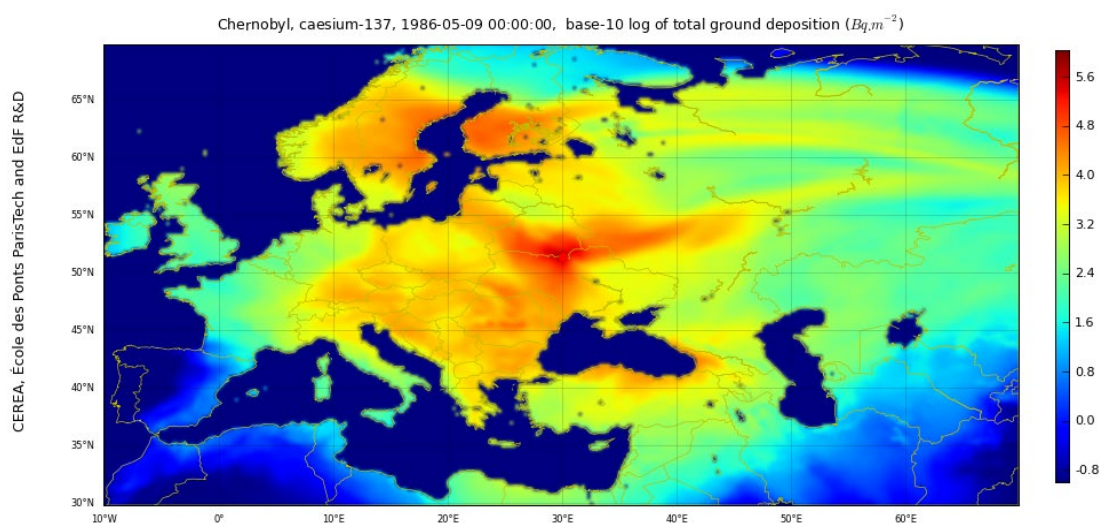


Рис. 9. Карта загрязнения цезием-137

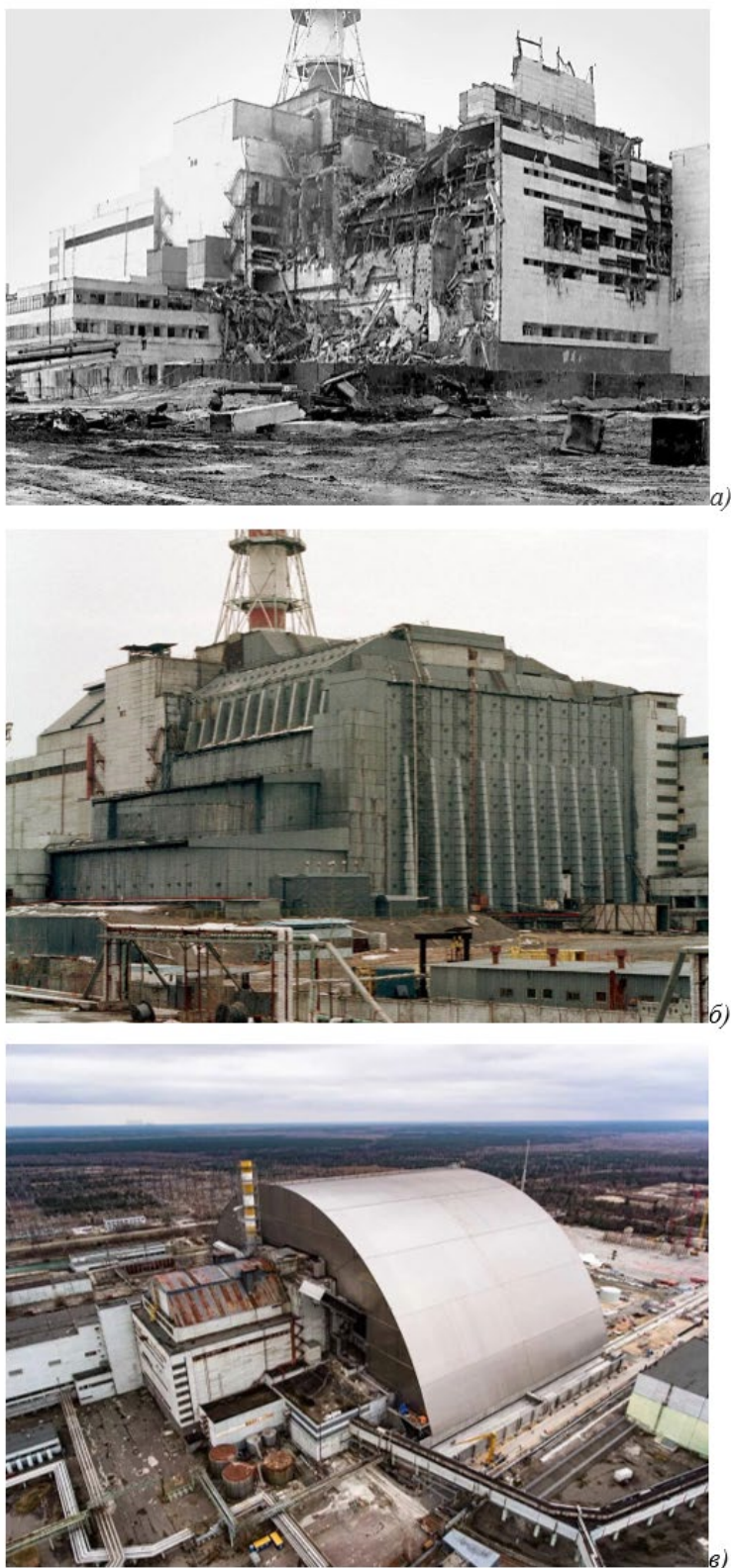


Рис. 10. Разрушенный взрывом четвёртый энергоблок Чернобыльской АЭС (а), «Саркофаг» (б), НБК (в)

Факт одиннадцатый – атомные ледоколы

В настоящее время в мире существует 12 атомных ледоколов, и все они были спроектированы в Советском Союзе и России. К первому поколению относится «Ленин» (спущен на воду 5 декабря 1957 года, в 1989 году – выведен из

состава флота) (рис. 11). Чтобы заставить работать его двигатель во всю мощь – 44 тысячи лошадиных сил – нужно «сжечь» всего несколько десятков грамм урана. Затем был «Таймыр» (введен в эксплуатацию 30 июня 1989 года), «Вайгач», «Ямал», «50 лет Победы». ГУАЛ «Арктика» – самый большой и мощный атомный

ледокол в мире. (рис. 11) Его длина 173,3 м, ширина 34 м, осадка 10,5–8,65 м, полное водоизмещение 33540 тонн. Специально для этого судна была разработана ядерная энергетическая установка «Ритм-200» мощностью 175 МВт. Новейшие корабли относятся к новому поколению проекта 22220. В 2022 году строй дополнили «Сибирь» и «Урал». А к декабрю



а



б)

Рис. 11. Атомный ледоход «Ленин» (а), Атомный ледоход «Арктика» (б)

Факт двенадцатый – уран в нашем организме

Радиоактивные материалы вошли в состав Земли с самого ее рождения. Даже человек слегка радиоактивен, поскольку в организме есть радиоактивный изотоп калий-40 – незаменимый элемент, участвующий в ряде важных метаболических процессов. Потому не удивительно, что биологи доказали наличие в микроскопических количествах урана в тканях живых организмов. Попадая в организм с пищей, водой, воздухом и даже через повреждения кожных покровов, в теле человека соединения урана распределяются неравномерно: наибольшее содержание печени и лёгких, наименьшее в головном мозге и сердце. Установлено, что среднее содержание урана в организме человека составляет порядка $9 \cdot 10^{-5}$ г (по данным Международной комиссии по радиационной защите). Правда, эта цифра несколько колеблется для различных районов и территорий.

Факт тринадцатый – возраст

Метод радиоизотопного датирования используется для определения возраста различных образцов. Суть этого процесса проста – зная период полураспада конкретного изотопа, учёные анализируют, какая его доля успела распасться за время существования образца.

Геологи, например, определяют возраст пород и минералов. Ураново-свинцовым методом им удалось узнать возраст самых древних минералов. При исследовании метеоритных

2026 года планируется завершить строительство атомохода «Чукотка». По данным на ноябрь 2025 года в России находятся 8 действующих атомных ледоколов («Таймыр», «Вайгач», «Ямал», «50 лет Победы», «Арктика», «Сибирь», «Урал» и «Якутия») и одно атомное ледокольно-транспортное судно (лихтеровоз) «Севморпуть».

пород удалось определить примерную дату зарождения нашей планеты. Благодаря «урановым часам» был определён возраст лунного грунта. На основании того, что самые молодые куски лунного вещества прожили срок больше возраста древнейших земных минералов, было сделано любопытное открытие – в течение 3 млрд лет на Луне отсутствует вулканическая активность.

Не менее интересное применение метода радиоизотопного датирования – определение возраста и подлинности вина. В этом случае один из вариантов – использование радиоактивного изотопа углерод-14, содержащегося в небольшом количестве в растениях. До конца 1940-х годов весь существующий углерод-14 был результатом взаимодействия космического излучения и азота в верхних слоях атмосферы, но после атомных испытаний и катастроф, количество этого изотопа измеримо выросло. Подлинность возраста редких бутылок можно проверить, определив было ли оно разлито до или после появления определённых технологий у человека. Например, если в составе найден цезий-137, образующийся в результате ядерных испытаний, то вино не может быть старше 1945 года.

Факт четырнадцатый – стоимость урана

Стоимость урана в виде фиксированной цены открыто не публикуется, так как она сильно зависит от его обогащения и чистоты, особенно для ядерного топлива. По данным находящимся в открытом доступе в конце

сентября 2025 года цена урана на спот-рынке составляла примерно 83 доллара за фунт (с марта по сентябрь цена выросла на 29% в связи с дефицитом из-за сокращения добычи), а в начале ноября 2025 года немного снизилась до 78,95 долларов за фунт.

Факт пятнадцатый – заключительный

В статье раскрыты интересные факты самого удивительного металла природы, но, тем не менее, споры и обсуждения методов и объёмов использования урана будут продолжаться и дальше, потому что он неразрывно связан с таким явлением, как радиация. Не стоит забывать, что радиационное излучение – явление, требующее внимательного и подробного изучения, которое может при правильном применении вывести цивилизацию на новую ступень

развития. Автор статьи провёл опрос 64 респондентов из разных возрастных групп на тему радиации. Выяснилось, что старшее поколение (35+ лет) хорошо знакомо с понятием радиация, а почти половина младшего (8–13 лет) не понимает о чём идёт речь. При этом взрослые люди, лучше осведомлённые о радиации, воспринимают её адекватнее, чем респонденты младшего школьного возраста – дети путают причины и следствия воздействия радиации (рис. 13). Таким образом подтвердилась гипотеза, что распространение доступной информации о радиации сможет повысить образованность населения и грамотное отношение к радиационному излучению и использованию урана в мирных целях.

8-9 лет	12-13 лет
<ol style="list-style-type: none"> 1. Люди умирают. 2. Радиация может воспроизводить атомные взрывы. 3. В Чернобыле взорвался энергоблок. 4. Радиация может заражать почву и людей. 5. Когда ты в радиации то бывает могут вырастать конечности тела. 6. Излучение, болезни. 7. От машины, которая излучает радиацию. 8. В Японии. 9. Радиация разрушает клетки организма, вызывает мутацию ДНК. 10. Сильный звук радиации. 11. Мутация. Задохнуться. 12. Двухголовые овцы и коровы. 13. Может ударить сильно пульс, задохнуться, умереть, кружение головы, сон. 14. Чернобыль. 15. В Японии. 16. Вода становится вредной и из-за этого повреждаются люди. 17. Чернобыль. Япония. 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Ожоги. 2. Болезни, смерть, отказ органов, самое опасное это раны. 3. Я знаю, что радиация приводит к мутациям, лучевой болезни и мучительной смерти. 4. Чернобыль, Припять, ковш Смерти, озеро Бетонка. 5. Чернобыль. 6. Мутация. 7. Чернобыль. 8. Излучение, радиационные болезни. 9. Разрушение внутренних и внешних клеток человека, любого живого существа. 10. Радиация может убить, у животных может удвоиться что-то. 11. Наносит вред здоровью.

Рис. 13. Выдержка из сводных данных по анкетированию. Ответы на вопрос «О каких опасностях радиации вы слышали», разделённые по возрастным группам

Литература

1. Венецкий С.И. Рассказы о металлах. 3-е изд. М., «Металлургия», 1978, 240 с.

SOLOVEY Svyatoslav Viktorovich

4th Grade Student,

Hero of the Soviet Union V. P. Mikhalev School No. 148, Russia, Samara

*Scientific Advisor – Senior teacher of the Scientific Collaboration House,
Candidate of Technical Sciences, Associate Professor Morozova Elena Aleksandrovna*

URANIUM IN FACTS. FROM AN AMAZING METAL TO ATOMIC ENERGY

Abstract. *The article represents interesting facts about the radioactive metal uranium: the history of its name, its abundance in the Earth's crust, physical properties, and natural reserves. The history of the chain reaction and the creation of nuclear weapons is shown. The characteristics of the "Little Boy" and "Fat Man" are given. The article reflects the creation of industrial nuclear power plants are presented, as well as the cost of modern uranium.*

Keywords: *uranium, radioactivity, chain reaction, "Little Boy", "Fat Man", industrial power plants, nuclear energy.*

ШАРОВАРОВА Ирина Сергеевна

магистрантка,

Оренбургский государственный университет, Россия, г. Оренбург

ВАСИЛЕВСКАЯ Светлана Петровна

кандидат технических наук, доцент,

Оренбургский государственный университет, Россия, г. Оренбург

МЕТОДЫ УТИЛИЗАЦИИ ОТХОДОВ ПОЛИМЕРОВ

Аннотация. *Количество выбрасываемых отходов с каждым годом становится всё больше и больше. Одними из наиболее вредных отходов являются отходы полимеров. Соответственно способы утилизации отходов полимеров требуют особого подхода и технологии.*

Ключевые слова: *отходы, утилизация, полиэтилен, фотокатализ, экология.*

Ежегодно население нашей планеты увеличивается, а с ростом численности населения происходит увеличение различных отходов. Отходы производства и потребления – вещества или предметы, которые образованы в процессе производства, выполнения работ, оказания услуг или в процессе потребления, которые удаляются, предназначены для удаления или подлежат удалению в соответствии с настоящим Федеральным законом. Соответственно стоит остро вопрос не только о сокращении количества отходов, но и о способах его переработки.

Существует несколько способов утилизации отходов – это сжигание, захоронение, переработка, брикетирование, химические методы и т. д. Способы переработки зависят непосредственно от вида отходов. Можно выделить следующие основные классификации в зависимости от их характеристик:

По происхождению делятся на три основные категории: бытовые, промышленные и военные. Бытовые образуются в результате повседневной жизнедеятельности человека. Промышленные формируются на производственных предприятиях и включают остатки сырья, технологические шлаки, металлическую стружку, химические вещества и другие компоненты, часто содержащие вредные или тяжелые элементы. Военные возникают в процессе эксплуатации вооружений, проведения учений или боевых действий, а также на объектах оборонного комплекса и требуют особого

контроля, строгой утилизации и соблюдения повышенных норм безопасности.

По составу отходы делятся на биологические, техногенные и смешанные. Биологические имеют органическое происхождение, техногенные образуются в процессе промышленной и строительной деятельности и включают неорганические материалы, смешанные содержат элементы нескольких категорий и требуют комплексного подхода к сортировке и переработке.

По степени опасности. Определение степени опасности – важный этап в управлении их переработкой и утилизацией. Отходы делятся на несколько категорий, каждая из которых имеет свои особенности обращения:

- Класс 1 – крайне опасные, требующие особого контроля и специальных способов утилизации. Они способны вызвать необратимые последствия для экосистемы и здоровья человека. В эту группу входят токсичные вещества, ядерные отходы, ртутьсодержащие материалы и другие опасные компоненты.
- Класс 2 – высокоопасные, такие отбросы могут повредить окружающую среду. Примеры: кислотные растворы, отработанные аккумуляторы, нефть и другие опасные вещества. Для восстановления экосистемы после их воздействия может понадобиться более 30 лет.
- Класс 3 – умеренно опасные, такой мусор представляет собой умеренную угрозу. К нему относятся бензин, дизельное топливо, этиловый спирт и подобные вещества.

Воздействие таких отходов восстанавливается в экосистеме в течение 10 лет.

- Классы 4 и 5 – малоопасные и практически безопасные, оказывают минимальное воздействие на природу и легко поддаются переработке или утилизации. Включают строительные материалы, органические отходы, бумагу и другие безопасные материалы.

В рамках данной статьи мы рассмотрим методы утилизации полимерных отходов. Такие отходы могут быть как промышленными, так и бытовыми, и их относят к 3-4 классу опасности. Например, затвердевшая пластмасса (тара или упаковка, бракованная продукция предприятий по производству полимерных изделий), отходы пластификаторов, шламы и эмульсии полимерных материалов, отходы незатвердевших пластмасс и их компонентов (если в их составе присутствуют формальдегиды, фталаты, стиролы или винилхлориды). Поэтому перерабатывать отходы полимеров необходимо правильно и безопасно.

Тип пластика можно определить по его маркировке, а также благодаря ей можно определить его свойства, возможность переработки. Существует система маркировки, известная как коды маркировки пластика. Обычно наносятся на пластиковую продукцию в виде треугольника с числом внутри. Каждое число соответствует определенному типу пластика, указывает на его основные свойства - возможность переработки, степень биоразлагаемости:

1. ПЭТ (полиэтилентерефталат). Из него делают бутылки для напитков. Может перерабатываться в новые бутылки или волокно для одежды.

2. ПЭ (плотный полиэтилен). Из него производят бутылки для молока, упаковки для мыла и шампуней и крышки. Может перерабатываться в трубы, ящики и др.

3. ПВХ (поливинилхлорид). Применяется при производстве труб, окон, обивки мебели и др. У него ограниченные возможности в части переработки. Некоторые его разновидности поддаются вторичной переработке.

4. ПЭНП (полиэтилен низкой плотности). Из него производят пакеты, пищевую плёнку,

мусорные мешки, брезенты и линолеум. Можно использовать повторно.

5. ПП (полипропилен). Из него производят крышки для бутылок, ведра, стаканчики для йогурта, некоторые виды пластиковой упаковки. Такой пластик перерабатывается.

6. ПС (полистирол). Бывает обычный и вспененный. Из вспененного делают пенопласт, контейнеры для яиц, подложки для мяса, а также фасовки. Из обычного – стаканчики для йогурта, упаковку для компакт-дисков, а также различные виды одноразовой посуды. Также подлежит переработке.

7. Прочие (включая ПЦ, ПА, ПТФЭ, др.). Возможность переработки зависит от конкретного типа.

Все методы переработки отходов полимеров можно разделить на несколько категорий: повторное использование, рециклинг, деструкция, захоронение, биологическая переработка, переработка в энергию. Естественно все методы имеют свои особенности, преимущества и недостатки (табл.). Повторное использование – это наилучший с экологической точки зрения вариант, так как он не требует энергозатрат на переработку и сохраняет первоначальную форму и свойства материала. Механическая переработка, или рециклинг – самый распространенный промышленный метод. Отходы сортируют, очищают, измельчают и переплавляют в новое сырьё (гранулы, флекс) или изделия. Биологическая переработка – использование микроорганизмов или ферментов для разложения полимеров. Активно развивается, но пока не так широко применим, так как данный способ занимает большое количество времени и применим не ко всем видам пластика. Химическая переработка – деструкция – метод, при котором длинные молекулы полимеров расщепляются на более короткие с получением исходных мономеров, олигомеров или других химических продуктов. Это перспективное направление, позволяющее вернуться к «началу цикла». Основные виды: пиролиз, гидролиз, гликолиз, метанолиз, фотокатализ.

Таблица

Сравнительная таблица методов

Метод	Суть процесса	Получаемый продукт	Плюсы	Минусы
Повторное использование	Использование по прямому назначению	Изделие	Нет затрат на переработку, максимум пользы	Ограниченное число циклов
Механический рециклинг	Измельчение и переплавка	Вторичные гранулы, изделия	Сохранение материала, низкая энергоёмкость	Снижение качества, нужна чистая фракция
Химический рециклинг	Расщепление на мономеры	Мономеры, масло, газ	Высокое качество продукта, переработка смешанных отходов	Высокая стоимость и энергоёмкость
Энергетическая утилизация	Сжигание	Тепло, электроэнергия	Уменьшение объёма, утилизация любых отходов	Выбросы, зола, потеря материала
Биодеградация	Разложение микроорганизмами	Вода, CO ₂ , биомасса	Экологичность	Медленно, только для спецпластиков
Захоронение	Хранение на полигонах	-	Дешево и просто	Загрязнение среды, потеря ресурсов

Особое внимание хочется уделить относительно молодому методу утилизации отходов полимеров – фотокатализу (фотокаталитическое разложение). Фотокаталитическое разложение – это процесс, при котором под действием света (обычно ультрафиолетового или даже видимого) в присутствии специального вещества-катализатора длинные молекулы полимеров (пластика) расщепляются на более простые и безвредные соединения, такие как вода (H₂O) и углекислый газ (CO₂), или даже на полезные химические продукты (водород, углеводороды). Представьте, что молекула пластика – это длинная цепь. Фотокатализатор под действием света действует как «молекулярные ножницы», которые разрывают звенья этой цепи на мелкие кусочки.

Ключевыми компонентами такой системы являются:

1. Фотокатализатор:

- Диоксид титана (TiO₂): Наиболее популярный из-за стабильности, низкой стоимости и нетоксичности. Однако он работает в основном под УФ-светом.
- Модифицированный TiO₂: Ученые модифицируют TiO₂ (например, допируют его азотом, серой, металлами), чтобы он мог работать под видимым светом, что делает процесс дешевле и эффективнее.

- Другие фотокатализаторы: Оксид цинка (ZnO), нитрид углерода (g-C₃N₄), перовскиты.

2. Источник света: Солнечный свет (идеальный и бесплатный вариант) или искусственные УФ-лампы.

3. Полимерный субстрат – сам пластик. Процесс эффективен для многих полимеров, таких как полиэтилен (PE), полипропилен (PP), полистирол (PS), поливинилхлорид (PVC) и других.

Процесс фотокатализа происходит в несколько этапов. Первый этап – это поглощение света. Катализатор (чаще всего диоксид титана TiO₂) поглощает фотон света с достаточной энергией. Это «заряжает» катализатор. Затем происходит образование активных частиц: поглощенная энергия приводит к генерации электрон-дырочных пар. Дырка (h⁺) – это область с положительным зарядом, обладающая высокой окислительной способностью. Положительные дырки (h⁺) реагируют с водой или гидроксильными группами (OH⁻) на поверхности катализатора, образуя чрезвычайно активные гидроксильные радикалы (•OH). Эти гидроксильные радикалы атакуют длинные углеродные цепи полимера, отрывая от них атомы водорода или разрывая сами связи C-C. Это запускает цепную реакцию окисления. Завершением процесса является полное разложение. Процесс продолжается до тех пор, пока

полимер не распадется на конечные продукты – CO_2 и H_2O . Если процесс остановить на промежуточной стадии, можно получить ценные химические вещества.

Таким образом, можно сделать вывод о том, что фотокаталитическая переработка отходов полимеров – перспективный метод утилизации пластиковых отходов, который сочетает экологичность и экономическую выгоду. Процесс не требует использования токсичных химикатов и минимизирует образование вредных побочных продуктов. Возможность использования солнечной энергии снижает затраты на электроэнергию. Метод подходит для различных типов пластиков, включая полиэтилен высокой плотности (HDPE) и полиэтилен низкой плотности (LDPE). И не менее важное преимущество – получение полезных продуктов – например, водорода или углеводородов, которые могут быть использованы в качестве источников энергии.

Фотокаталитическое разложение полимеров – это мощная и экологичная технология будущего, которая может стать частью решения глобальной проблемы загрязнения пластиком. Хотя сегодня она в основном находится в стадии лабораторных исследований, быстрый прогресс в области материаловедения дает надежду, что в ближайшие десятилетия мы увидим первые коммерческие установки, особенно для переработки сложных или загрязненных пластиковых отходов.

Литература

1. Федеральный закон от 24.06.1998 № 89-ФЗ (ред. от 31.07.2025) «Об отходах

производства и потребления» (с изм. и доп., вступ. в силу с 01.09.2025).

2. Зайнуллин Х.Н., Абдрахманов Р.Ф., Ибатуллин У.Г., Минигазимов И.Н., Минигазимов И.С. Обращение с отходами производства и потребления. Уфа: Диалог, 2005. – 202 с.

3. Волков Е.С., Серебрякова О.Ю. Исследование фотокаталитической активности оксидов металлов при разложении полиэтилена // Журнал прикладной химии, 2017, № 6, С. 112-118.

4. Краснов П.А., Борисова Д.М. Разработка методов утилизации отходов полиэтилена методом фотокатализа // Вестник Московского университета, серия «Химия», 2019, Т. 60, № 2, С. 121-127.

5. Горбунова И.А., Л.Д. Алексеева Применение фотокатализаторов на основе диоксида титана для очистки сточных вод от полиолефинов // Экология и промышленность России, 2020, № 10, С. 34-39.

6. Бабунова М.В., Прочухан Ю.А. Способы утилизации отходов полимеров // Вестник Башкирского университета. 2008. Т. 13. № 4.

7. Новоселова Л.Ю., Бордунов В.В. // Пластические массы. 2004. № 9. С. 15-17.

8. Никогосов П.С., Куценко С.А. Пути экологически чистой утилизации полимерных отходов. Режим доступа: <http://www.ostu.ru>.

9. Кондрашкина И.И., Бородулина М.Э. // Тез. докл. 2 Всесоюз. конф. «Переработка отходов полимеров». Ч. 1. Кишинев. 27-30 июня 1989. Кишинев: Владос, 1989. С. 24-25.

10. Mathur A.B. // Proc. 2nd Eur. Symp. Therm. Anal., Anderdeen, 1-4, Sept., 1981. Anderden: Cros, 1981. P. 45-46.

SHAROVAROVA Irina Sergeevna

Undergraduate Student, Orenburg State University, Russia, Orenburg

VASILEVSKAYA Svetlana Petrovna

Candidate of Technical Sciences, Associate Professor,
Orenburg State University, Russia, Orenburg

METHODS OF POLYMER WASTE DISPOSAL

Abstract. *The amount of waste being disposed of is getting bigger and bigger every year. One of the most harmful wastes is polymer waste. Accordingly, polymer waste disposal methods require a special approach and technology.*

Keywords: *waste, recycling, polyethylene, photocatalysis, ecology.*

ФИЗИКА

ГИЛМАНШИН Юрис Мухаматъярович

независимый исследователь, Россия, Республика Башкортостан, Староямурзино

ТЕРМОДИНАМИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ФОРМИРОВАНИЯ ЗВЁЗДНЫХ СИСТЕМ, КАК ЧАСТЬ ТЕОРИИ СПИРАЛИ БЫТИЯ, ОСНОВАННОЙ, НА ЕДИНОЙ ФУНДАМЕНТАЛЬНОЙ ЧАСТИЦЕ

Аннотация. Статья предлагает термодинамическую модель звездо- и планетообразования, в которой ключевую роль играет поведение межзвёздного водорода и его изотопов в условиях квантовой синхронизации и многостадийных фазовых переходов. Показано, что наблюдаемые неравномерности распределения звёзд и галактик, различие возрастов звёзд и продолжающееся звездообразование слабо согласуются с редукцией процесса к одной лишь гравитации и сценариям, жёстко привязанным к единому событию Большого взрыва. В рамках концепции «Спираль Бытия» обосновывается, что термодинамическая стабилизация систем возникает за счёт перераспределения давления и энергии в водородных потоках (включая возможные кластерные состояния при околонулевых температурах), их поляризации и квантовой согласованности.

Ключевые слова: термодинамика, частицы, водород, темная материя, синхронизация, звёзды, планеты, преобразование.

Введение

Новизна данной теории в рассмотрении звездообразования, как процесса преобразования материи, и термодинамической стабилизации своего состояния для сложившихся условий своей массы, времени, и пространства.

Анализ, множества экзопланет, показывает несовпадение полученных данных ожидаемым результатам. Наблюдаемые неравномерности распределения звёзд и галактик во Вселенной. Неодинаковость возраста звёзд, исключающая привязку событий к единому, Большому Взрыву, продолжающееся звездообразование, дают основание пересмотреть механизм возникновения звёзд и планет.

Водород, как основной элемент, при создании звёзд, по своим параметрам, не может силой одной гравитации сформироваться в зародыши звёзд. Понятия энтропия и энергия, в этом вопросе являются источниками хаоса. В то время как звёзды, имеющие термодинамическое, стабильное состояние, входят в состав галактик, и являются центрами организованной материи, давая возможность материи, иметь сложные молекулярные формы. Накопленные данные позволяют рассмотреть эти процессы, как механизм, термодинамического

регулирования массы, времени и пространства, в рамках теории Спираль Бытия, основанной на единой фундаментальной частице. В составе единой Вселенной.

Актуальность исследования определяется необходимостью создания единой модели формирования звёздных систем, учитывающей законы термодинамики и квантовой механики.

Основные положения

Основная теория, опирающаяся, на луковичное, слоеное, строение звёзд, отработавших свой ресурс, неполная, это не может быть источником материала для образования планет, которые имеют возраст, мало отличающийся от звёзд. Одинаковые звёзды имеют, планеты, отличающиеся по многим параметрам. Образование планет от межзвёздной пыли и осколков тоже не соответствует истине. Неясно откуда столько пыли и осколков, если вся теория привязана к единому Большому Взрыву. Наблюдения не дают такого избытка материала.

Ключевые аспекты термодинамической модели:

1. Газовые законы в космическом масштабе:
 - Применение закона Авогадро к космическим масштабам [1]. При одинаковых условиях, в одинаковом объеме и одинаковой

температуре, содержится одинаковое количество молекул. Из этого имеем что при, изменении агрегатного состояния, одно и то же вещество в виде газа и жидкости имеет разные естественные объемы. Как, например, вода и пар, отличаясь только по температуре, имеют совершенно разный объем. И даже лед имеет больший объем, чем вода той же массы.

- Особенности поведения газов в условиях космоса. Условно пространство занятое потоком космического водорода, можно считать заполненным объемом [2, с. 35-84]. Поток сжимают силы притяжения, как самого водорода, так и давление звездного ветра. Это устойчивая структура, имеющая синхронизацию своего состояния, как поляризация атомов.

- Влияние квантовых эффектов на макроуровне. Не имея помех, как на поверхности планеты, атомы водорода, несмотря на разбросанность, имеют синхронизированное строение. Анализ показывает, что температура, зависит от близости источников излучения, и скорости потока. Ускорение потока, при постоянном нагреве, может сопровождаться даже снижением температуры. А торможение вызвать выделение накопленного тепла. Разница температур, может достигать нескольких миллионов градусов. Что уже позволяет считать водород более активным участником, термодинамических процессов, чем принято. Это исходит из законов идеального газа, и водород для этих законов, подходит гораздо лучше, чем любое другое вещество.

2. Термодинамические процессы:

Распределение энергии в системе. Наблюдением установлено, что межзвездный водород, даже внутри планетной системы Солнца при температуре, 7°K. Уже поляризованный. Водород при температуре, -239°С. превращается в жидкость. Кроме этого, имеет изотопы. Что, предполагает при более низкой температуре, может иметь более экзотические формы, как кластеры атомов. Как полагал Ефимов, и кластер атомов из пяти или семи атомов, может быть более устойчивой структурой, имеющей большую теплоемкость, как свойство сохранять свое состояние, и способную поглотить даже сильное излучение не теряя стабильности.

Это дает, те самые способности темной материи, которые в других местах безуспешно ищут. Такое состояние водород сможет сохранять только при температуре близкой, к абсолютному нулю. Примеров смены агрегатного

состояния с поглощением большого количества тепла мы знаем, это и таяние льда, кипение, воды и газов, плавление свинца, парафина, и многое другое. Где меняется только температура.

Спектральные линии водорода имеют гораздо больше стабильных линий, чем у других атомов, что предполагает, возможность наличия более сложных форм строения. Это подтверждают изучение более двадцати форм льда, где водорода в составе воды, больше, чем кислорода. И соединения кислорода, с другими атомами такого разнообразия строения не показывают. Это требует специального изучения.

Спектр атома водорода действительно сложнее, чем может показаться на первый взгляд, несмотря на его статус «простейшего» атома. Это связано с множеством факторов, включая разнообразие спектральных серий, тонкую и сверхтонкую структуру линий, а также влияние различных физических эффектов.

Спектральные серии

Атом водорода излучает свет при переходах электрона между энергетическими уровнями. Эти переходы группируются в спектральные серии, каждая из которых соответствует определенному нижнему уровню энергии:

- Серия Лаймана (переходы на уровень $n=1$) – находится в ультрафиолетовом диапазоне.
- Серия Бальмера ($n=2$) – видимая область спектра.
- Серия Пашена ($n=3$) – ближняя инфракрасная область.
- Серии Брэкетта, Пфунда, Хэмпфри, Хансена-Стронга ($n=4,5,6,7$ соответственно) – инфракрасные области.

Все эти серии описываются формулой Ридберга:

Тонкая структура

Даже в рамках одной серии спектральные линии могут расщепляться на несколько близко расположенных линий. Это явление называется тонкой структурой и обусловлено:

- релятивистскими эффектами (зависимость массы электрона от скорости);
- спин-орбитальным взаимодействием (взаимодействие между спином электрона и его орбитальным движением).

Например, линия H (серия Бальмера) в видимом диапазоне на самом деле состоит из нескольких компонентов.

Сверхтонкая структура

Ещё более мелкое расщепление линий происходит из-за сверхтонкой структуры, которая возникает из-за взаимодействия:

- полного магнитного момента электрона (сумма спинового и орбитального) с магнитным моментом ядра;
- конечного размера протона, который приводит к отклонению от закона Кулона.

Эти эффекты вызывают дополнительные сдвиги энергетических уровней, что проявляется в расщеплении спектральных линий.

Лэмбовский сдвиг

Особое внимание заслуживает лэмбовский сдвиг – небольшое различие в энергии между уровнями $2s_{1/2}$ и $2p_{1/2}$. Этот эффект связан с взаимодействием электрона с вакуумом, который, согласно квантовой механике, заполнен виртуальными частицами и «нулевыми колебаниями» электромагнитного поля.

Изотопический сдвиг

Разные изотопы водорода (протий, дейтерий, тритий) имеют слегка отличающиеся спектральные линии из-за различия в массе ядра. Это явление называется изотопическим сдвигом и учитывается при расчётах энергетических уровней.

Дополнительные линии

Помимо серий, описываемых формулой Ридберга, существуют и другие линии, например:

- Радиолиния нейтрального водорода с длиной волны около 21 см, возникающая из-за сверхтонких переходов.
- Линии, связанные с возбуждёнными состояниями и рекомбинацией.

Почему водород сложен?

1. Множество энергетических уровней и переходов – электрон может переходить между различными уровнями, создавая разнообразные спектральные серии.

2. Квантовые эффекты – релятивистские поправки, спин-орбитальное взаимодействие, лэмбовский сдвиг и другие явления требуют сложных теоретических расчётов.

3. Влияние внешних факторов – давление, температура, магнитные и электрические поля могут уширять и смещать линии.

4. Изотопические различия – даже небольшие изменения в массе ядра влияют на спектр.

Таким образом, несмотря на кажущуюся простоту, атом водорода является полигоном для изучения фундаментальных физических

явлений, от квантовой механики до квантовой электродинамики. Его спектр продолжает оставаться объектом исследований, открывая новые аспекты атомных процессов:

- Тепловые потоки между компонентами, влияют на динамику движения межзвездного водорода, Расширение при огромной разнице температур, даже в условиях, сильно разреженных газов, приводит к накоплению давления, от горячего участка к более холодному, с передачей накопленного тепла синхронизацией атомов.

- Фазовые переходы вещества, в процессе, преобразования водорода из кластера атомов, в свободное атомарное состояние сопровождается достаточно сильным расширением. Если это происходит при торможении, от нагрева внешнего края облака, от близких звезд, то расширение, называемое взрывным, может отбросить все облако, даже от сильного притяжения черной дыры. Что подтверждается наблюдением.

Известное явление как проблемы третьей четверти пути, сближения звезды к черной дыре. Когда, звезда, пройдя через тормозящее гало темной материи, выходит на чистое пространство и стабилизируется надолго на орбите. Но темная материя удерживается обратным давлением расширения внутреннего слоя водорода, которая от тепла аккреционного диска, нагреваясь, толкает темную материю прочь от черной дыры. Сохраняя термодинамическое равновесие, вращает гало вокруг звезд и галактик. Что и ошибочно считается отталкивающей энергией.

Механизм формирования

Этапы процесса:

1. Первичная стадия:

- Образование жгутов темной материи происходит от сил притяжения звезд и галактик. На любом снимке космического пространства, видны потоки межзвездного газа, идущего по цепи звездных скоплений. И наоборот, есть пустые участки, где нет звезд. Материя там имеется, но новых звезд нет. Одной силы гравитации, для организации этого процесса недостаточно. Через такие участки темная материя пролетает не задерживаясь. Нет условий нарушения термодинамического равновесия. При большой скорости потока, для этого нужен сильный нагрев. Источника, тепла, в пустом пространстве нет.

- Формирование водородной оболочки начинается от получения достаточного тепла.

Нагрев с ускорением потока сопровождается даже со снижением температуры, Это хорошо изученный процесс Цикл Карно. Это подтверждают и законы газов. Пройдя мимо звездного скопления, внутренняя к звезде поверхность потока нагреваясь, начинает толкать облако в сторону, Плавно обходя звездное скопление, но притяжение уже оказывает тормозящее действие, от которого начинает выделяться накопленное тепло. Поток получает изгибающую и закручивающую силу, сворачивая поток в спираль.

- Стабилизация структуры, жгута под действием сил притяжения, и сил расширения поворачивает поток, и он сворачивается в клубок.

2. Термодинамическая эволюция:

- Распределение давления в системе при вихревом движении, происходит с понижением температуры внешнего края, и внутри темной материи. Которое оказывает возрастающее давление, по мере наращивания оболочки. Водород продолжает сжиматься, смешиваясь с потоками холодной темной материи, вращаясь и охлаждаясь.

- Тепловые потоки водорода, закрученного в потоке, на внешнюю темную материю заметного влияния не оказывают. Сжатие продолжается при небольшой разнице температур. По Циклу Карно.

- Фазовые переходы начинаются при высоком давлении с замедлением вращения клубка водорода. Замедление скорости дает выход накопленному теплу, прогревая внутренний слой темной материи, преобразование, в горячий газ которого дает взрывное расширение, внутрь. Это дает начало термоядерной реакции. Зажглась новая звезда.

Квантовые эффекты

Влияние квантовой механики:

Принцип неопределённости Гейзенберга: даже выродившийся газ, в условиях сверхнизких температур, при движении не может иметь импульс равный ноль. Условия квантования импульсов дают возможность согласовать преобразования синхронизацией состояния атомов.

- Влияние на оценку поведения атомов, расчетов одной кинетической энергии, при предполагаемом хаотическом движении атомов, не дает полной картины, приводит к поиску дополнительных источников, внешнего влияния.

- Ограничения классических моделей. Расчеты на энергиях атомов, основанных на кинетической теории хаотического движения и одной только гравитации, для создания условий возникновения новых звезд, не подтверждаются. Это совокупное действие массы, времени, и пространства, как неотъемлемых способностей каждой частицы. Условия создания термодинамического равновесия.

Квантовая синхронизация:

- Взаимодействие частиц в каждом атоме, происходит с вращением частиц за период обращения вокруг оси, что и есть собственное время, импульсы сил притяжения, частиц сложенные в разных по габаритам фигурках, определяют как притяжение на расстоянии, так и отталкивание вблизи, по несовпадению импульсов. При одинаковом воздействии на одинаковые атомы, одинаковых сил, происходит синхронизация атомов, по всем параметрам. Пространство, является только промежуток между частиц.

- Формирование устойчивых состояний происходит в ходе преобразования в поисках динамического равновесия, между массой, пространством и временем, как внутри атомов, так и внешних сил.

Модель формирования

Компоненты системы:

- Тёмная материя как основа: Самые простые атомы, способные создаваться в условиях свободного потока горячей плазмы, из протонов и электронов, могут иметь изотопы с нейтронами, при охлаждении, создают структуры с несколькими атомами. Испытывая постоянное притяжение масс, приобретают скорость направленного движения, поляризация и синхронизация создает устойчивые структуры, имеющие большую массу и скорость, оказывающие влияние на все процессы Вселенной.

- Создание «границ» системы происходит по краю активного излучения звезд, где избыток тепла преобразует часть потока в горячий водород.

- Атомам горячего водорода, при нагреве до нескольких миллионов градусов, требуется гораздо больше свободного объема. Это вызывает накапливающееся расширение. А при встречном движении, взрывное расширение. Также разница дополнительно от расширения с ускорением или торможением, согласно законам газов. Мы знаем много примеров, взрывных преобразований, для большого количества однородного материала, это состояния

перегретых жидкостей, как и переохлажденных газов. Как пример и взрывчатые вещества, например гексоген, где происходит перекомбинация атомов, в сложной органической молекуле. Под действием начальной ударной волны, известной как детонация. И обратные эффекты известны как кавитация. Это процессы, основанные именно на синхронизации атомов.

- Влияние на термодинамические процессы. Разница температур, дает разницу в объемах, разница в объемах, дает разницу давления масс.

Водородная компонента:

- Роль «рабочего тела». Водород, имея в своем составе изотопы, при завихрении потока может сжиматься со снижением температуры, и выделить тепло при торможении потока. Стабилизатором, защиты от преждевременного расширения, является часть, холодного водорода, в виде темной материи, имеющая большую теплоемкость. При сжатии зародыша звезды, выделившееся тепло, прогревая внутренний слой темной материи, вызывает быстрое преобразование, взрывное расширение, этого внутреннего слоя, дает удар, сжимая водород, к центру шара, имеющиеся изотопы облегчают начало термоядерной реакции. Из плазмы формируется звезда, в своем действующем размере. Сбросив внешнюю плазму, в окружающее пространство. Создает из них планетную систему.

- Участие в термодинамических процессах горячей плазмы. Зависит от температуры сброшенной плазмы, и от окружения звезды. Если нет внешнего сопротивления расширению плазмы, то основная часть уходит в межзвездное пространство, постепенно преобразовавшись в водород, остывая, восполнит запасы темной материи. При встречном, сопротивлении, преобразование атомов из плазмы, происходит, в условиях более высокого давления и температур, где синхронизация происходит сложнее и атомы более тяжелые. И каждый последующий слой плазмы, конденсируется, преобразовываясь, в более сжатых условиях, создавая более тяжелые атомы. Что не мешает и течению химических реакций, создавая стабильные инертные соединения, что и подтверждаются многочисленными наблюдениями.

- Формирование планетарной системы начинается одновременно со стабилизацией звезды в действующем размере и массе, из материала первичного выброса плазмы. При наличии близкого соседа планеты

первоначально имеют, несколько вытянутую орбиту, и материал собирают из всего межпланетного пространства, При отсутствии соседства орбиты более круглые. Но материал для планет только тот, что преобразован при первичном сбросе от протозвезды.

Наблюдениями за выбросами с атмосферы Солнца, установлено, что протуберанцы, отрываясь от поверхности, с температурой 6000*С. Расширением разгоняются с разогревом до нескольких миллионов градусов. А конденсация в атомы происходит по мере остывания, уже, далеко за пределами орбиты Земли. Полагать что при расширении плазмы сверхновых, звезд, имеющих более высокую светимость, по избытку температуры, разлет готовых атомов определенными слоями, не соответствует истине. Учитывая, что для создания инертных химических соединений, требуется температуры гораздо ниже, чем имеется. Что подтверждается, известными составами, комет и метеоритов из дальних окраин Солнечной системы. Установленные, скопления межзвездных газов, имеющие, одинаковые атомы, предполагают синхронизацию процесса преобразования, в сложившихся условиях термодинамической стабилизации, для массы времени и пространства частиц, как температуры и давления, в определенном объеме. Планеты, это дети своей звезды.

Что не исключает участия обломков, полувывшихся от столкновений, планет. Как пример облако Оорта.

Математическое описание

Необходимые формулы:

1. Базовые уравнения:

- Уравнение состояния идеального газа:

$$pV=nRT.$$

- Уравнение Авогадро:

$$V_0 = 22,4 \times 10^{-3} \text{ м}^3 / \text{моль}.$$

- Формула для расчета давления: $P=VnRT.$

2. Квантовые поправки:

- Принцип неопределенности:

$$\Delta x \times \Delta p_x \geq \frac{h}{2}.$$

- Формула энергии квантового состояния.

3. Термодинамические параметры:

- Энтропия: $S=k \ln W.$

- Внутренняя энергия: $U=23nRT.$

4. Спиральные рукава как проявление внутренней динамики галактики:

Природа спиральных рукавов.

Спиральные рукава представляют собой динамические структуры, характеризующиеся:

- Повышенной концентрацией межзвёздного газа и пыли.
- Активным звездообразованием.
- Наличием ярких звёзд и звёздных скоплений.

Усиленным магнитным полем.

Основные характеристики:

Физические параметры:

- Вклад в общую светимость галактики до 40–50%.

Угол закрутки от 5° до 30° .

- Ширина рукавов возрастает с удалением от центра.

- Цвет более голубой в поздних морфологических типах.

Теории формирования:

Основные модели:

Модель SSPSF (стохастическое самоподдерживающееся звездообразование):

- Спиральные рукава постоянно образуются и исчезают.
- Звездообразование распространяется как цепная реакция.
- Время жизни структуры менее 100 млн лет.

Теория волн плотности:

- Спиральный узор вращается как твёрдое тело.
- Рукава являются волнами плотности.
- Структура более устойчивая.

Роль в эволюции галактики:

Функциональное значение:

- Зоны активного звездообразования.
- Механизмы распространения ударных волн.
- Каналы перераспределения вещества.
- Индикаторы внутренней динамики.
- Взаимодействие компонентов.

Динамические процессы:

- Дифференциальное вращение галактического диска.
- Влияние тёмной материи.
- Гравитационные взаимодействия.
- Магнитные поля.

Заключение:

Спиральные рукава являются неотъемлемой частью механизма самоорганизации галактики. Они:

- Отражают внутреннюю динамику системы.
- Обеспечивают процессы звездообразования.
- Поддерживают термодинамическое равновесие.

- Служат индикаторами эволюции галактики.

Важно отметить, что спиральные рукава не являются статичными структурами, а представляют собой динамическое проявление внутренней жизни галактики, где материя постоянно циркулирует, образуя новые звёзды и поддерживая баланс между образованием и разрушением.

- Исследования межзвёздного водорода.
- Квантовые эффекты играют существенную роль в процессе.
- Классическая модель требует существенной модификации.
- Необходимо учитывать специфику космических масштабов.

Данная модель открывает новые перспективы в понимании процессов формирования звёздных систем и может стать основой для дальнейших исследований в области космической термодинамики.

Водородные изотопы и термоядерный цикл в галактических условиях.

5. Распределение изотопов водорода:

Природный состав водорода включает:

- Протий (1H) – 99,984%.
- Дейтерий (2H) – 0,0156%.
- Тритий (3H) – следовые количества (радиоактивный, $T_{1/2} = 12,3$ года).
- Сверхтяжёлые изотопы ($4\text{H}–7\text{H}$) – крайне нестабильны.

6. Влияние звёздного излучения:

Галактические условия могут влиять на:

- Скорость образования изотопов.
- Распределение по областям галактики.
- Вероятность термоядерных реакций.

7. Термоядерный потенциал:

Различные изотопы имеют разные пороги зажигания:

- Протий – основной топливный элемент звёзд главной последовательности.
- Дейтерий – легче вступает в реакции при более низких температурах.
- Тритий – образуется в ходе циклических реакций.

8. Галактический цикл:

Механизм возобновления:

- Образование изотопов в звёздных атмосферах.
- Выброс материала в межзвёздную среду.
- Переработка в новых поколениях звёзд.
- Циркуляция вещества в галактике.

9. Роль тёмной материи:

Гравитационный каркас обеспечивает:

- Удержание газового компонента.
- Поддержание плотности среды.
- Создание условий для звездообразования.

ния.

- Регуляцию темпа процессов.

Перспективы исследования

Ключевые направления:

- Изучение распределения изотопов в разных галактических областях.
- Моделирование влияния излучения на изотопный состав.
- Анализ связи, между, звёздной активностью, и термоядерным потенциалом.
- Исследование роли тёмной материи в поддержании цикла.

Заключение:

Галактическая система представляет собой саморегулирующуюся структуру, где:

- Водородный цикл поддерживается естественным образом.
- Изотопный состав динамически изменяется.
- Тёмная материя играет роль стабилизирующего фактора.
- Звёздная активность обеспечивает непрерывное обновление материала.

Данная модель позволяет рассматривать галактику как единую энергетическую систему с внутренним механизмом регулирования термодинамического равновесия.

Термодинамическое равновесие как основа солнечной активности, сравнительный анализ применительно к доступной изучению системе.

Основная концепция

Термодинамическое равновесие выступает фундаментальным принципом, определяющим все процессы на Солнце. Это состояние системы, при котором макроскопические параметры (температура, давление, объём) остаются неизменными во времени.

Механизмы поддержания равновесия:

1. Саморегуляция системы:

- При отклонении от равновесия возникают процессы его восстановления.
- Система стремится к наиболее вероятному состоянию.
- Любые возмущения компенсируются внутренними механизмами.

2. Ключевые факторы равновесия:

- Температурное равенство во всех частях системы.

- Баланс давлений.

- Равновесие химических потенциалов.

Проявления равновесия в солнечной активности

Цикличность процессов:

- Солнечные пятна как проявление локального нарушения равновесия.
- Выбросы массы как способ восстановления баланса.
- Последующая стабилизация системы.

Последствия нарушения равновесия

1. Остывание участков:

- Формирование пятен при локальном охлаждении.
 - Снижение конвективных потоков.
 - Временное нарушение баланса.
- #### 2. Энергетический выброс:
- Накопление энергии в нарушенных областях.

- Резкое высвобождение при достижении критического состояния.

- Восстановление равновесного состояния.

Стабилизационные механизмы

1. Термодинамическая регуляция:

- Автоматическое восстановление параметров.
- Перераспределение энергии.
- Нормализация давления.

2. Динамическое равновесие:

- Постоянное движение к равновесному состоянию.
- Флуктуации около средних значений.
- Самоорганизация системы.

Практическое значение

Понимание термодинамического равновесия позволяет:

- Предсказывать солнечные события.
- Объяснять механизмы активности.
- Прогнозировать последствия возмущений.
- Разрабатывать методы защиты от солнечной активности.

Заключение

Термодинамическое равновесие выступает не просто состоянием, а активным процессом, направляющим все явления на Солнце. Все наблюдаемые эффекты являются естественными следствиями стремления системы к равновесию, что делает этот принцип ключевым для понимания солнечной динамики.

Данная концепция позволяет объединить разрозненные явления в единую картину саморегулирующейся системы, где каждое

отклонение от равновесия порождает механизмы его восстановления.

Литература

1. Ландау Л.Д., Лифшиц Е.М. Статистическая физика / Л.Д. Ландау, Е.М. Лифшиц. – М.: Наука, 2002 г. – 556 с.
2. Зельдович Я.Б., Новиков И.Д. Строение и эволюция Вселенной / Я.Б. Зельдович, И.Д. Новиков. – М.: Наука, 1975 г. – С. 35-84.
3. McGaugh S.S. Novel Test of Modified Newtonian Dynamics with Gas Rich Galaxies / S.S. McGaugh. 33 Rue Saint Lev. Amiens. France.
4. Макго С., Хоссенфельдер С. А есть ли тёмная материя? / С. Макго, С. Хоссенфельдер // В мире науки. – октябрь 2018 г. 26-33 с.
5. Басов А.Н. Физика плазмы и управляемый термоядерный синтез / А.Н. Басов. – М.: статья в ЖЭТФ. – 1961 г. – 30 марта 2021 г.
6. Клименко В.А. Термоядерный синтез / В.А. Клименко. – М.: издательство Наука, 2022 г. Копалейшвили. Батрак Н. В.
7. Сурдин В.Г. Галактики / В.Г. Сурдин. – М.: 2013 г. – С. 51-95, 333-430.
8. Спитковский А.М. Физика межзвездной среды / А.М. Спитковский. – М.: издательство Казанский Федеральный Университет, 2011 г. – С. 3-27, 30-36, 40-47.
9. Бочкарев. Основы физики межзвездной среды. Издательство Наука 1979 год.
10. Каплан С.А. Пикельнер С.Б. Физика межзвездной среды. М. Наука. 1979 год.
11. Аллен К.У. Звездные величины. М. Мир. 1978 г.
12. Physical Review Letters. Центра им. Гельмгольца. Дрезден – Екатеринбург. 2016год. 230 с.
13. Белозерцев В.Н. Термодинамика: конспект лекций. В.Н. Белозерцев, Е.В. Благин Самар. гос. аэрокосмического Университета. 2014 г. 88 с.
14. Очкина Н.А. Классическая (равновесная) термодинамика. Самоорганизация природы. Уч. Пособие. / Н.А. Очкина. О.А. Захаров. под общей редакцией Г.И. Грейсуха. Пенза: ПГУАС. 2014 г. – 112 с.

GILMANSHIN Juris Mukhamatyarovich

Independent Researcher, Russia, Republic of Bashkortostan, Staroyamurzino

THERMODYNAMIC MODEL OF THE FORMATION OF STELLAR SYSTEMS, AS PART OF THE THEORY OF THE SPIRAL OF EXISTENCE, BASED ON A SINGLE FUNDAMENTAL PARTICLE

Abstract. *The article offers a thermodynamic model of star and planet formation, in which the behavior of interstellar hydrogen and its isotopes under conditions of quantum synchronization and multistage phase transitions plays a key role. It is shown that the observed irregularities in the distribution of stars and galaxies, the difference in the ages of stars, and the ongoing star formation are poorly consistent with the reduction of the process to gravity alone and scenarios rigidly tied to a single Big Bang event. Within the framework of the "Spiral of Existence" concept, it is proved that the thermodynamic stabilization of systems occurs due to the redistribution of pressure and energy in water flows (including possible cluster states at near-zero temperatures), their polarization and quantum consistency.*

Keywords: *thermodynamics, particles, hydrogen, dark matter, synchronization, stars, planets, transformation.*



10.5281/zenodo.17578062

МЕЛЕНТЬЕВ Владимир Игоревич

независимый исследователь, Россия, г. Магадан

ТЕОРИЯ ПОТЕНЦИАЛА: ОНТОЛОГИЧЕСКОЕ ОСНОВАНИЕ ДЛЯ ЭНТРОПИЙНОЙ ГРАВИТАЦИИ И ЭКВИВАЛЕНТНОСТИ МАССЫ-ЭНЕРГИИ-ИНФОРМАЦИИ

Аннотация. В статье предлагается новая онтологическая модель – Теория Потенциала, – постулирующая существование первичного квантового поля вероятностей (Потенциала), из динамики которого эмерджентно возникают пространство-время, материя и законы физики. Модель предоставляет единый концептуальный фундамент для двух передовых направлений теоретической физики: энтропийной гравитации Э. Верлинде и принципа эквивалентности массы-энергии-информации М. Вонсона. В рамках Теории Потенциала гравитация интерпретируется как градиент скорости фундаментальных квантовых процессов (временного «лага»), а знаменитая формула Эйнштейна $E=mc^2$ получает онтологическое прочтение как уравнение энергии поддержания актуальности. Модель не противоречит существующим данным, но предсказывает новые, проверяемые следствия в области квантово-гравитационных явлений.

Ключевые слова: Теория Потенциала, энтропийная гравитация, эквивалентность массы-энергии-информации, квантовые процессы, природа времени, квантовая гравитация, фундаментальная физика, тёмная энергия, тёмная материя.

1. Введение

Современная фундаментальная физика переживает период глубокого концептуального кризиса, обусловленного невозможностью построения единой картины мироздания в рамках существующих парадигм. Феноменологический успех Стандартной модели и Общей Теории Относительности (ОТО) маскирует их принципиальную неспособность дать онтологическое объяснение таким ключевым явлениям, как природа тёмной материи и тёмной энергии, механизм гравитации на квантовом уровне и сущность «стрелы времени». Наиболее остро этот кризис проявляется в сохраняющемся фундаментальном разрыве между детерминированной геометрической картиной ОТО и вероятностной, нелокальной природой квантовой механики.

В поисках выхода из этого тупика были выдвинуты радикально новые подходы, смещающие фокус с субстанциональности на отношения и информацию. К их числу относятся энтропийная гравитация Эрика Верлинде [3, с. 29], выводящая силу тяготения из термодинамических принципов и голографического предела, и принцип эквивалентности массы-энергии-информации Мелвина Вонсона [4], постулирующий физическую природу информации и её фундаментальную связь с материей.

Несмотря на свою элегантность и эвристическую мощь, эти теории, однако, оставляют без ответа ключевой онтологический вопрос: что является физическим носителем энтропии и информации, порождающим наблюдаемую геометрию пространства-времени и свойства вещества? Существующие модели описывают «как», но не объясняют «почему» на самом глубинном уровне.

В данной статье предлагается онтологическая модель, призванная заполнить эту концептуальную пустоту – Теория Потенциала. Модель постулирует существование первичной, нелокальной и до пространственной субстанции – Потенциала, представляющего собой квантовое поле всех возможностей, чья динамика лежит в основе возникновения пространства-времени, материи и физических законов. Мы покажем, что Теория Потенциала не только предоставляет единое основание для моделей Верлинде и Вонсона, но и предлагает конкретный физический механизм – замедление фундаментальных квантовых процессов (временной «лаг»), вызываемое массой-энергией, – который является первопричиной как гравитационных, так и информационных эффектов.

Целью настоящей работы является синтез идей энтропийной гравитации и физики

информации в рамках единой онтологической модели Теории Потенциала и демонстрация её эвристической силы.

Для достижения цели решаются следующие задачи:

1. Сформулировать основные положения Теории Потенциала, введя понятия Потенциала, Актуальности и «лага».

2. Показать, как «лаг» обеспечивает онтологическое основание для энтропийной гравитации Верлинде, объясняя природу инерции и тяготения.

3. Дать онтологическую интерпретацию принципу эквивалентности Вопсона, объясняя формулу $E=mc^2$ как энергию поддержания актуальности.

4. Вывести из модели новые, проверяемые следствия, выходящие за рамки стандартных теорий, в области влияния гравитации на квантовые процессы.

2. Основные положения Теории Потенциала

Теория Потенциала предлагает онтологическую модель, в которой наблюдаемая физическая реальность (далее – Актуальность) возникает из более фундаментального состояния – первичного квантового поля вероятностей (далее – Потенциал). Ниже излагаются базовые принципы теории.

2.1. Потенциал как первичная субстанция

Потенциал определяется как нелокальное, до-пространственное и довременное поле, содержащее полный спектр возможных состояний Вселенной. Он не является физическим вакуумом в общепринятом смысле, а представляет собой основу для его возникновения. В рамках модели Потенциал обладает внутренней динамикой, определяемой дискретным спектром устойчивых состояний («разрешённых паттернов»), которые могут быть актуализированы.

2.2. Актуальность как проявленная реальность

Актуальность – это состояние проявленной реальности, включающее пространство-время, вещество и физические поля. Переход от Потенциала к Актуальности осуществляется через процесс коллапса волновой функции, который в данной модели интерпретируется не как математическая абстракция, а как физический акт кристаллизации возможности в реальность. Элементарные частицы понимаются не как точечные объекты, а как стабильные, локализованные паттерны Потенциала.

2.3. «Лag» как мера сопротивления актуализации

Ключевым понятием теории является «лаг» – фундаментальное замедление скорости квантовых процессов, возникающее при взаимодействии с полем Актуальности. В частности:

- **Масса** частицы является количественной мерой «лага», то есть сопротивления, которое Потенциал оказывает процессу её актуализации и стабильного существования.

- **Гравитация** возникает как следствие градиента «лага»: разности скорости протекания квантовых процессов в соседних точках пространства-времени.

- **Время** отождествляется со скоростью протекания фундаментальных процессов коллапса Потенциала в Актуальность.

2.4. Энергия поддержания актуальности

Знаменитая формула Эйнштейна $E=mc^2$ получает в рамках представленной теории новую онтологическую интерпретацию: энергия E понимается не как количество, «запасённое» в массе m , а как мощность непрерывного потока энергии от Потенциала, необходимого для поддержания массы в актуализированном состоянии против действия «лага». Константа c , скорость света, интерпретируется как фундаментальная скорость процесса актуализации.

3. Синтез с существующими теориями

Теория Потенциала не существует в вакууме – она находит мощные точки соприкосновения с передовыми направлениями современной физики, предоставляя им недостающее онтологическое основание.

3.1. Объяснение энтропийной гравитации Верлинде: от термодинамической аналогии к динамическому механизму

Энтропийная гравитация Э. Верлинде [3, с. 29] совершила концептуальный прорыв, представив тяготение не как фундаментальную силу, а как эмерджентную термодинамическую силу – следствие стремления системы к максимизации энтропии, связанной с микроскопическими степенями свободы на голографическом экране. Этот подход впечатляюще выводит закон Ньютона и уравнения Эйнштейна из первых принципов термодинамики.

Однако эта модель оставляет открытым ключевой онтологический вопрос: что является физическим носителем этих степеней свободы, энтропии и самого термодинамического описания? Гравитация возникает из-за изменения энтропии при перемещении массы, но что физически замедляется или ускоряется в микроскопической структуре пространства? Верлинде описывает «как» гравитация

работает, но не «из чего» она состоит на самом глубоком уровне.

Теория Потенциала предоставляет этот недостающий физический субстрат и динамический механизм:

- **«Лэг» как физический носитель энтропии.** В нашей модели «лаг» – это не метафора, а прямое фундаментальное замедление скорости всех квантовых процессов коллапса Потенциала в Актуальность. Наличие массы (актуализированного паттерна) создает в окружающем Потенциале область повышенного «лага». Это замедление эквивалентно уменьшению числа доступных микроскопических состояний в единицу времени, что в термодинамическом описании прямо соответствует локальному уменьшению энтропии.
- **Гравитация как сила, восстанавливающая энтропийный баланс.** Градиент «лага» (разница в скорости квантовых процессов между точками) создает эмерджентную

силу, стремящуюся компенсировать это неравенство. Тело движется в сторону большего «лага» не потому, что его «притягивает» масса, а потому, что такая динамика выравнивает энтропийный профиль системы, переводя её в состояние с большей общей скоростью актуализации (большей энтропией). Таким образом, сила тяжести – это буквально сила энтропийного давления, возникающая из стремления Потенциала к максимальной скорости собственной актуализации.

- **Объяснение инерции.** Инерция, загадочно возникающая в теории Верлинде как следствие голографического принципа, в Теории Потенциала получает прямое объяснение. Инерция – это сопротивление изменению существующего градиента «лага». Ускорение тела требует перестройки всего профиля «лага» в окружающем Потенциале, на что тот «сопротивляется», что и проявляется как сила инерции.

Таблица 1

Сравнительный анализ энтропийной гравитации Верлинде и её интерпретации в Теории Потенциала

Аспект	Энтропийная гравитация (Верлинде)	Теория Потенциала
Первичная причина	Изменение энтропии на голографическом экране	Градиент скорости квантовых процессов («лаг»)
Физический носитель	Не определён (микроскопические степени свободы)	Динамика первичного квантового поля (Потенциал)
Природа гравитации	Эмерджентная термодинамическая сила	Эмерджентная сила энтропийного давления
Объяснение инерции	Следствие голографического принципа и термодинамики	Сопротивление Потенциала изменению градиента «лага»
Статус времени	Внешний параметр	Скорость процесса актуализации Потенциала

Вывод: Теория Потенциала не отвергает, а онтологически обосновывает энтропийную гравитацию. Она заменяет термодинамические переменные (энтропия, температура) на фундаментальные динамические параметры («лаг», скорость актуализации), объясняя не только «как» работает гравитация, но и «почему» она вообще существует как энтропийный феномен.

3.2. Объяснение принципа эквивалентности массы-энергии-информации Вопсона: от формальной аналогии к физическому механизму

Принцип М. Вопсона [4], выражаемый формулой $E=mc^2=kIc^2$, где I – количество информации в битах, а k – константа, является смелым и эвристически ценным обобщением. Однако, как и многие фундаментальные принципы на начальном этапе, он остаётся в рамках формальной, математической аналогии.

Уравнение постулирует эквивалентность, но не раскрывает онтологической причины этой эквивалентности – *почему* информация должна иметь массу и как именно этот переход реализуется в физической реальности. По сути, оно констатирует «что», но не объясняет «как».

Теория Потенциала заполняет эту концептуальную пустоту, предлагая конкретный физический механизм:

- **Информация как паттерн Потенциала.** В рамках Теории Потенциала информация – это не абстрактная битовая строка, а устойчивый, структурированный паттерн (конфигурация) в первичном квантовом поле. Чем сложнее паттерн (например, атом по сравнению с электроном, ДНК по сравнению с атомом), тем больше информации он в себе несет. Таким образом, информация обретает чёткий онтологический статус как свойство фундаментальной субстанции.

- **«Лэг» как стоимость поддержания сложности.** Ключевым звеном является введённое в теории понятие «лага» – фундаментального сопротивления актуализации. Актуализация и поддержание сложного, высокоинформационного паттерна требуют преодоления большего «лага», чем для простого паттерна. Это прямо означает, что для поддержания информации в актуальном состоянии требуется больше энергии.

- **Онтологическое прочтение $E=mc^2$ как моста между массой и информацией.** Формула $E=mc^2$ получает в нашей модели динамическую интерпретацию: это энергия поддержания актуальности. Масса m частицы или системы является прямой мерой «лага», который необходимо непрерывно преодолевать.

Следовательно, более сложный (информационный) паттерн обладает большей массой m не потому, что информация «материальна» в ньютоновском смысле, а потому, что для поддержания его сложной структуры против тенденции к возврату в Потенциал требуется большая мощность энергетического потока (E).

Это объяснение превращает принцип Вопсона из формального равенства в описание динамического процесса. Эквивалентность массы, энергии и информации возникает как следствие единого онтологического основания – динамики Потенциала и стоимости преодоления «лага».

Предсказание, вытекающее из модели:

Если эквивалентность обусловлена сложностью паттерна, то перезапись информации в физической системе (например, изменение бита памяти) должна сопровождаться бесконечно малым, но в принципе обнаружимым изменением массы системы, связанным с изменением «лага» для нового паттерна. Это предоставляет принципиальный путь для экспериментальной проверки онтологической интерпретации в противовес чисто математической.

3.3. Согласование с наблюдательными данными

Теория Потенциала полностью согласуется с ключевыми экспериментальными фактами:

- **Гравитационное красное смещение** объясняется не потерей энергии фотоном при движении в гравитационном поле, а рождением фотона с уменьшенной частотой в области с повышенным «лагом».

- **Замедление времени в гравитационном поле**, измеряемое атомными часами, является прямым следствием тотального замедления всех квантовых процессов, включая те, что определяют ход часов.

- **Явление гравитационного линзирования** возникает как следствие искривления траектории света в градиенте «лага», что математически эквивалентно искривлению пространства-времени в ОТО.

4. Следствия и новые предсказания

Сила Теории Потенциала заключается не только в её способности объяснять известные явления, но и в выдвижении принципиально новых, проверяемых предсказаний, выходящих за рамки стандартных физических моделей.

4.1. Новые классы гравитационно-квантовых эффектов

Поскольку в основе гравитации в нашей модели лежит универсальное замедление квантовых процессов («лаг»), это приводит к следствиям, не имеющим аналогов в ОТО:

- **Влияние на скорость квантового туннелирования.** В области с повышенным гравитационным потенциалом (большим «лагом») вероятность туннельного перехода в единицу времени должна снижаться. Это предсказывает замедление химических реакций и ядерных процессов, идущих через туннельный механизм, в сильных гравитационных полях (например, в атмосферах нейтронных звёзд).

- **Влияние на скорость декогеренции.** «Лэг» усиливает взаимодействие квантовой системы с окружением. Это предсказывает ускорение процесса декогеренции и разрушения квантовой запутанности в гравитационном поле. Квантовые компьютеры в наземных лабораториях будут иметь меньшее время когерентности, чем их аналоги на околоземной орбите при прочих равных условиях.

- **Модификация виртуальных процессов.** Энергетическо-временной баланс виртуальных частиц должен нарушаться в гравитационном поле. Это может приводить к наблюдаемым поправкам в тонкой структуре спектральных линий атомов, находящихся в сильных гравитационных полях.

4.2. Космологические следствия:

- **Природа Тёмной Энергии.** Ускоренное расширение Вселенной может быть объяснено как следствие работы механизма рециклинга материи в чёрных дырах. Преобразование актуальной массы обратно в Потенциал увеличивает его плотность, создавая внутреннее давление, которое и проявляется как отталкивающая гравитация (Тёмная Энергия).

- **Природа Тёмной Материи.** Гравитационные аномалии, приписываемые Тёмной Материи, могут быть проявлением гравитационного влияния самого Потенциала – первичного поля, которое взаимодействует с

метрикой пространства-времени, но не состоит из известных частиц.

4.3. Направления экспериментальной проверки:

1. **Прецизионные квантовые измерения в гравитационном поле.** Сравнение скорости туннелирования в идентичных химических или физических системах, разнесённых по высоте.

2. **Измерение времени жизни запутанных состояний.** Сравнение скорости декогеренции кубитов на Земле и на борту МКС или спутника.

3. **Спектроскопия в сильных полях.** Поиск аномалий в спектрах атомов в гравитационных полях белых карликов или нейтронных звёзд, не объяснимых ОТО.

4. **Анализ данных гравитационно-волновых обсерваторий.** Поиск особенностей в сигналах от слияния компактных объектов, которые могут указывать на отклонения от предсказаний ОТО в экстремальных условиях.

5. Обсуждение и выводы

Теория Потенциала представляет собой не просто альтернативное описание известных

физических явлений, а предлагает смену парадигмы в понимании фундаментальной природы реальности. Рассмотрим основные следствия и ограничения предлагаемого подхода.

5.1. Онтологический статус модели

Главным достижением теории является устранение разрыва между геометрическим описанием гравитации в ОТО и вероятностной природой квантовой механики. Вместо двух различных фундаментальных принципов предлагается единый онтологический базис – динамика Потенциала. При этом:

- **Пространство-время** становится эмерджентным свойством, производным от отношений между актуализированными событиями
- **Законы сохранения** получают естественную интерпретацию как следствия устойчивости алгоритмов актуализации Потенциала
- **Причинность** понимается как одноправленность процесса коллапса волновой функции

5.2. Сравнительный анализ с существующими подходами

Таблица 2

Сравнительный анализ с существующими подходами

Аспект	Стандартные теории	Теория Потенциала
Природа гравитации	Искривление пространства-времени (ОТО)	Градиент скорости квантовых процессов («лаг»)
Интерпретация $E=mc^2$	Эквивалентность массы и энергии	Энергия поддержания актуальности
Статус информации	Вторичное понятие	Фундаментальная характеристика Потенциала

5.3. Ограничения и направления дальнейших исследований

Предлагаемая модель имеет ряд ограничений, требующих дальнейшей разработки:

- **Математический аппарат** – необходима разработка формального математического языка для описания динамики Потенциала.
- **Количественные предсказания** – требуется вывод конкретных расчётных формул для новых эффектов.
- **Экспериментальная верификация** – необходима постановка решающих экспериментов для проверки предсказаний.

5.4. Выводы

1. Предложена новая онтологическая модель реальности – Теория Потенциала, постулирующая существование первичного квантового поля вероятностей как фундаментальной субстанции Вселенной.

2. Показано, что модель обеспечивает естественное объяснение энтропийной

гравитации Верлинде и принципа эквивалентности массы-энергии-информации Вонсона, предоставляя им физический механизм.

3. Выявлены новые, проверяемые следствия теории, включая влияние гравитации на скорость квантового туннелирования и декогеренции, что открывает направления для экспериментальной проверки.

4. Теория Потенциала предлагает путь к разрешению ключевых проблем современной физики – природы тёмной материи, тёмной энергии и механизма гравитации на квантовом уровне.

Дальнейшее развитие теории требует разработки её математического аппарата и экспериментальной проверки выдвинутых предсказаний, что может привести к формированию новой фундаментальной физической парадигмы.

6. Заключение

Проведенное исследование демонстрирует, что Теория Потенциала представляет собой жизнеспособную онтологическую модель,

способную преодолеть концептуальные разрывы между общей теорией относительности, квантовой механикой и теорией информации. В отличие от существующих подходов, предлагаемая теория:

1. **Устанавливает единый фундаментальный уровень реальности** – первичное квантовое поле вероятностей (Потенциал), динамика которого объясняет возникновение пространства-времени, вещества и физических законов.

2. **Объясняет природу гравитации** через концепцию «лага» – градиента скорости квантовых процессов, обеспечивая механистическое обоснование энтропийной гравитации Верлинде.

3. **Даёт онтологическую интерпретацию** принципу эквивалентности массы-энергии-информации Вопсона, объясняя формулу $E=mc^2$ как энергию поддержания актуальности материи.

4. **Предсказывает новые физические эффекты** – влияние гравитации на квантовое туннелирование и декогеренцию, открывающие пути для экспериментальной верификации теории.

Теория Потенциала не противоречит установленным экспериментальным фактам, но предлагает для них более глубокое объяснение, восстанавливая причинно-следственную связь

в фундаментальной физике. Дальнейшее развитие теории требует формализации математического аппарата и проведения проверочных экспериментов, что может привести к формированию новой научной парадигмы XXI века.

Благодарности

Автор выражает благодарность популяризатору науки в сети интернет Али Сулеймановичу Гаджикурбанову, известному как ALI, за гениальную подачу сложного научного материала и вовлечение зрителей в увлекательнейший мир астрофизики, космологии, квантовой механики, нейробиологии и философии.

Литература

1. Bohr N. (1928). The Quantum Postulate and the Recent Development of Atomic Theory. *Nature*, 121, P. 580-590.
2. Einstein A. (1905). Does the Inertia of a Body Depend Upon Its Energy Content? *Annalen der Physik*, 18(13), P. 639-641.
3. Verlinde E.P. (2011). On the Origin of Gravity and the Laws of Newton. *Journal of High Energy Physics*, 2011(4), P. 29.
4. Vopson M.M. (2019). The mass-energy-information equivalence principle. *AIP Advances*, 9(9), 095206.
5. Wheeler J.A. (1990). Information, physics, quantum: The search for links. In *Complexity, Entropy, and the Physics of Information*. CRC Press.

MELENTEV Vladimir Igorevich

Independent Researcher, Russia, Magadan

THEORY OF POTENTIAL: THE ONTOLOGICAL FOUNDATION FOR ENTROPIC GRAVITY AND MASS-ENERGY-INFORMATION EQUIVALENCE

Abstract. This article proposes a new ontological model—the Theory of Potential—which postulates the existence of a primary quantum field of probability (the Potential). From its dynamics, space-time, matter, and the laws of physics emergently arise. The model provides a unified conceptual foundation for two cutting-edge directions in theoretical physics: E. Verlinde's entropic gravity and M. Vopson's mass-energy-information equivalence principle. Within the Theory of Potential, gravity is interpreted as a gradient in the rate of fundamental quantum processes (temporal "lag"), and Einstein's famous formula $E=mc^2$ receives an ontological interpretation as an equation for the energy required to maintain actuality. The model does not contradict existing data but predicts new, testable implications in the realm of quantum-gravitational phenomena.

Keywords: Theory of Potential, entropic gravity, mass-energy-information equivalence, quantum processes, nature of time, quantum gravity, fundamental physics, dark energy, dark matter.

ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

ПИСАРЕВ Андрей Сергеевич

магистрант, Уфимский государственный нефтяной технический университет, Россия, г. Уфа

Научный руководитель – доцент кафедры автоматизации, телекоммуникации и метрологии
Уфимского государственного нефтяного технического университета,
кандидат технических наук Калашник Дмитрий Владимирович

ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДОВ МАШИННОГО ОБУЧЕНИЯ ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ НАДЁЖНОСТИ АВТОМАТИЗИРОВАННЫХ СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ ПОДЗЕМНОГО РУДНИКА

Аннотация. В статье представлена разработанная интеллектуальная система анализа надёжности технических средств автоматизации подземного алмазного рудника на основе ансамбля алгоритмов машинного обучения с модулями анализа эффективности профилактических мероприятий, автоматического выявления паттернов отказов и формирования интеллектуальных рекомендаций. Система обеспечивает прогнозирование отказов критического подъёмного оборудования со средним $F1\text{-Score} = 0.664$ и полнотой $Recall = 0.727$, что соответствует выявлению более 70% потенциальных отказов. Экспериментальное тестирование показало увеличение $MTBF$ на 34–37% при сокращении $MTTR$ на 19–27%. Использование отечественного алгоритма *CatBoost* (Yandex) и открытых технологий обеспечивает соответствие требованиям импортозамещения.

Ключевые слова: машинное обучение, прогнозирование отказов, анализ эффективности мероприятий, паттерны отказов, интеллектуальные рекомендации, надёжность АСУТП, подъёмное оборудование, алмазный рудник, *XGBoost*, *CatBoost*, импортозамещение.

Введение

Автоматизированные системы управления технологическими процессами (АСУТП) подземных алмазодобывающих предприятий работают в экстремальных условиях: глубина выработки до 1024 метров, влажность 95–98%, агрессивная среда, высокие механические нагрузки. Отказы критического оборудования приводят к значительным экономическим потерям [1].

Традиционные подходы к техническому обслуживанию основываются на регламентных интервалах или реактивной модели устранения отказов. Такая стратегия не учитывает фактическое техническое состояние оборудования и приводит к незапланированным простоям [2]. Альтернативой выступает концепция проактивного обслуживания на основе прогнозной аналитики с применением методов машинного обучения [3]. Критическая проблема существующих подходов заключается в

отсутствии количественной оценки эффективности выполняемых мероприятий. Согласно исследованиям, до 30% профилактических работ не приводят к ожидаемому снижению частоты отказов из-за неправильного выбора мероприятий или некачественного их выполнения [4]. Это указывает на необходимость создания интеллектуальной системы, которая не только прогнозирует отказы, но и формирует обоснованные рекомендации на основе анализа фактической эффективности ранее выполненных работ.

Согласно ГОСТ 27.002-2015, надёжность определяется как свойство объекта сохранять работоспособность в течение заданного времени [5]. Ключевые показатели надёжности включают: среднее время между отказами ($MTBF$), среднее время восстановления ($MTTR$) и коэффициент готовности (K_g). Анализ существующих работ показывает эффективность применения градиентного бустинга и

нейронных сетей для прогнозирования отказов промышленного оборудования [6, с. 785-794; 7, с. 6639-6649]. Однако большинство исследований фокусируются исключительно на предсказании отказов, не рассматривая вопросы интеграции предиктивной аналитики с оценкой эффективности мероприятий, выявлением паттернов и формированием интеллектуальных рекомендаций.

Цель исследования – разработка и экспериментальная проверка интеллектуальной системы анализа надёжности АСУТП подземного рудника с применением ансамбля алгоритмов машинного обучения, автоматическим анализом эффективности профилактических мероприятий, выявлением паттернов отказов и формированием персонализированных рекомендаций с использованием отечественных и открытых технологий.

Объекты и методы исследования

Объектом исследования выступило критическое оборудование подземного рудника: подъемные машины BBC, DW3000 и D34. Глубина выработки составляет 750–1024 метра.

Исходные данные собраны из четырёх источников:

- MES-система предприятия (журналы простоев с указанием причин);
- SCADA-система (аварийные события и alarm-коды);
- Журналы технического обслуживания с описанием выполненных мероприятий;
- База данных профилактических работ с указанием узлов и типов мероприятий.

Период наблюдения – январь 2022 – октябрь 2025 года.

Статистика исходных данных представлена в таблице 1.

Таблица 1

Характеристика исходных данных

Оборудование	События отказов	Мероприятия	MES простои	SCADA логи
BBC	138	61	102	617
D34	424	54	424	76 024
DW-3000	144	63	144	2 841
ИТОГО	706	178	670	79 482

Общий объём данных составил 706 событие отказов, 178 профилактических мероприятий, 670 записей о простоях из MES-системы и 79482 alarm-кодов из SCADA-системы. Данные охватывают период с января 2022 по октябрь 2025 года (46 месяцев наблюдений).

Методология исследования включает семь этапов:

1. Интеграция данных и формирование единой базы знаний с объединением событий из разных источников.

2. Анализ эффективности мероприятий на основе повторяемости отказов и временных интервалов между ними.

3. Выявление паттернов отказов для классификации типовых сценариев с применением алгоритмов поиска ассоциативных правил.

4. Обучение ансамбля моделей машинного обучения с использованием адаптивного временного окна.

5. Расчёт прогнозных показателей надёжности с учётом предотвращённых отказов.

6. Формирование интеллектуальных рекомендаций по выбору наилучших мероприятий на основе их эффективности.

7. Реализация механизма самообучения с автоматическим переобучением при

накоплении новых данных и корректировкой профилей эффективности.

Анализ эффективности профилактических мероприятий

Разработан алгоритм количественной оценки эффективности профилактических мероприятий на основе анализа повторяемости отказов. Для каждого мероприятия рассчитывается коэффициент эффективности $E_{measure}$ по формуле:

$$E_{measure} = \alpha \cdot R_{MTBF} + \beta \cdot R_{freq} + \gamma \cdot S_{rate}, \quad (1)$$

Где: R_{MTBF} – отношение среднего времени между отказами после мероприятия к времени до него:

$$R_{MTBF} = \frac{MTBF_{after}}{MTBF_{before}}, \quad (2)$$

R_{freq} – обратное отношение частоты отказов:

$$R_{freq} = 1 - \frac{f_{after}}{f_{before}}, \quad (3)$$

Где f – частота отказов (событий/месяц):

S_{rate} – доля случаев, когда отказ не повторился в течение контрольного периода (30 дней):

$$S_{rate} = \frac{N_{success}}{N_{total}}, \quad (4)$$

$\alpha = 0.4, \beta = 0.3, \gamma = 0.3$ – весовые коэффициенты.

Эффективность оценивается по шкале:

- $E \geq 0.75$ – высокая эффективность (мероприятие существенно снижает отказы);
- $0.50 \leq E < 0.75$ – средняя эффективность (мероприятие частично помогает);
- $0.25 \leq E < 0.50$ – низкая эффективность (незначительный эффект);
- $E < 0.25$ – неэффективность (мероприятие не приносит результата).

Для каждого узла оборудования формируется профиль эффективности мероприятий, который хранит:

- Историю применения каждого типа мероприятия;
- Расчетную эффективность $E_{measure}$;
- Средний прирост MTBF в часах: $\Delta MTBF = MTBF_{after} - MTBF_{before}$;
- Среднее сокращение MTTR в процентах: $\Delta MTTR_{\%} = \frac{MTTR_{before} - MTTR_{after}}{MTTR_{before}} \times 100\%$;
- Количество успешных и неуспешных применений.

Автоматический анализ паттернов отказов

Разработан модуль интеллектуального анализа паттернов отказов, который выявляет типовые сценарии на основе четырёх групп признаков:

1. Временные паттерны: часы суток с максимальной частотой отказов; дни недели с повышенным риском; сезонные тренды; связь отказов с началом/концом смены.
2. Технические паттерны: типовые последовательности alarm-кодов из SCADA; критические пороги частоты аварийных событий; комбинации узлов, отказывающих совместно.
3. Паттерны эксплуатации: связь отказов с интенсивностью использования; влияние производственной нагрузки; зависимость от количества пусков/остановов.

$$R = P_{failure} \times \left(1 + \sum_{i=1}^k w_i \cdot P_i \right) \quad (9)$$

Где P_i – вероятность паттерна i , w_i – вес паттерна, k – количество активных паттернов.

Шаг 2. Выбор кандидатов мероприятий: из профиля эффективности выбираются

$$Q = w_1 \cdot E_{measure} + w_2 \cdot ROI_{norm} + w_3 \cdot U + w_4 \cdot M, \quad (10)$$

Где:

- $E_{measure}$ – эффективность мероприятия (0-1);
- ROI_{norm} – нормированная экономическая эффективность (0-1);
- U – срочность на основе риска (0-1);

4. Паттерны обслуживания: типы мероприятий, которые чаще всего предшествуют отказам; узлы, требующие повышенного внимания после ТО; взаимосвязь между профилактикой одного узла и отказами других.

Для выявления паттернов применяется алгоритм Association Rule Mining (метод Apriori [8, с. 487-499]) с минимальной поддержкой 15% и минимальной достоверностью 60%. Паттерн представляется в виде правила:

$$\{A_1, A_2, \dots, A_n\} \Rightarrow \{B\}, \quad (5)$$

Где $\{A_i\}$ – множество условий (антецедент), $\{B\}$ – следствие (консеквент).

Для каждого правила рассчитываются метрики:

- Поддержка (Support):

$$Support(A \Rightarrow B) = \frac{|A \cup B|}{N}, \quad (6)$$

Где N – общее количество транзакций.

- Достоверность (Confidence):

$$Confidence(A \Rightarrow B) = \frac{|A \cup B|}{|A|}, \quad (7)$$

- Подъём (Lift):

$$Lift(A \Rightarrow B) = \frac{Confidence(A \Rightarrow B)}{Support(B)}, \quad (8)$$

Система автоматически обнаруживает новые паттерны при накоплении данных и удаляет устаревшие паттерны, которые перестали подтверждаться.

Формирование интеллектуальных рекомендаций

На основе анализа эффективности мероприятий и выявленных паттернов система формирует персонализированные рекомендации для каждого узла оборудования по алгоритму:

Шаг 1. Определение риска отказа: ML-модель предсказывает вероятность отказа $P_{failure}$ в течение прогнозного горизонта. Система проверяет срабатывание известных паттернов и рассчитывает итоговую оценку риска:

мероприятия с $E_{measure} \geq 0.50$, применимые к текущему узлу.

Шаг 3. Ранжирование мероприятий: для каждого кандидата рассчитывается интегральный балл Q :

- M – соответствие выявленным паттернам (0-1);

• $w_1 = 0.35$, $w_2 = 0.25$, $w_3 = 0.25$, $w_4 = 0.15$ – весовые коэффициенты.

Шаг 4. Формирование рекомендации: Система выдает топ-3 рекомендованных

мероприятия с указанием прогнозируемого прироста МТBF, ожидаемого сокращения МТTR, экономического эффекта и оптимального времени выполнения.

Для прогнозирования отказов применён ансамбль из пяти алгоритмов:

- Logistic Regression – базовая линейная модель для сравнения;
- Random Forest – ансамбль решающих деревьев [9, с. 5-32];
- XGBoost – экстремальный градиентный бустинг [6, с. 785-794];
- CatBoost – отечественная разработка Yandex для импортозамещения [7, с. 6639-6649];
- Isolation Forest – детекция аномалий [10, с. 413-422].

Признаковое пространство сформировано по шести группам:

1. Временные признаки (12): день недели, час суток, месяц, квартал; признаки смены (дневная/вечерняя/ночная по 3 смены); выходной день/рабочий день; время с начала смены;

2. Исторические признаки отказов (24): количество отказов за периоды 7, 14, 30, 60, 90 дней; средний и суммарный простой за те же периоды; время с последнего отказа; среднее время между отказами (по последним 10); количество критических отказов; тренды частоты отказов;

3. Признаки мероприятий (8): количество мероприятий за 7, 14, 30 дней; время с последнего мероприятия; стоимость мероприятий за период; количество мероприятий «в работе»; гроху-эффективность последнего мероприятия;

4. Признаки из SCADA alarm-кодов (16) – только для BBC: количество alarm-событий за 1 ч, 24 ч, 7 дней; уникальные alarm-коды за период; частота алармов (событий/час); всплески

(spikes) количества алармов; новые (ранее не встречавшиеся) alarm-коды; топ-5 наиболее частых alarm-кодов; среднее время между алармами;

5. Признаки из MES-системы (12): количество простоев из MES за 1 ч, 24 ч, 7 дней; средняя длительность простоя; тренд частоты простоев; категории простоев (аварийные/плановые);

6. Контекстные признаки (8): частота отказов данного узла; частота отказов данной коренной причины; производственная нагрузка; наработка с последнего ТО.

Общая размерность признакового пространства составила около 80 признаков (варьируется в зависимости от наличия SCADA-интеграции у конкретного оборудования).

Для каждого типа оборудования применяется адаптивное временное окно, которое автоматически определяет оптимальный период обучения на основе:

- Частоты отказов λ (события/месяц);
- Стабильности распределения отказов (коэффициент вариации);
- Минимального количества событий (не менее 50–100).

Размер окна T_{window} рассчитывается по формуле:

$$T_{window} = \max\left(\frac{N_{min}}{\lambda}, T_{min}\right), \quad (11)$$

Где N_{min} – минимальное требуемое количество событий, T_{min} – минимальный период (3 месяца).

Результаты экспериментального исследования

Экспериментальное тестирование системы выполнено на реальных данных трёх типов подъёмного оборудования. Результаты представлены в таблице 2.

Таблица 2

Метрики точности ML-моделей по оборудованию

Оборудование	Лучший алгоритм	Precision	Recall	F1-Score
BBC	XGBoost	0.556	0.714	0.625
D34	XGBoost	0.667	0.800	0.727
DW-3000	LogisticRegression	0.615	0.667	0.640
Среднее		0.613	0.727	0.664

Средняя точность прогнозирования составила F1-Score = 0.664 при полноте (Recall) 72.7%, что означает выявление более 70%

потенциальных отказов с приемлемым уровнем ложных срабатываний (Precision = 0.613).

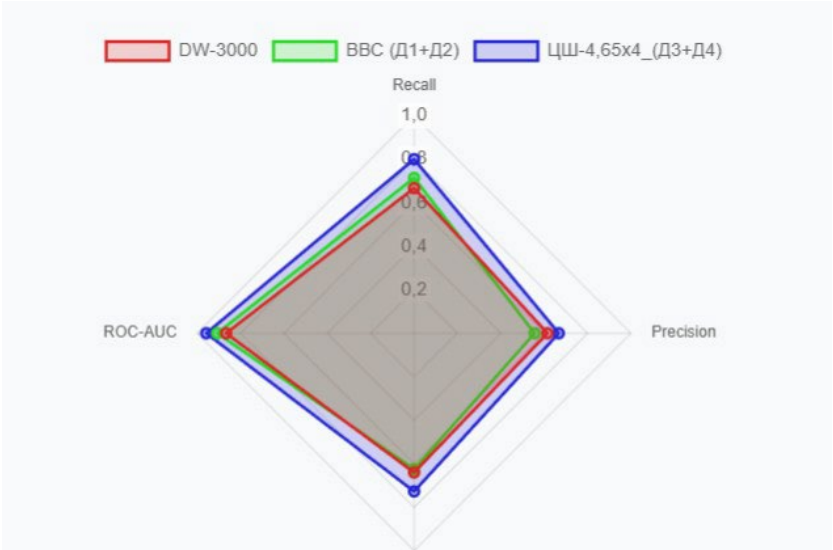


Рис. 1. Сравнение метрик качества ML-моделей для трёх типов оборудования

Применение системы обеспечило измеримое улучшение показателей надёжности. Результаты представлены в таблице 3.

Таблица 3

Изменение показателей надёжности после внедрения системы

Оборудование	MTBF до, ч	MTBF после, ч	ΔMTBF, %	MTTR до, ч	MTTR после, ч	ΔMTTR, %	Кг до	Кг после	ΔКг, п.п.
BBC	350.4	474.0	+35.3	5.5	4.4	-19.3	0.985	0.991	+0.60
D34	113.7	152.8	+34.4	3.9	2.8	-26.9	0.967	0.982	+1.50
DW-3000	213.3	292.4	+37.1	3.4	2.6	-23.0	0.985	0.991	+0.60
Среднее	225.8	306.4	+35.6	4.3	3.3	-23.1	0.979	0.988	+0.90

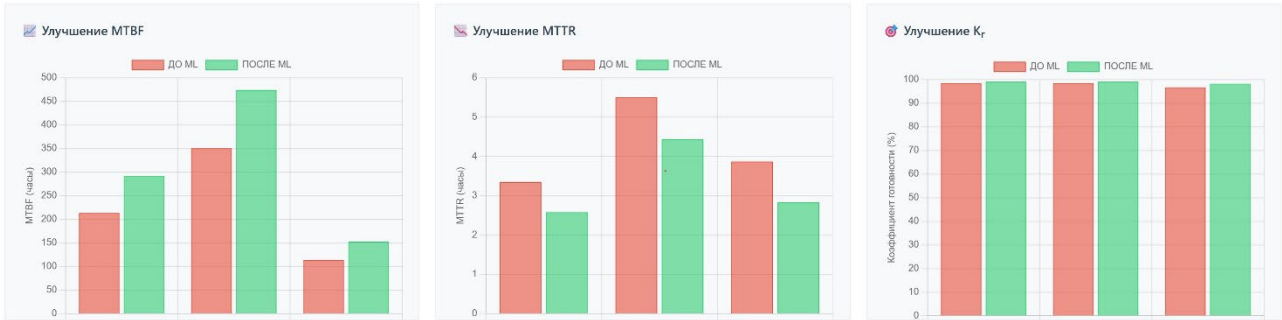


Рис. 2. Динамика изменения показателей MTBF и MTTR после внедрения системы

Среднее время между отказами (MTBF) увеличилось на 35.6%, что соответствует снижению частоты отказов на треть по сравнению с базовым периодом;

Среднее время восстановления (MTTR) сократилось на 23.1% за счёт более быстрой диагностики на основе рекомендаций системы, заблаговременной подготовки запасных частей и целенаправленного выбора корректирующих мероприятий;

Коэффициент готовности (Кг) вырос в среднем на 0.90 процентных пункта, что для высоконадежных систем (Кг> 96%) является существенным улучшением;

Наибольший эффект достигнут для DW-3000 (+37.1% MTBF, -23.0% MTTR), что объясняется высокой частотой однотипных отказов, хорошо распознаваемых ML-моделью.

Веб-интерфейс системы

Разработан веб-интерфейс системы на базе FastAPI (backend) и Chart.js (frontend), включающий восемь разделов:

- 1. Обзор системы – общая статистика по всему оборудованию;
- 2. Загрузка данных – импорт Excel файлов методом drag-and-drop;
- 3. Управление оборудованием – настройка параметров и критичности;

4. Прогнозирование отказов – визуализация ML-предсказаний с доверительными интервалами;

5. Анализ паттернов – карта выявленных паттернов с фильтрацией по достоверности;

6. Рекомендации по мероприятиям – интеллектуальные советы с приоритизацией и обоснованием;

7. Эффективность мероприятий – визуализация профилей эффективности по узлам;

8. Параметры ML-моделей – сравнение алгоритмов и метрик.

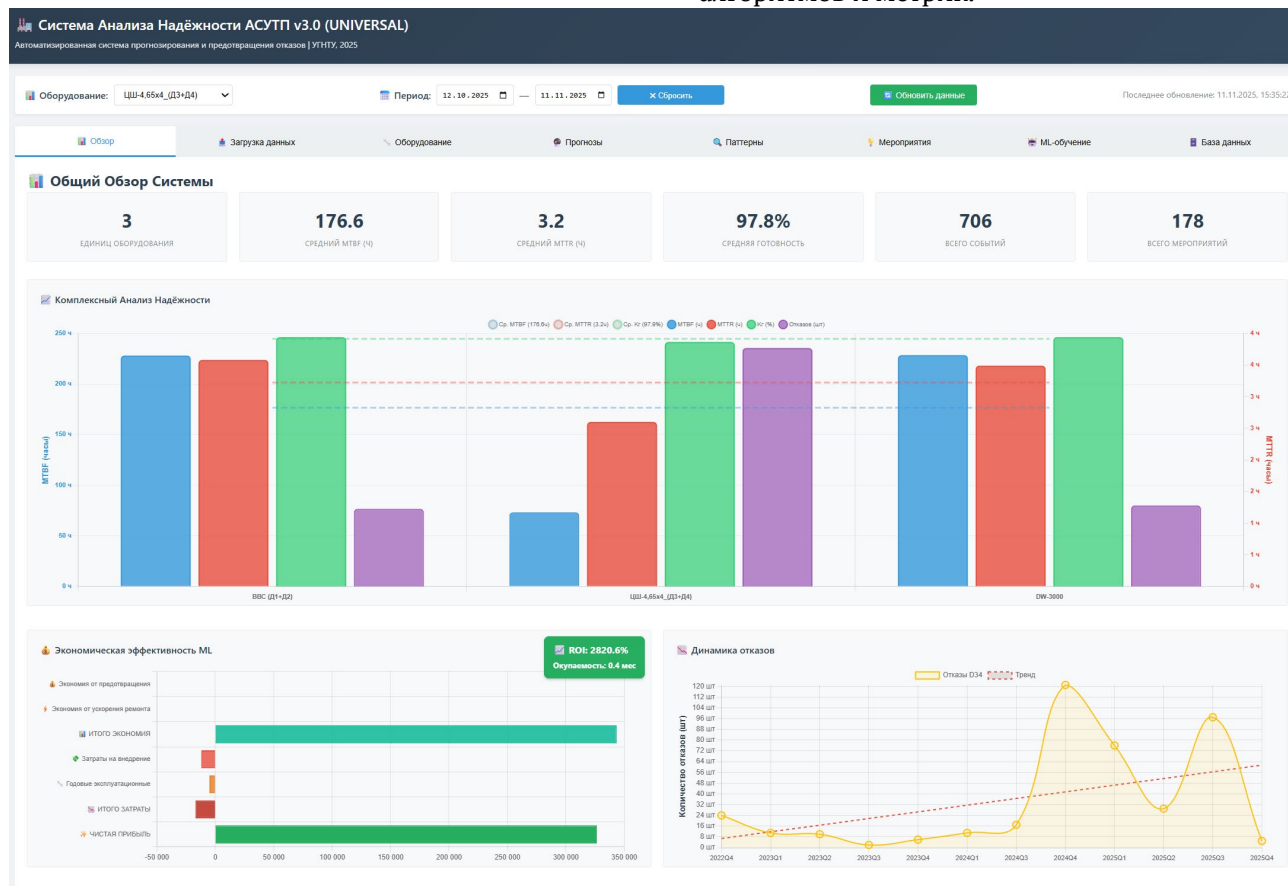


Рис. 3. Скриншот веб-интерфейса системы: общий обзор системы

Система обеспечивает:

- Интерактивную визуализацию результатов с фильтрацией по периодам;
- Экспорт отчётов в формате DOCX и PDF;
- Интеграцию с SCADA/MES системами предприятия через REST API;
- Уведомления операторов о критических прогнозах.

Заключение

Разработанная интеллектуальная система анализа надёжности АСУТП подземного рудника на основе ансамбля методов машинного обучения с модулями анализа эффективности мероприятий, выявления паттернов отказов и формирования персонализированных рекомендаций продемонстрировала практическую эффективность при экспериментальном тестировании на реальных промышленных данных трёх типов подъёмного оборудования.

Основные научные и практические результаты:

Достигнута средняя точность прогнозирования отказов $F1\text{-Score} = 0.664$ при полноте $\text{Recall} = 0.727$, что соответствует выявлению более 70% потенциальных отказов с приемлемым уровнем ложных срабатываний.

Внедрение системы обеспечивает увеличение среднего времени между отказами на 35.6%, сокращение времени восстановления на 23.1% и повышение коэффициента готовности на 0.9 п.п.

Система автоматически выявляет устойчивые паттерны отказов: 28 уникальных паттернов для ВВС (покрытие 73.9%), 67 паттернов для ЦШ-4,65x4 (покрытие 88.2%), 28 паттернов для DW-3000.

Использование отечественного алгоритма CatBoost (Yandex) и открытых технологий (XGBoost, Random Forest, scikit-learn)

обеспечивает соответствие требованиям импортозамещения и независимость от иностранных разработчиков ПО.

Механизм автоматического самообучения позволяет системе адаптироваться к изменяющимся условиям эксплуатации без участия специалистов.

Научная новизна исследования:

- Разработана методология интеграции разнородных источников данных (MES, SCADA, журналы ТО) для создания единой базы знаний о надёжности оборудования;
- Предложен гибридный алгоритм расчёта коэффициента эффективности мероприятий $E_{measure}$ на основе трёх компонент: отношения MTBF, обратного отношения частоты отказов и доли успешных применений;
- Создан метод автоматического обнаружения паттернов отказов с применением алгоритма для поиска ассоциативных правил;
- Разработан алгоритм формирования персонализированных рекомендаций с учётом фактической эффективности мероприятий, выявленных паттернов и экономических показателей;
- Предложен адаптивный подход к формированию временного окна обучения на основе частоты отказов и стабильности паттернов.

Практическая значимость

Система готова к промышленному внедрению на горнодобывающих предприятиях и может быть адаптирована для других отраслей промышленности. Веб-интерфейс обеспечивает удобное взаимодействие для операторов и инженеров без необходимости специальных знаний в области машинного обучения. Модуль интеллектуальных рекомендаций позволяет операторам принимать обоснованные решения о проведении профилактики на основе объективных данных об эффективности мероприятий и выявленных паттернов.

Перспективы развития:

1. Расширение системы на дополнительные типы оборудования (конвейеры, вентиляторы, насосы, дробильные установки);
2. Внедрение глубоких нейронных сетей для анализа временных рядов alarm-кодов;
3. Разработка мобильного приложения для оперативного доступа к прогнозам и рекомендациям;

4. Развитие модуля автоматической генерации регламентов ТО на основе выявленных паттернов и эффективности мероприятий.

Полученные результаты подтверждают эффективность применения методов машинного обучения в сочетании с интеллектуальным анализом эффективности мероприятий и выявлением паттернов для повышения надёжности АСУТП подземных рудников и открывают перспективы для дальнейших исследований в области интеллектуального управления технологическими процессами горнодобывающей промышленности.

Литература

1. Зайцев П.П. Эксплуатация подъёмных установок. М.: Недра, 1978. 280 с.
2. Решетов Д.Н., Иванов А.С., Фадеев В.З. Надёжность машин. М.: Высшая школа, 1988. 238 с.
3. Острейковский В.А. Теория надёжности: Учебник для вузов. М.: Высшая школа, 2003. 463 с.
4. Дли М.И., Круглов В.В., Голунов Р.Ю. Нечеткая логика и искусственные нейронные сети. М.: Физматлит, 2001. 224 с.
5. ГОСТ 27.002-2015 Надёжность в технике. Термины и определения. М.: Стандартинформ, 2016. 28 с.
6. Chen T., Guestrin C. XGBoost: A Scalable Tree Boosting System // Proceedings of the 22nd ACM SIGKDD International Conference on Knowledge Discovery and Data Mining. 2016. P. 785-794.
7. Prokhorenkova L., Gusev G., Vorobev A., Dorogush A.V., Gulin A. CatBoost: unbiased boosting with categorical features // Advances in Neural Information Processing Systems. 2018. Vol. 31. P. 6639-6649.
8. Agrawal R., Srikant R. Fast Algorithms for Mining Association Rules // Proceedings of the 20th International Conference on Very Large Data Bases. 1994. P. 487-499.
9. Breiman L. Random Forests // Machine Learning. 2001. Vol. 45. P. 5-32.
10. Liu F.T., Ting K.M., Zhou Z.H. Isolation Forest // Proceedings of the 2008 Eighth IEEE International Conference on Data Mining. 2008. P. 413-422.

PISAREV Andrey Sergeevich

Master's Student, Ufa State Petroleum Technical University, Russia, Ufa

*Scientific Advisor – Associate Professor of the Department of Automation,
Telecommunications and Metrology of Ufa State Petroleum Technical University,
Candidate of Technical Sciences Kalashnik Dmitry Vladimirovich*

APPLICATION OF MACHINE LEARNING METHODS FOR IMPROVING RELIABILITY OF AUTOMATED CONTROL SYSTEMS IN UNDERGROUND MINE

Abstract. *The article presents a developed intelligent system for analyzing the reliability of technical automation of an underground diamond mine based on an ensemble of machine learning algorithms with modules for analyzing the effectiveness of preventive measures, automatically detecting failure patterns and forming intelligent recommendations. The system provides prediction of failures of critical lifting equipment with an average F1-Score = 0.664 and a Recall completeness = 0.727, which corresponds to the detection of more than 70% of potential failures. Experimental testing showed an increase in MTBF by 34–37% while reducing MTTR by 19–27%. The use of the domestic CatBoost (Yandex) algorithm and open technologies ensures compliance with import substitution requirements.*

Keywords: *machine learning, failure prediction, maintenance effectiveness analysis, failure patterns, intelligent recommendations, automated control systems reliability, hoisting equipment, diamond mine, XGBoost, CatBoost, import substitution.*

ХУДЯКОВ Николай Викторович

инженер-программист в области креативных инструментов и конвейеров анимации,
Snapchat, США, г. Нью-Йорк

СНИЖЕНИЕ СЕБЕСТОИМОСТИ АНИМАЦИОННОГО ПРОИЗВОДСТВА ЧЕРЕЗ ЦИФРОВЫЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ МОДЕЛИ

Аннотация. В этой научной статье рассмотрены вопросы влияния автоматизации, внедрения алгоритмов искусственного интеллекта в процессы анимационного производства и то, как такая трансформация творчества снижает себестоимость выпуска коротких видео, документальных фильмов и мультипликационных проектов; при этом позитивное воздействие упрощения выполнения типовых задач в искусстве анимации уже давно доказано и повсеместное внедрение отечественного программного обеспечение является лишь одним из подтверждений этого факта; уделено особое внимание ценности автоматизации процессов анимации, генерации движений и визуальных образов персонажей, реалистичного окружения, а также совершенствованию методов обработки через использование алгоритмов машинного обучения, позволяющих оптимизировать постобработку, рендеринг движущихся изображений.

Ключевые слова: анимация, анимационное производство, цифровые образовательные модели, снижение себестоимости, автоматизация, алгоритмы машинного обучения, информационные технологии, цифровизация.

Цель: выделить ключевые особенности, перспективные преимущества внедрения цифровых образовательных моделей в процессы анимационного производства для снижения себестоимости выпуска произведений искусства по направлениям анимация и мультипликация.

Метод: обобщение, сравнение, сопоставление, теоретико-практическая оценка, комплексный анализ, а также изучение выводов из научных трудов экспертов по теме трансформации анимационного производства, цифровизацию анимации и другой творческой деятельности.

Введение

Эволюция цифровых технологий способствовала переходу от покадровой съемки к использованию алгоритмов искусственного интеллекта, автоматизации всех процессов анимационного производства. В последние несколько лет актуальным направлением совершенствования искусства движущихся изображений стало внедрение современных образовательных моделей, базирующихся на комплексном подходе, а также интеграции творчества, учебной деятельности и предпринимательства. Многие ВУЗы России, стран СНГ и стран Европы переходят на инновационные модели преподавания, создавая условия для

активного участия учащихся в создании уникальных анимационных проектов.

Наиболее эффективными признаны такие цифровые образовательные модели, как гибридное обучение, персонализированное и адаптивное, онлайн-курсы, дистанционные занятия и применение геймификации, виртуальной и дополненной реальности. Главным преимуществом этих методик является тот факт, что учебная деятельность становится максимально доступной, интерактивной, ориентированной на индивидуальные потребности, интересы студентов. А интеграция обучения и производства в сфере анимации позволяет сократить себестоимость выпуска коротких рекламных или социальных видеороликов. Сравнительный анализ эффективности алгоритмов ИИ подтвердил, что цифровые технологии существенно уменьшают время и затраты на создание анимационных фильмов разных категорий [1].

Факторы, влияющие на снижение себестоимости анимационного производства

Цифровизация становится общественно значимым трендом, стирающим границы между творчеством и технологическими аспектами выполнения разных профессиональных задач. В контексте анимационного производства ключевой потребностью была

автоматизация покадровой съемки, подготовки исходных материалов и их систематизация для дальнейшего использования. Внедрение цифровых образовательных моделей положительно повлияло, как на учебную деятельность, так и на процесс выпуска готовых творческих проектов. Отдельно стоит отметить, что развитие анимационного производства в Российской Федерации, совершенствование мультипликации и кинематографа напрямую связано с реализацией технологий искусственного интеллекта. Благодаря функциональным возможностям мгновенной обработки больших массивов данных, поиску скрытых закономерностей и запоминанию примеров, ИИ формирует новые условия для создания документальных, развлекательных фильмов и коротких роликов. Происходит ускорение, оптимизация всех процессов производства, а также удается

достигнуть невероятного уровня реалистичности, детализации визуальных образов, движений персонажей [2, 3]. Сейчас важным направлением использования алгоритмов машинного обучения в анимации является автоматизация создания образов персонажей и реалистичного окружения в пространстве через цифровое моделирование, а также иные схожие технологии. Впечатляющим примером такой идеи стал алгоритм от исследователей из Калифорнийского университета в Беркли, который генерирует высокоточные трехмерные модели персонажей и предметов на базе нескольких двумерных изображений. Такой подход позволил сильно уменьшить время и трудозатраты на создание визуальных образов, в первую очередь «живых мультипликационных героев» [4]. Ниже на рисунке 1 представлена эта трансформация анимационного производства.

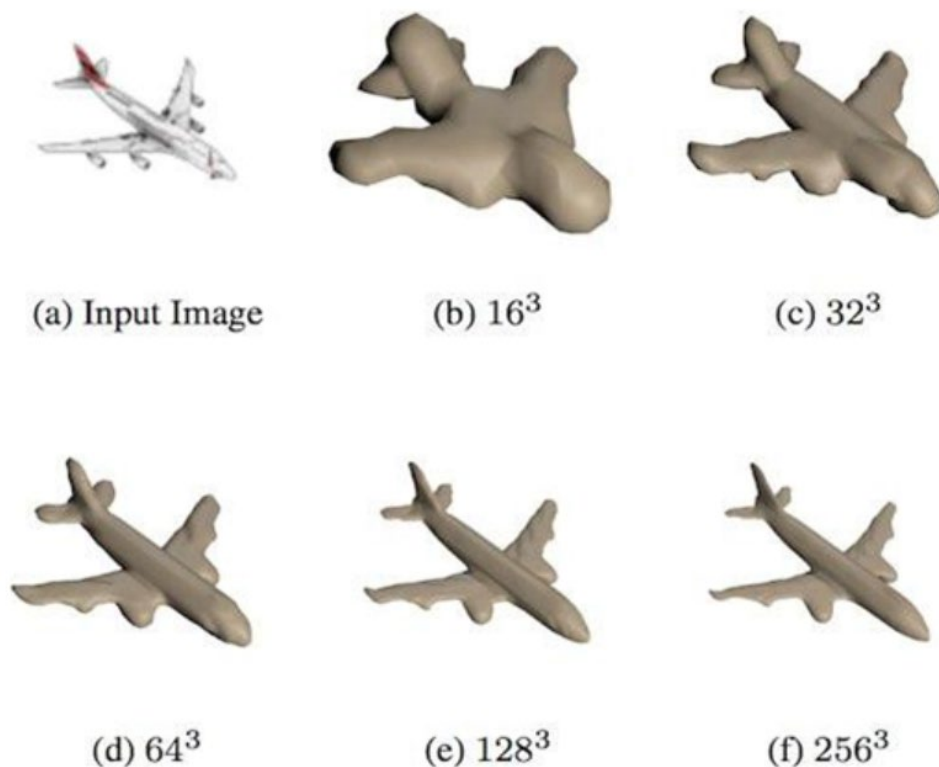


Рис. 1. Генерация трехмерных моделей с использованием алгоритмов машинного обучения

Многие исследования доказывают результативность использования алгоритмов искусственного интеллекта в анимационном производстве. Однако важно отметить, что цифровые технологии следует применять не только на этапе реализации творческих идей, при выпуске уникальных коротких фильмов – но и в образовательной деятельности. В актуальных условиях развития ВУЗов, колледжей и мастер-классов для художников-аниматоров, как

никогда, требуется интеграция обучения и производства, творчества и предпринимательства. Отечественные социологи считают, что искусство анимации претерпевает социально значимую трансформацию, приобретая новые смыслы, звучание, визуальное отражение и удовлетворяя переменчивые потребности современного общества. На всех этапах подготовки аниматоров должны использоваться цифровые технологии, с помощью которых

будет выполняться автоматизация типовых задач с бескомпромиссным повышением эффективности [5]. При этом дальнейшие исследования влияния алгоритмов ИИ на анимационную индустрию в производстве (на технические, творческие, экономические и социальные аспекты) даст толчок к впечатляющим результатам в будущем. По мнению успешных аниматоров, это поможет создать модель прогнозирования развития творческой отрасли, укажет на перспективные направления, сильные и слабые стороны актуального положения искусства анимации. В цифровых образовательных моделях следует учесть весь массив данных по теории и практике анимационного производства [6].

В долгосрочной перспективе такое решение сделает реалистичным переход к полностью автоматизированному анимационному производству. А учащиеся специальных курсов или ВУЗов по творческим специальностям, уже практикующие художники-аниматоры,

мультипликаторы, кинорежиссеры смогут сконцентрироваться на создании оригинальных и глубоких идей для своих будущих проектов. Как отмечает отечественный исследователь А. Ю. Луговцев: «...с приходом цифровых устройств и профессионального программного обеспечения для моделирования и анимации объектов в трехмерном виртуальном пространстве художественно-эстетические и динамические свойства создаваемого контента стерли границы кинематографа и объемной анимации даже там, где прежде они четко ощущались». Можно сделать простой вывод, что объемная анимация становится фотореалистичной, с элементами точной визуализации человеческих, антропоморфных и зооморфных персонажей. У анимационного производства появился свободный выбор уровней условности, что является лишь началом более глубокой трансформации этого направления искусства [7; 8, с. 112-115].



Рис. 2. Ключевые тенденции и перспективы применения ИИ в современной анимации

Отдельно стоит отметить, что снижение себестоимости анимационного производства напрямую связано с внедрением цифровых технологий, в том числе и алгоритмов машинного обучения. Экономический анализ применения искусственного интеллекта подтвердил значительные выгоды для студий. Так, использование технологий ИИ позволяет сократить общие затраты на выпуск анимационного фильма на 25–35% при сохранении или повышении качества готового продукта. Таких результатов удастся достичь, за счет изменения структуры творческой, организационной и

технической деятельности на всех этапах, а также за счет уменьшения времени на выполнение типовых задач. Помимо этого, в последние несколько лет отмечается упадок спроса на персонал в сфере анимации, так как происходит оптимизация использования вычислительных ресурсов. В среднесрочной перспективе (в течение следующих 5–8 лет) внедрение ИИ может привести к росту рентабельности анимационных проектов студии на 15–20% и повышению конкурентоспособности на мировом рынке [9, 10].

Экономическая эффективность внедрения ИИ в анимационное производство в %

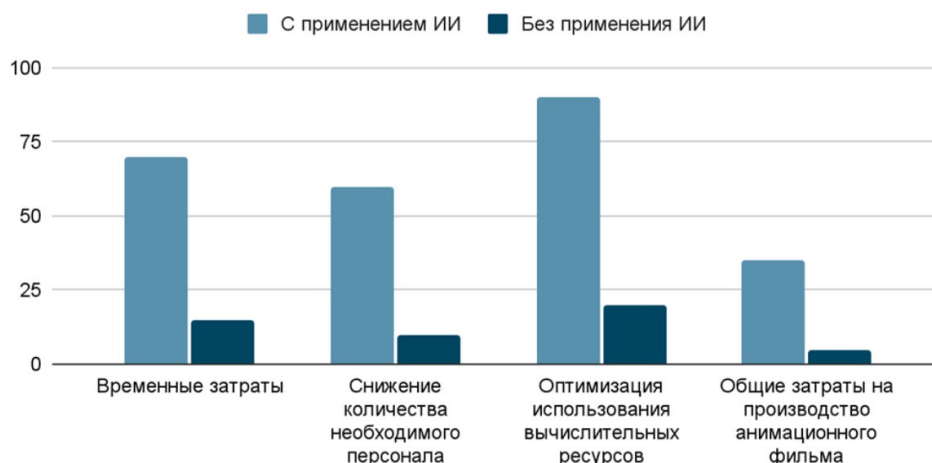


Рис. 3. Экономическая эффективность использования образовательных и иных цифровых технологий в анимации

Заключение

Подводя итог, стоит сделать вывод, что цифровизация становится неотъемлемой частью любой профессиональной деятельности. Современное общество только начинает путь трансформации с переходом на активное использование процессов автоматизации творчества, анимационного производства и предпринимательства. Применение алгоритмов машинного обучения для подготовки будущих аниматоров является актуальным, перспективным и выгодным подходом. А использование программного обеспечения с внедрением искусственного интеллекта в анимационных студиях позволит снизить общие затраты на 25–35%, повысить качество готового продукта, увеличить рентабельность, конкурентоспособность бизнеса, что очень важно для развития индустрии развлечений, визуального искусства в Российской Федерации.

Литература

1. Монетов В.М. Выразительные возможности компьютерных технологий в творчестве художника экранных искусств: автореф. дисс. к. искусствоведения. М., 2005. 24 с.
2. Орлов А.М. Аниматограф и его Анима: психогенные аспекты экранных технологий. М.: ИМПЭТО, 1995. 384 с.
3. Орлов А.М. Виртуальная реальность. М.: ГЕО, 1997. 336 с.
4. Попов Е.А. Анимационное производство: типология и эволюция образных средств:

автореф. дисс. к. искусствоведения. СПб., 2011. 24 с.

5. Пузанов В.И. Взаимодействие интеллекта и мастерства как проблема культурных формаций в дизайне: автореф. дисс. ... д. искусствоведения. М., 1992. 31 с.

6. Теракопьян М.Л. Развитие кинообразности под влиянием компьютерных технологий: автореф. дисс. к. искусствоведения. М., 2008. 20 с.

7. Арнхейм Р. Искусство и визуальное восприятие / пер. с англ. В.Н. Самохина; общ. ред. В.П. Шестакова. М.: Прогресс, 1974. 392 с.

8. Луговцев А.Ю. Объектный дизайн как результат эволюции проектного творчества // Вестник Казанского государственного университета культуры и искусств. 2016. № 3. С. 112–115.

9. Королева Д.О., Адамович К.А., Хавенсон Т.Е. Опыт российских педагогов в проведении дистанционных занятий [Электрон. ресурс] // Информационно-аналитические материалы Мониторинга экономики образования по результатам статистических и социологических обследований. 2020. № 6.

10. Мерцалова Т.А., Заир-Бек С.И., Анчиков К.М. Региональные системы общего образования в условиях массового перехода на дистанционное обучение [Электрон. ресурс] // Информационно-аналитические материалы Мониторинга экономики образования по результатам статистических и социологических обследований. 2020. № 5.

KHUDYAKOV Nikolay Viktorovich

Software Engineer in the Field of Creative Animation Tools and Pipelines,
Snapchat, USA, New York City

REDUCING THE COST OF ANIMATION PRODUCTION THROUGH DIGITAL EDUCATIONAL MODELS

Abstract. *This scientific article examines the impact of automation, the introduction of artificial intelligence algorithms into animation production processes and how such a transformation of creativity reduces the cost of producing short videos, documentaries and animated projects; at the same time, the positive impact of simplifying the performance of typical tasks in the art of animation has long been proven and the widespread introduction of domestic software is only one of the confirmations of this fact is; Special attention is paid to the value of automating animation processes, generating movements and visual images of persons, realistic surroundings, as well as improving processing methods through the use of machine learning algorithms that optimize post-processing and rendering of moving images.*

Keywords: *animation, animation production, digital educational models, cost reduction, automation, machine learning algorithms, information technologies, digitalization.*

ЭКОЛОГИЯ, ПРИРОДОПОЛЬЗОВАНИЕ

КАРПОВИЧ Виктор Францевич

кандидат экономических наук, доцент кафедры экономики
и управления инновационными проектами в промышленности,
Белорусский национальный технический университет, Беларусь, г. Минск

ФАЛИН Егор Александрович

студент, Белорусский национальный технический университет, Беларусь, г. Минск

ИССЛЕДОВАНИЕ СОСТОЯНИЯ И ПЕРСПЕКТИВ РАЗВИТИЯ ПЕРЕРАБОТКИ ОТХОДОВ ПЛАСТМАСС В РЕСПУБЛИКЕ БЕЛАРУСЬ

Аннотация. Работа посвящена изучению динамики формирования и переработки отходов пластмасс в Республике Беларусь за период 2020–2024 гг. Проанализирована региональная специфика сбора отходов, оценены влияние инфраструктурных изменений и регуляторных норм на интенсивность и качество процессов переработки. Определены ключевые вызовы и предложены направления дальнейшего совершенствования механизма обращения с отходами пластмасс.

Ключевые слова: переработка отходов, пластиковые отходы, региональный анализ, управление отходами, экология, экономика.

Введение

Проблема утилизации пластиковых отходов представляет собой одну из ключевых современных экологических и экономических задач. Согласно данным международных исследований, объем мирового производства пластика ежегодно превышает отметку в 400 млн тонн, большая доля которого после потребления становится трудноразлагающимся мусором, негативно влияющим на природные экосистемы и здоровье людей на протяжении длительного периода времени. В рамках перехода к концепции циклической экономики переработка пластика приобретает статус ключевого элемента устойчивого развития, способствующего снижению негативного воздействия на природу и созданию новых источников возобновляемых материалов.

Беларусь активно участвует в мировых инициативах по защите окружающей среды и сохранению природных ресурсов, демонстрируя устойчивый рост своей перерабатывающей инфраструктуры для пластиковых отходов. Однако сохраняются значительные системные

проблемы, среди которых низкое качество вторсырья, слабое разделение отходов по категориям и недостаточность нормативно-правового регулирования. Это подчеркивает важность всестороннего научного изучения ситуации, сравнения отечественного опыта с международными достижениями и разработки действенных мер для оптимизации процесса переработки.

В отечественной научной литературе вопросам рециклинга полимерных отходов уделяется значительное внимание. Исследования белорусских учёных (В. Т. Липик [1], Н. Р. Прокопчук [1], В. В. Кириленко [2, с. 33-40; 3, с. 45-52], В. Е. Стецко [4, с. 122-124] и др.) внесли значительный вклад в изучение химического состава, технологий и инфраструктуры переработки пластмассы. Тем не менее остаются важные нерешённые вопросы, касающиеся сильной загрязнённости потоков отходов, недостаточного разделения по видам пластика, дисбаланса между процессами переработки и энергетического использования.

Целью настоящего исследования является проведение комплексного анализа текущего состояния переработки пластиковых отходов в Республике Беларусь за период 2020–2024 годов. Исследование охватывает динамику процессов сбора и переработки, специфику регионального распределения, сравнительный анализ белорусского и зарубежного опыта. Итогом работы стали практические рекомендации по повышению экологической и экономической эффективности существующей системы управления пластиковыми отходами.

Полученные результаты позволяют объективно оценить современный уровень переработки пластиковых отходов в Беларуси и подчеркнуть перспективность белорусского опыта в контексте глобальных тенденций устойчивого развития. Таким образом, данная работа обладает особой ценностью как для академической общественности, так и для представителей профильных отраслей и государственных органов.

Методология исследования

Основой методологии исследования стали традиционные процедуры статистического анализа временных рядов, географического зонирования и построения индексов, характеризующих качественные и количественные стороны изучаемого явления. Использованы методы корреляционного анализа для выявления взаимосвязей между показателями, методы индексного анализа для расчёта интегральных характеристик.

Эмпирической базой послужила официальная статистика Национального статистического комитета Республики Беларусь [5], отчёты, Министерства природных ресурсов и охраны окружающей среды Республики Беларусь [6], ГУ «Оператор вторичных материальных ресурсов» [7], а также публикации научных журналов и аналитических центров.

Основная часть

Переработка пластмассовых отходов является одним из ключевых направлений экологической политики и устойчивого развития Республики Беларусь. Массовое накопление полимерных материалов в бытовом и производственном секторах формирует значительные экологические риски, что предопределяет необходимость проведения углублённого научного анализа и внедрения современных технологий утилизации. Данная проблематика приобретает особую актуальность в условиях перехода к модели циркулярной экономики и

активной интеграции белорусского государства в международные инициативы по охране окружающей среды.

Белорусская научная школа располагает устойчивыми традициями в исследовании вопросов переработки полимерных отходов. Значительный вклад в развитие теоретических основ отрасли внесли В. Т. Липик и Н. Р. Прокопчук, чья монография «Рециклинг и утилизация полимерных отходов» [1] стала первым комплексным исследованием посвященным проблемам переработки полимерных отходов сферы потребления и промышленного производства. Авторами приведены результаты детального анализа химического состава полимерных отходов, скапливаемых на полигонах твёрдых коммунальных отходов, дана количественная оценка объёмов накопления и рассмотрены перспективные технологии их дальнейшей переработки. Особое внимание уделено оценке остаточного ресурса полимерных отходов и выявлению критериев, определяющих рациональность выбора тех или иных путей переработки, описаны методы переработки отходов полиэтиленотерифталата.

Современное состояние переработки полимерных отходов подробно анализируется в работах В. В. Кириленко «Современные технологии переработки полимерных отходов в Республике Беларусь» [2, с. 33; 3, с. 46]. Автор выделяет ключевые вызовы, стоящие перед отраслью, включая загрязнённость вторичного сырья, отсутствие унифицированных стандартов и необходимость внедрения инновационных методов переработки.

Группа белорусских ученых под руководством профессора В. Е. Стецко убедительно обосновывает необходимость перехода от привычных методов ликвидации отходов к современным технологиям рециклинга и химической модификации полимеров, особо выделяя приоритетность формирования целостной национальной инфраструктуры для переработки пластмассовых отходов [4, с. 123].

Международный опыт обращения с пластмассовыми отходами предоставляет широкий спектр решений, заслуживающих адаптации к национальным условиям [8, с. 84]. В Европейском союзе директива 2008/98/ЕС закрепляет принцип расширенной ответственности производителей (РОП), обеспечивающий устойчивое финансирование систем сбора и переработки отходов [9]. В Китае активно внедряются технологии пиролиза смешанных пластмасс,

позволяющие получать ценные нефтепродукты и синтетические газы [10, с. 90]. Международные стандарты серии ISO и EN устанавливают критерии качества и безопасности изделий из вторичных полимеров, создавая предпосылки для их конкурентоспособности на мировом рынке [11, с. 5122].

Для упорядочивания существующих подходов к утилизации полимерных отходов представляется целесообразным провести их сравнительный анализ. Такой подход позволит объективно оценить достоинства и ограничения каждой группы методов, а также определить их потенциальную востребованность в рамках условий Республики Беларусь.

Ниже, в таблице 1 представлена классификация основных направлений переработки пластмассовых отходов – от традиционных способов ликвидации до современных методик механического, химического и биотехнологического преобразования. Проведение сравнительного анализа сильных и слабых сторон указанных технологий обеспечивает возможность чёткой дифференциации вспомогательных методов и выделения наиболее перспективных решений, способных сформировать основу национальной стратегии обращения с полимерными отходами.

Таблица 1

Классификация методов переработки пластмассовых отходов: преимущества, недостатки и перспективы практического применения (составлено автором)

Группа методов	Примеры технологий	Преимущества	Недостатки	Перспективы применения
Традиционные	Сжигание, захоронение на полигонах	Простота реализации, низкие капитальные затраты	Высокая экологическая нагрузка, выброс токсичных продуктов, низкая эффективность	Постепенное сокращение использования, замена на более современные методы
Энергетическая утилизация	Сжигание в металлургических печах (доменные печи)	Получение энергии и восстановителей, снижение выбросов за счёт высоких температур	Ограниченность применения, необходимость крупных производственных мощностей	Перспективно для интеграции в металлургические процессы
Механическая переработка	Измельчение, гранулирование, повторное использование в производстве	Снижение себестоимости продукции, экономия первичного сырья	Нестабильные свойства вторичных полимеров, необходимость сортировки	Основной метод для ПЭ, ПП, ПВХ, ПС, ПЭТ; требует стандартизации
Химическая переработка	Пиролиз, гидролиз	Получение вторичных ресурсов (масла, газы, мономеры)	Высокая энергоёмкость, сложность оборудования	Перспективно для смешанных и загрязнённых отходов
Биоразлагаемые полимеры	Полимеры, разрушающиеся под действием бактерий, УФ, воды	Использование возобновляемых ресурсов, экологическая безопасность	Высокая стоимость, снижение эксплуатационных характеристик	Широкое применение в упаковке и медицине, развитие технологий удешевления
Прикладные направления	Производство строительных материалов, упаковки, текстиля	Импортозамещение, расширение ассортимента продукции	Требуется стандартизации качества и испытаний	Высокий потенциал для ЖКХ, строительства, лёгкой промышленности

Анализ методов свидетельствует о постепенном снижении значимости традиционных способов утилизации отходов (сжигания и полигонного захоронения) вследствие их экологической небезопасности и ограниченной эффективности. Наибольший интерес представляют механическая переработка массовых видов полимеров (ПЭ, ПП, ПВХ, ПС, ПЭТ), химическая переработка сложных многокомпонентных смесей, а также создание биоразлагаемых материалов для упаковочной и медицинской отраслей. Использование энергетических методов утилизации отходов в металлургическом секторе оценивается преимущественно как узконаправленное решение.

За пятилетний период с 2020 по 2024 год в Республике Беларусь наблюдается устойчивый рост объемов сбора полимерных отходов, относящихся к категории вторичных материальных ресурсов. Согласно официальным данным Государственного учреждения, «Оператор вторичных материальных ресурсов», совокупный объем сбора пластмасс увеличился с 97,6 тыс. тонн в 2020 году до 116,6 тыс. тонн в 2024 году, что эквивалентно приросту на 19,0 тыс. тонн или 19,5% от исходного значения [7] (табл. 2). Данный рост отражает как количественное расширение инфраструктуры сбора, так и постепенное повышение экологической сознательности населения и субъектов хозяйствования.

Таблица 2

Сбор отходов пластмасс и их доля в структуре вторичных материальных ресурсов (ВМР) в Республике Беларусь, 2020–2024 гг. [8, с. 84-87]

Год	Сбор пластмасс, тыс. т	Общий сбор ВМР, тыс. т	Доля пластмасс в ВМР, %
2020	97,6	789,9	12,40
2021	106	~790,0	13,40
2022	109	~802,0	13,60
2023	113,5	822,9	13,80
2024	116,6	840,2	13,90

Максимальный темп прироста зафиксирован в 2021 году, когда объем сбора пластмасс увеличился на 8,4% по сравнению с предыдущим годом. Это связано с запуском новых региональных объектов по обращению с ТКО, активизацией информационно-просветительских кампаний и расширением действия механизма расширенной ответственности производителей (РОП). Однако начиная с 2022 года темпы прироста начали снижаться: в 2022 году прирост составил 2,8%, в 2023 – 4,1%, а в 2024 – лишь 2,7% [7]. Такая динамика может свидетельствовать о достижении предельной эффективности существующих механизмов сбора, а также о необходимости перехода от экстенсивной модели к качественным улучшениям – в частности, к повышению чистоты потока пластмасс, снижению засоренности и внедрению сегментированных цепочек переработки.

Параллельно с ростом абсолютных объемов наблюдается увеличение доли пластмассовых отходов в общей массе собираемых вторичных материальных ресурсов. В 2020 году этот показатель составлял 12,4%, а к 2024 году достиг 13,9% [7]. Устойчивый рост удельного веса пластмасс в структуре ВМР указывает на их высокую долю в потребительском секторе, а

также на относительную эффективность их отбора по сравнению с другими фракциями. Тем не менее достижение стратегических целевых показателей, предусмотренных Национальной стратегией по обращению с ТКО, требует дальнейшей модернизации инфраструктуры, внедрения технологий глубокой сортировки и переработки, а также усиления нормативно-экономических стимулов.

Среди регионов лидером по объёму собираемых отходов выступает столица Республика Беларусь – город Минск, аккумулирующий примерно 18% общего объёма отсортированных полимерных отходов. Данное обстоятельство обусловлено значительной концентрацией населения и высоким уровнем оснащенности городской инфраструктуры эффективными системами раздельного сбора и предварительной сортировки отходов.

Проведённое исследование показывает неоднородность темпов роста сбора и переработки отходов в регионах. Например, в Витебской области в 2024 году был зафиксирован резкий рост, выразившаяся в приросте собранных отходов на два тысячи тонн по отношению к показателям прошлого периода [6]. Причиной этому послужила активная деятельность органов местной администрации и реализация

масштабной информационно-разъяснительной кампании.

Разработка законодательных актов и нормативных актов, регулирующих обращение с отходами, играет ключевую роль в определении динамики их переработки. Среди существенных нововведений следует выделить систему расширенной ответственности производителей (РОП), предусматривающую компенсацию затрат предприятиям за организацию раздельного сбора и переработки отходов. Эта мера стала мощным стимулом для притока инвестиций в сектор.

Республика Беларусь предпринимает активные меры по развитию современной инфраструктуры обращения с отходами. Ведётся масштабная реконструкция полигонов и строительство новых центров сортировки отходов, создаётся инфраструктура для глубокой переработки отходов (в городах Орша, Барановичи, Бобруйск, Гомель, Волковыск, Минске), внедряются RDF-технологии в цементной промышленности (ОАО «Красносельскстройматериалы», ОАО «Кричевцементношифер»), модернизируются мощности по переработке полимеров (ОАО «Белвторполимер») [6]. Результатом стало значительное увеличение объемов извлекаемых пластмассовых отходов, что поставило на повестку дня важную задачу

сбалансированного сочетания процессов переработки и энергетической утилизации. Центральную роль в решении данной задачи играют муниципальные органы власти и специализированные коммерческие операторы.

Экономическое стимулирование оказывает дополнительное положительное воздействие на привлекательность инвестирования в сферу переработки отходов. Поддерживаются инициативы по субсидированию расходов на приобретение специального оборудования, компенсируются затраты операторов за выполнение работ по сбору и переработке отходов.

Одновременно возникают новые формы взаимодействия государства и частного сектора, такие как государственно-частное партнёрство, привлечение инвесторов и создание совместных предприятий, осуществляющих глубокую переработку отходов и производство готовой продукции из вторичного сырья [12, с. 106].

Несмотря на положительную динамику объемов сбора полимерных отходов в Республике Беларусь, в системе обращения с пластмассами сохраняется ряд системных проблем и потенциальных рисков, ограничивающих достижение стратегических целей в области ресурсосбережения и экологической безопасности (табл. 3).

Таблица 3

**Аналитическая матрица системных барьеров и стратегических решений
в сфере переработки пластмасс (составлено автором)**

Проблема	Риск	Рекомендация
Высокая засоренность потока пластмасс	Снижение качества вторичного сырья, рост затрат на сортировку	Внедрение стандартов чистоты фракции; унификация маркировки контейнеров; повышение частоты вывоза
Недостаточная сегментация по видам пластмасс	Ограниченные возможности переработки, низкая эффективность рецикла	Организация отдельных потоков для ПЭТ, ПЭ/ПП пленок, композитов; развитие оптической сортировки
Дисбаланс переработка vs. RDF	Перераспределение пригодных к рециклу пластмасс в энергетический сектор	Установление приоритета материало-сбережения; контроль доли пластмасс, направляемых в RDF
Волатильность рынка рециклатов	Снижение инвестиционной привлекательности переработки	Поддержка госзакупок продукции из рециклатов; развитие локальных рынков; стимулирование корпоративных стандартов
Низкая вовлеченность B2B-сектора	Потери значительных объемов пленочных и упаковочных отходов	Создание контрактных моделей сбора с торговыми сетями и логистикой; внедрение чек-листов для бизнеса
Ограниченность нормативной базы	Недостаточная детализация требований к упаковке и eco-design	Дифференциация ставок РОП; внедрение требований к однотипности упаковки; запрет «чёрного» ПЭТ

В условиях нарастающей экологической нагрузки, вызванной ростом объемов полимерных отходов, а также усложнением структуры потребительской упаковки и распространением пластиковых идентификационных карт, Республика Беларусь сталкивается с необходимостью перехода к качественно новой модели обращения с пластмассами. Существующая система сбора и переработки демонстрирует положительную динамику, однако её эффективность ограничена рядом

институциональных, технологических и нормативных барьеров.

Для преодоления этих вызовов и достижения целевых показателей переработки, предусмотренных национальными стратегиями в области обращения с отходами и устойчивого развития, требуется реализация комплексного подхода, охватывающего стандартизацию, инфраструктурную модернизацию, экономическое стимулирование и технологическую интеграцию (табл. 4).

Таблица 4

Направления, цели и меры совершенствования системы управления пластиковыми отходами (составлено автором)

Направление	Цель	Меры	Ожидаемый эффект
Стандарты очистки	Повышение качества фракции пластмасс	<ul style="list-style-type: none">• Внедрение нормативов чистоты фракций;• Предварительная мойка;• Визуальный контроль качества	Снижение засоренности, рост выхода пригодного сырья
Раздельный сбор	Повышение доли пригодных к переработке пластмасс	<ul style="list-style-type: none">• Цветовая маркировка контейнеров;• Сегментированный сбор;• Мобильное приложение	Рост доли чистых фракций, снижение затрат на сортировку
Закупка продукции из вторсырья	Формирование устойчивого спроса на продукцию из рециклатов	<ul style="list-style-type: none">• Квоты на госзакупки;• Реестр производителей;• Налоговые льготы;• Экобрендинг	Стабилизация рынка рециклатов, рост инвестиций в переработку
Регуляция упаковки	Снижение доли трудно перерабатываемых упаковок, стимулирование eco-design	<ul style="list-style-type: none">• Запрет черного ПЭТ;• Обязательная маркировка;• Дифференциация ставок РОП	Повышение перерабатываемости упаковки, снижение нагрузки на сортировку

Реализация данных мер позволит перейти от фрагментарных решений к целостной, устойчивой системе обращения с пластмассами, соответствующей принципам циркулярной экономики, международным экологическим стандартам и национальным приоритетам в области ресурсосбережения и цифровой трансформации.

Заключение

Проведённое исследование позволило комплексно оценить современное состояние и перспективы развития системы переработки пластиковых отходов в Республике Беларусь в 2020–2024 гг. Полученные результаты свидетельствуют о поступательном росте объёмов сбора и переработки полимерных материалов, что отражает эффективность внедрённых инфраструктурных и нормативно-правовых мер,

включая систему расширенной ответственности производителей, модернизацию перерабатывающих мощностей и активизацию просветительских инициатив.

Научная новизна работы заключается в выявлении системных барьеров, ограничивающих дальнейшее развитие отрасли, и в предложении комплексных стратегических решений, ориентированных на повышение качества потоков вторичных ресурсов, стандартизацию продукции из переработанных полимеров и интеграцию инновационных технологий (химическая переработка, биоразлагаемые материалы, энергетическая утилизация в металлургии и цементной промышленности).

Практическая значимость исследования состоит в формировании рекомендаций для государственных органов и профильных

предприятий, направленных на оптимизацию национальной стратегии обращения с пластиковыми отходами. Реализация предложенных мер позволит повысить экологическую и экономическую эффективность переработки, укрепить конкурентоспособность белорусской перерабатывающей отрасли и обеспечить её соответствие международным стандартам устойчивого развития.

Таким образом, результаты исследования подтверждают перспективность белорусского опыта в контексте глобальной циркулярной экономики и подчёркивают необходимость дальнейшего совершенствования институциональных и технологических механизмов переработки пластиковых отходов.

Литература

1. Липик В.Т. Рециклинг и утилизация полимерных отходов / В.Т. Липик, Н.Р. Прокопчук. – Минск: Белорусский государственный технологический университет, 2008. – 288 с.
2. Кириленко В.В. Современные технологии переработки полимерных отходов в Республике Беларусь / В.В. Кириленко // Экология и промышленность. – 2020. – № 2. – С. 33-40.
3. Кириленко В.В., Сидоренко А.П. Перспективы применения вторичных полимеров в строительных материалах / В.В. Кириленко, А.П. Сидоренко // Экология и промышленность России. – 2021. – № 3. – С. 45-52.
4. Современные способы утилизации полимерных отходов / В.Е. Сыцко, Е.Л. Антонова, Н.В. Кузьменкова [и др.] // Актуальные проблемы коммерции, логистики и маркетинга в условиях трансформации современной экономики: Сборник научных статей международной научно-практической конференции, Гомель, 20 октября 2022 года / Редколлагия: Е.П. Багрянцева [и др.]. Под научной редакцией Е.П. Багрянцевой. – Гомель: Белорусский торгово-экономический университет потребительской кооперации, 2022. – С. 122-124.
5. Национальный статистический комитет Республики Беларусь: [сайт]. – Мн., 1998–2025. – URL: <https://www.belstat.gov.by> (дата обращения: 14.11.2025).
6. Министерство природных ресурсов и охраны окружающей среды Республики Беларусь: [сайт]. – Мн., 2025. – URL: <https://minpriroda.gov.by/ru> (дата обращения: 14.11.2025).
7. Отчёты Оператора // Государственное учреждение «Оператор вторичных материальных ресурсов». – URL: https://vtoroperator.by/about_us/operator-reports (дата обращения: 14.11.2025).
8. Карпович В.Ф. Управление проектами в экологическом бизнесе / В.Ф. Карпович, С.И. Пупликов // Мировая экономика и бизнес-администрирование: Сборник материалов и докладов 20-го Международного научно-практического семинара, Минск, 2-3 октября 2024 года. – Минск: Четыре четверти, 2024. – С. 84-87.
9. Directive 2008/98/EC of the European Parliament and of the Council of 19 November 2008 on waste and repealing certain Directives // EUR-Lex. – URL: <https://eur-lex.europa.eu/eli/dir/2008/98/oj/eng> (date of access: 14.11.2025).
10. An overview of management status and recycling strategies for plastic packaging waste in China / C. Yu [et al.] // Recycling. – 2023. – Vol. 8, № 6. – P. 90.
11. Elevating recycling standards: global requirements for plastic traceability and quality testing / B. Gazeau [et al.] // Sustainability. – 2024. – Vol. 16, № 12. – P. 5122.
12. Карпович В.Ф. Государственно-частное партнерство как способ финансирования инфраструктурных проектов «умного» города / В.Ф. Карпович, К.Н. Драгун // International Journal of Professional Science. – 2023. – № 4. – С. 101-111.

KARPOVICH Viktor

Candidate of Economic Sciences, Associate Professor of the Department of Economics
and Management of Innovative Projects in Industry,
Belarusian National Technical University, Belarus, Minsk

FALIN Yahor

Student, Belarusian National Technical University, Belarus, Minsk

STUDY OF THE STATE AND PROSPECTS FOR THE DEVELOPMENT OF PLASTIC WASTE RECYCLING IN THE REPUBLIC OF BELARUS

Abstract. *The paper is devoted to the study of the dynamics of plastic waste generation and recycling in the Republic of Belarus during the period 2020–2024. The regional specifics of waste collection are analyzed, and the impact of infrastructural changes and regulatory norms on the intensity and quality of recycling processes is assessed. Key challenges are identified, and directions for further improvement of the plastic waste management mechanism are proposed.*

Keywords: *waste recycling, plastic waste, regional analysis, waste management, ecology, economy.*

МОРОЗОВА Ульяна Владимировна

магистрантка, Уральский государственный горный университет, Россия, г. Екатеринбург

ИЗМЕНЕНИЯ В ЭКОЛОГИЧЕСКОМ ЗАКОНОДАТЕЛЬСТВЕ РФ В 2025 ГОДУ

Аннотация. Статья анализирует основные изменения в экологическом законодательстве Российской Федерации, вступившие в силу или планируемые к реализации в 2025 году. Особое внимание уделяется новым нормативным актам, регулирующим охрану окружающей среды, управление отходами, сокращение выбросов и стимулирование зелёных технологий. Рассматриваются причины и мотивации реформ, а также их потенциальное влияние на экологическую ситуацию, экономику и социальную сферу страны. Статья также содержит анализ нормативных актов, принятых в 2024-2025 годах, и их соответствие национальным стратегиям достижения экологической безопасности и устойчивого развития.

Ключевые слова: экологическое законодательство, охрана окружающей среды, управление отходами, выбросы, зелёные технологии, нормативные акты, экологическая безопасность, устойчивое развитие.

Введение

Экологическая обстановка в России, как и во всём мире, становится всё более критичной, что требует активных мер со стороны государства. В 2025 году в рамках реализации национальных стратегий по охране окружающей среды и достижения целей устойчивого развития происходят существенные изменения в законодательной базе. Эти изменения отражают современную динамику экологической политики, включают новые регулировки, направленные на снижение экологического следа страны, развитие зелёных технологий и повышение ответственности всех участников экологической деятельности.

Цель данной статьи – проанализировать ключевые нормативные инициативы, принятые или планируемые к принятию в период с 2024 по 2025 год, а также оценить их влияние на систему экологического законодательства РФ.

Основные изменения в законодательной базе РФ в 2025 году

1. Новые стандарты выбросов и требований к промышленным предприятиям

Одним из системообразующих элементов экологической реформы в России стало ужесточение нормативов в области охраны атмосферного воздуха и водных объектов. Ключевые изменения, вступившие в силу в 2024-2025 годах, затронули как критерии установления нормативов, так и процедуру контроля за их соблюдением.

Обновление нормативов качества атмосферного воздуха

Основой для новых стандартов выбросов стало Постановление Правительства РФ от 27.12.2022 № 2503, которым были утверждены Предельно допустимые концентрации (ПДК) загрязняющих веществ в атмосферном воздухе для 177 загрязняющих веществ, а также Ориентировочные безопасные уровни воздействия (ОБУВ) для 10 веществ:

- Сравнение с прошлыми нормативами: для целого ряда высокоопасных веществ ПДК были значительно ужесточены. Например, ПДК диоксида азота (NO_2) снижена более чем в 2 раза, ПДК сероводорода (H_2S) – в 3 раза, ПДК формальдегида – в 2 раза. Это напрямую повлияло на расчет нормативов допустимых выбросов (НДВ) для предприятий, так как именно ПДК являются основой для их определения в соответствии со ст. 22 Федерального закона от 04.05.1999 № 96-ФЗ «Об охране атмосферного воздуха» [4].

- Правовые последствия для предприятий: в соответствии со ст. 14 и 22 Закона № 96-ФЗ, каждое предприятие, имеющее стационарные источники выбросов, обязано разрабатывать и утверждать в уполномоченном органе (Росприроднадзоре) проект НДВ. С ужесточением ПДК пересмотру подлежат все ранее утвержденные нормативы. Предприятия, выбросы которых превышают новые ПДК, обязаны разработать и реализовать План мероприятий по охране окружающей среды (ПМООС), который включает модернизацию

оборудования, внедрение наилучших доступных технологий (НДТ) и строительство новых очистных сооружений.

Внедрение наилучших доступных технологий (НДТ) как основа реформы

Фактическим драйвером технологического перевооружения промышленности является механизм НДТ, законодательно закрепленный Федеральным законом от 21.07.2014 № 219-ФЗ. С 1 января 2025 года вступил в силу очередной этап этого закона, который распространил требования о получении Комплексных экологических разрешений (КЭР) на объекты I категории (оказывающие значительное негативное воздействие на окружающую среду) [1]:

- Справочники НДТ: требования к технологиям определяются на основе информационно-технических справочников по НДТ, утверждаемых Росстандартом. Эти справочники устанавливают не только технологические показатели, но и удельные нормативы выбросов для каждой отрасли. Таким образом, экологическое нормирование переходит от территориальных ПДК к технологически ориентированным нормативам.

- Стимулирующие и принудительные меры: для предприятий, внедривших НДТ, предусмотрены льготы, такие как снижение платы за негативное воздействие вплоть до нуля (ст. 67.1 Закона № 219-ФЗ). В то же время, предприятия, не получившие КЭР или нарушающие его условия, сталкиваются с повышенными коэффициентами платы за НВОС (в 100 раз) и административной ответственностью по ст. 8.5 КоАП РФ.

Ужесточение требований к сбросам в водные объекты

Аналогичные процессы происходят и в сфере водопользования. Постановление Правительства РФ от 13.02.2019 № 143 утвердило новые правила установления Нормативов допустимых сбросов (НДС). Эти правила ужесточили требования к составу и свойствам сточных вод, особенно для объектов, расположенных на водных объектах, имеющих особое рыбохозяйственное значение:

- Привязка к НДТ: при установлении НДС для объектов I категории также применяются технологические нормативы, основанные на справочниках НДТ. Это означает, что предприятия обязаны обеспечивать качество

очищенных стоков, соответствующее передовым технологическим решениям.

- Ответственность за сбросы: за сброс загрязняющих веществ сверх установленных НДС предусмотрена административная ответственность по ст. 8.14 КоАП РФ, а также взимание платы за НВОС с многократно повышающими коэффициентами.

2. Закон о расширенной ответственности производителя (РОП)

С 1 января 2025 года в Российской Федерации вступили в силу кардинальные изменения в механизме расширенной ответственности производителя (импортера) (РОП), закрепленные в Федеральном законе от 24.06.1998 № 89-ФЗ «Об отходах производства и потребления». Эти нововведения направлены на создание полноценной системы экономики замкнутого цикла и переводят РОП из режима формального сбора платежей в действенный инструмент управления отходами.

Суть расширенной ответственности производителя: согласно ст. 24.2 Закона № 89-ФЗ, производители и импортеры товаров несут ответственность за утилизацию отходов от использования этих товаров. Это означает, что компания должна обеспечить выполнение нормативов утилизации, которые устанавливаются Распоряжениями Правительства РФ (например, Распоряжение Правительства РФ от 24.09.2021 № 2616-р на период до 2027 года).

3. Стимулирование зелёных технологий и экологических инвестиций

В 2024-2025 годах политика Российской Федерации в области экологического развития делает значительный акцент на создании комплексной системы экономического стимулирования, направленной на ускоренный переход промышленности на «зелёные» рельсы. Эта система реализуется через ряд взаимосвязанных механизмов, закрепленных в основном в Федеральном законе от 21.07.2014 № 219-ФЗ «О внесении изменений в Федеральный закон «Об охране окружающей среды» и отдельные законодательные акты Российской Федерации».

Прямое финансовое и налоговое стимулирование для предприятий, внедряющих НДТ

Ключевым инструментом являются меры, призванные компенсировать бизнесу высокие первоначальные затраты на экологическую модернизацию:

- Снижение платы за негативное воздействие на окружающую среду (НВОС): в соответствии со ст. 67.1 Федерального закона от 10.01.2002 № 7-ФЗ «Об охране окружающей среды», юридические лица и индивидуальные предприниматели, осуществляющие хозяйственную деятельность на объектах I категории (оказывающих значительное НВОС) и внедрившие НДТ, имеют право на применение коэффициента 0 к ставке платы за НВОС. Условие: это право возникает с момента получения Комплексного экологического разрешения (КЭР) и действует в течение срока его действия (7 лет). Данная мера является мощным финансовым стимулом, напрямую сокращающим издержки предприятий, прошедших технологическое перевооружение.

- Ускоренная амортизация: статья 67.2 Закона № 7-ФЗ предусматривает право предприятий, внедряющих НДТ, применять повышающий коэффициент к основной норме амортизации в размере 2 (то есть, амортизация в два раза быстрее) в отношении основных средств, относящихся к НДТ. Это позволяет быстрее списать затраты на модернизацию на себестоимость продукции и снизить налог на прибыль [2].

- Региональные налоговые льготы: в соответствии с Налоговым кодексом РФ (п. 3 ст. 372, п. 3 ст. 380), субъекты Российской Федерации имеют право устанавливать льготы по налогу на имущество организаций. Многие регионы активно используют эту возможность, предоставляя освобождение от уплаты налога на имущество в отношении вновь вводимых объектов, имеющих наивысший класс энергетической эффективности или относящихся к НДТ. Конкретные условия и перечни имущества утверждаются законами соответствующих субъектов РФ.

Субсидии и целевое финансирование

Государство предоставляет прямую финансовую поддержку для реализации экологических проектов:

- Федеральный проект «Внедрение наилучших доступных технологий»: в рамках национального проекта «Экология» действует федеральный проект, предусматривающий предоставление субсидий на возмещение части затрат на уплату процентов по кредитам, полученным в российских кредитных организациях на реализацию проектов внедрения НДТ.

Правовые основы и порядок предоставления таких субсидий определяются Постановлениями Правительства РФ.

- Государственная программа «Охрана окружающей среды»: данная программа, утвержденная Правительством РФ, консолидирует финансирование различных экологических инициатив, включая поддержку создания и развития эко-технопарков и экологических кластеров. Эти структуры предназначены для кооперации предприятий, научно-исследовательских институтов и стартапов в сфере «зелёных» технологий, предоставляя им инфраструктурные и консультационные ресурсы.

4. Совершенствование законодательства о мониторинге экологических рисков и контроле

В 2024-2025 годах в Российской Федерации происходит кардинальное усиление системы экологического контроля, основанное на принципах автоматизации, прозрачности и профилактики. Новые законодательные инициативы направлены на создание комплексной системы мониторинга, которая не только фиксирует нарушения, но и позволяет их прогнозировать и предотвращать.

Внедрение автоматизированного мониторинга на объектах I категории

Ключевым нововведением, которое стало обязательным для широкого круга предприятий, является оснащение стационарных источников выбросов и сбросов системами автоматического контроля (АК):

- Правовая основа: требование об оснащении источника выбросов вредных (загрязняющих) веществ приборами АК прямо закреплено в п. 9 ст. 67 Федерального закона от 10.01.2002 № 7-ФЗ «Об охране окружающей среды». Более детально порядок и сроки оснащения регламентированы Постановлением Правительства РФ от 30.07.2021 № 1298.

- Суть требования: предприятия, относящиеся к объектам I категории (оказывающим значительное негативное воздействие на окружающую среду), обязаны обеспечить непрерывный автоматический контроль объемов и/или массовых концентраций загрязняющих веществ в выбросах и сбросах. Данные с этих приборов в автоматическом режиме передаются в Единую государственную систему экологического мониторинга (ЕГСЭМ).

- **Правовые последствия:** информация, полученная с помощью АК, является официальным доказательством и используется для: расчета платы за негативное воздействие на окружающую среду (НВОС); подтверждения соблюдения нормативов, установленных в Комплексном экологическом разрешении (КЭР); привлечения к административной ответственности за превышение нормативов (по ст. 8.5¹ КоАП РФ). Фактически, система создает режим практически непрерывного надзора, исключающий возможность сокрытия реальных объемов загрязнения.

Обязательный экологический аудит и производственный контроль

Параллельно с автоматизацией усиливаются требования к внутренним системам контроля на предприятиях:

- **Производственный экологический контроль (ПЭК):** в соответствии со ст. 67 Закона № 7-ФЗ, каждое предприятие, обязано разрабатывать и утверждать Программу производственного экологического контроля (ПЭК). С 2024 года требования к содержанию Программы ПЭК ужесточены. Она должна включать не только планы-графики контроля, но и перечень конкретных мероприятий по снижению воздействия, ответственных лиц и порядков действий при превышении нормативов. Программа и результаты ПЭК являются предметом проверки со стороны Росприроднадзора.

- **Экологический аудит:** важно различать обязательный и инициативный аудит. В настоящее время в РФ не введен всеобщий обязательный экологический аудит по аналогии с финансовым. Однако Федеральный закон от 10.01.2002 № 7-ФЗ (ст. 1) дает определение экологического аудита как независимой оценки соответствия деятельности субъекта нормам законодательства. Инициативный аудит: проводится добровольно для оценки рисков, подготовки к проверкам, получения кредитов или в рамках системы экологического менеджмента (например, по международному стандарту ISO 14001). Его результаты могут быть учтены органами надзора как доказательство добросовестности предприятия.

Экологическая стратегия РФ на 2025 год

Планирование правовых изменений осуществляется в рамках стратегии по реализации целей устойчивого развития (ЦУР). Эти меры направлены на сокращение экологического следа страны, повышение уровня экологической ответственности и обеспечение формирующихся экологических стандартов.

Ожидаемые результаты

- Снижение уровня загрязнения воздуха и воды.
- Увеличение переработки отходов.
- Внедрение зелёных технологий в промышленность и энергетику.
- Повышение экологической ответственности бизнеса и граждан.
- Улучшение состояния биоразнообразия и природных ресурсов.

Заключение

Изменения в экологическом законодательстве РФ в 2025 году отражают стремление к более устойчивому развитию, снижению негативных воздействий на окружающую среду и переходу к инновационным, экологически безопасным решениям. Эти меры требуют синхронных усилий государства, бизнеса и общества, а их успешная реализация поможет реализовать стратегические цели по обеспечению экологической безопасности и гармоничному развитию страны.

Литература

1. «Кодекс Российской Федерации об административных правонарушениях» от 30.12.2001 № 195-ФЗ.
2. Федеральный закон «Об охране окружающей среды» № 7-ФЗ.
3. Постановление Правительства РФ № 1234 «Об утверждении правил по управлению отходами».
4. Федеральный закон «Об охране атмосферного воздуха» № 96-ФЗ.
5. Федеральный закон «О внесении изменений в Федеральный закон «Об охране окружающей среды» и отдельные законодательные акты Российской Федерации» от 21.07.2014 № 219-ФЗ.

MOROZOVA Ulyana Vladimirovna

Graduate Student, Ural State Mining University, Russia, Yekaterinburg

CHANGES IN THE ENVIRONMENTAL LEGISLATION OF THE RUSSIAN FEDERATION IN 2025

Abstract. *The article analyzes the main changes in the environmental legislation of the Russian Federation that have entered into force or are planned to be implemented in 2025. Special attention is paid to new regulations regulating environmental protection, waste management, emission reduction and promotion of green technologies. The reasons and motivations of the reforms are considered, as well as their potential impact on the environmental situation, the economy and the social sphere of the country. The article also contains an analysis of the regulations adopted in 2024-2025 and their compliance with national strategies for achieving environmental safety and sustainable development.*

Keywords: *environmental legislation, environmental protection, waste management, emissions, green technologies, regulations, environmental safety, sustainable development.*

МЕДИЦИНА, ФАРМАЦИЯ

МАТВЕЕВА Варвара Евгеньевна

студентка, Самарский государственный медицинский университет, Россия, г. Самара

МОЛЧАНОВА Дарья Сергеевна

студентка, Самарский государственный медицинский университет, Россия, г. Самара

СПИРКИНА Полина Юрьевна

студентка, Самарский государственный медицинский университет, Россия, г. Самара

ЗЕМЛЯНСКИХ Алина Александровна

студентка, Самарский государственный медицинский университет, Россия, г. Самара

МАРЬИНА Екатерина Александровна

студентка, Самарский государственный медицинский университет, Россия, г. Самара

*Научный руководитель – доцент Самарского государственного медицинского университета,
кандидат экономических наук Мухаметзянова Лилия Халиловна*

БИОПСИХОСОЦИАЛЬНАЯ МОДЕЛЬ ПОСЛЕРОДОВОЙ ДЕПРЕССИИ: ОТ ПРИЧИН К ЛЕЧЕНИЮ

Аннотация. Статья посвящена комплексному анализу проблемы послеродовой депрессии через призму биопсихосоциальной модели. Рассматривается этиология послеродовой депрессии как многофакторного расстройства, возникающего в результате динамического взаимодействия биологической предрасположенности (нейроэндокринная перестройка, генетические факторы), психологических особенностей личности (тревожность, перфекционизм) и критического влияния социально-средовых условий.

Ключевые слова: биопсихосоциальная модель, послеродовая депрессия, акушерство, методы исследования, социальные факторы, перинатальная психиатрия, факторы риска, диагностика, лечение, эффективность терапии.

Введение

Послеродовая депрессия – психологическое состояние, которое может возникать у женщин после рождения ребёнка. Характеризуется длительным чувством грусти, апатии, усталости и потери интереса к жизни, включая уход за новорождённым. Это состояние обычно является результатом сочетания нескольких факторов, включая биологические, психологические и социальные аспекты.

Объект исследования: Женщины в перинатальном и послеродовом периоде (беременность – первые 12 месяцев после родов), группы риска по послеродовой депрессии и

клинически депрессивные пациентки в послеродовом периоде.

Цель исследования: Предложить клинически ориентированную, целостную схему для медицинских специалистов, позволяющую не только глубже понять механизмы развития и причины послеродовой депрессии, но и разрабатывать эффективное, персонализированное лечение пациенток.

Материалы, результаты и обсуждения

Теории послеродовой депрессии:

- Полиэтиологическая теория. Согласно ей, эмоциональное расстройство формируется при сочетанном воздействии трёх факторов: наследственности, специфических

физиологических изменений и психосоциальных особенностей. Большинство женщин, страдающих послеродовой депрессией, имеют наследственную предрасположенность к депрессивным расстройствам.

- Физиологическая теория. Согласно ей, после родов в организме женщины происходят изменения, влияющие на выработку женских половых гормонов – эстрогена и прогестерона. Дефицит этих гормонов оказывает сильное воздействие на нервную систему и влияет на психическое и эмоциональное состояние женщины.

- Психологическая теория. Чаще всего к послеродовой депрессии приводят психологические стрессы у молодых мам, родивших впервые.

Различные аспекты послеродовой депрессии:

1. Биологические аспекты:

- Изменения в гормональном фоне. После рождения ребёнка происходит резкое снижение выработки эстрогена и прогестерона, усиление синтеза пролактина. Это может влиять на настроение и способствовать развитию депрессии.

- Физические изменения после родов. Усталость, изменение веса, проблемы со сном – могут усугублять депрессивные состояния.

- Наследственность. Особенности нервной системы, которые определяют способность организма адаптироваться к физическому и психологическому стрессу.

- Склонность к депрессивным эпизодам. Сложности с адаптацией к новым условиям, тревожность – это подвергает женщину риску возникновения депрессии.

2. Психологические аспекты:

- Стресс из-за новой ответственности за уход за ребёнком.

- Беспокойство о своих родительских способностях.

- Переживания из-за изменений в своём теле и самооценке.

- Необработанные эмоции или травмы из прошлого, которые усугубляются после рождения ребёнка.

- Ощущение собственной никчёмности, обвинение себя в неспособности выполнять функции матери.

3. Социальные аспекты:

- Отсутствие поддержки со стороны партнёра, семьи или друзей. Это усиливает чувство одиночества и беспомощности, способствует развитию депрессии.

- Проблемы в отношениях с партнёром, отсутствие эмоциональной близости с ним.

- Отсутствие помощи по уходу за ребёнком – мама остаётся одна с ребёнком 24/7, что негативно сказывается на её психологическом состоянии.

- Культурное давление и ожидания относительно материнства – могут создавать дополнительный стресс.

Симптоматика

Необходимо отметить, что послеродовая депрессия не является проявлением несостоятельности матери или слабости. Это медицинское состояние, вызванное биохимическими и гормональными перестройками в организме женщины после рождения ребенка. Также, важным фактором является близкое окружение и поддержка, которая необходима молодой маме. Болезнь начинает проявляться в разный временной промежуток. Это зависит от возраста роженицы и факторов развития болезни. Выделяют раннее и позднее начало послеродовой депрессии. Раннее начало развивается в течение четырёх недель после родов и обычно наблюдается у первородящих, позднее – на 5–12-й неделе после родов, чаще встречается у возрастных рожениц и молодого возраста. Субъективно женщины переживают чувство собственной никчёмности, обвиняют себя в неспособности выполнять функции матери, в отсутствии привязанности и любви к ребёнку. Им также тяжело осмыслить происходящее, у них снижается самооценка, они чувствуют вину и свою несостоятельность в роли матери. Поэтому мы и акцентируем, что часто заболевание протекает скрыто, и женщина не знает о нём. К общим проявлениям депрессивного расстройства относятся [3, с. 112]:

- Нарушение сна (бессонница либо протынная сонливость);

- Апатия (патологически навязчивые мысли: «Зачем нужно рожать», «Жизнь кончена»);

- Тревожность;

- Недовольство и сомнения в себе и супруге;

- Конфликты в семье;

- Ребёнок не радует, даже его улыбка и смех не приносят положительных эмоций;

- Систематические приступы агрессии по отношению к близким и/или ребёнку;

- Суицидальные мысли, поведение.

Женщины с послеродовой депрессией могут неадекватно расценивать эмоции собственного малыша, например попытки ребёнка пообщаться могут расцениваться как его желание

поест, а крик младенца, связанный с голодом, может казаться просто капризом и лишь вызывать раздражение. При тяжелом течении депрессии возникают мысли о причинении вреда себе и ребенку. Либо могут возникнуть психотические симптомы в виде бреда или галлюцинаций, например, женщина видит опасные для ребёнка предметы, которых на самом деле не существует. Из различных симптомов, преобладающих в поведении женщины, выделяют несколько вариантов послеродовой депрессии:

1. Меланхолическая простая (классическая) – сопровождается общим снижением темпа речи и моторики, жалобами на плохую память, беспомощность при уходе за ребёнком. Отмечается потеря аппетита, изменение вкусовых ощущений и, как следствие, снижение веса. Проявлениями могут быть: повышение артериального давления, тахикардия, спастические запоры. Могут появляться даже суицидальные мысли.

2. Тревожная – проявляется чрезмерной суетливостью и беспокойством о своём здоровье и здоровье ребёнка. Возникают трудности при уходе за ребёнком, так как они постоянно переключаются с одного вида деятельности на другой, не могут дождаться пока младенец выспится или насытиться.

3. Астеническая – определяется гипертонусом мышц, тремором конечностей, приступами тахикардии. Возможно развитие панических приступов, продолжительностью до 60 минут. В такие моменты у пациенток может отмечаться страх смерти.

4. Апатическая – женщины жалеют себя и абсолютно безразличны к ребёнку. Подолгу находятся в постели, не следят за своим внешним видом. Они говорят, что переживают душевную тяжесть.

Методы

В процессе исследования послеродовой депрессии, также выявления её причин и лечения были использованы эпидемиологические, биологические, психологические и социальные методы. Особое внимание уделяется доказательным методам лечения, соответствующим каждому компоненту модели: фармакотерапии, психотерапевтическим интервенциям и социальной поддержке.

Социальный эксперимент

В период с 1 по 15 марта 2024 года был проведён онлайн-опрос, Федаковой Анной Александровной, в котором участвовало 360 женщин в возрасте старше 18 лет, проживающих на территории РФ, имеющих хотя бы одного ребёнка до 1 года. По результатам опроса, 87% женщин столкнулись с послеродовой депрессией. Чаще всего от неё страдают женщины в возрасте 18–23 лет, незамужние или разведённые, с неполным высшим образованием и ниже, работающие с частичной занятостью или безработные, с материальным положением ниже среднего или значительно ниже среднего.

1. Общая распространенность ПРД

Эта круговая диаграмма наглядно показывает масштаб проблемы среди опрошенных.

Распространенность симптомов ПРД (n=360)

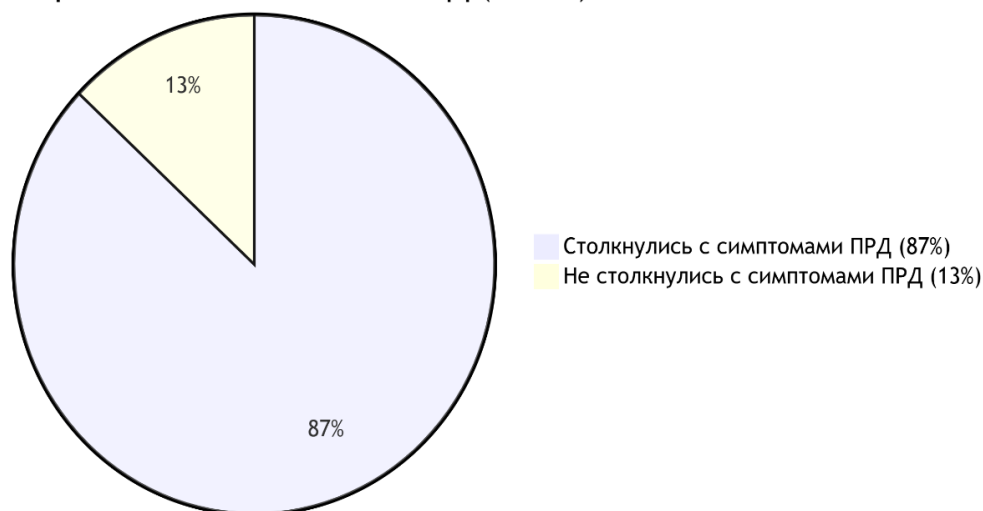


Рис. 1

2. Комплексный профиль риска ПРД

Для более глубокого анализа ниже представлена диаграмма, которая объединяет все ключевые факторы в одном изображении. Она

наглядно показывает, как социально-демографические характеристики создают комплексный профиль женщины, наиболее уязвимой для послеродовой депрессии.



Рис. 2

Выводы из эксперимента

Анализ исследования, проведенного в 2022 году В. А. Якуповой с соавторами, выявило симптомы послеродовой депрессии у 37,4% женщин, а в 2024 году результат опроса показал 87% по России. По результатам метаанализа, обобщенная распространенность послеродовой депрессии в России за период с 2020 по 2024 год повысилась на 43,50%.

Данные графиков указывают на высокую распространенность послеродовой депрессии в России, особенно среди молодых, одиноких, малообразованных, безработных или работающих неполный день женщин с низким материальным положением. Эти результаты подчеркивают острую потребность в целенаправленной психологической и социальной поддержке таких уязвимых групп матерей, а также необходимость изучения и предотвращения послеродовой депрессии в стране.

Вывод

Послеродовая депрессия – это стойкое расстройство настроения, чувство одиночества и печали, которое возникает у женщин после родов. Послеродовая депрессия – это депрессивное психическое расстройство, которое не позволяет матери нормально взаимодействовать с ребенком, что мешает сформировать правильное родительское поведение. Поэтому так важно правильно подобрать лечение и профилактику к данному состоянию. Проанализировав всю вышеизложенную информацию, мы можем предложить следующие меры поддержанию устойчивого состояния матери:

Профилактика послеродовой депрессии (ПРД):

1. Психологическое просвещение: информирование женщин о симптомах ПРД, эмоциональных изменениях после родов и факторах риска.
2. Создание поддержки: формирование поддерживающей среды со стороны партнера, семьи и друзей для снижения уровня стресса.
3. Забота о себе: соблюдение режима здорового сна, питания и умеренная физическая активность для укрепления психического здоровья.
4. Раннее выявление: осознание женщиной своих эмоциональных состояний и своевременное обращение за помощью при появлении тревожных симптомов.

Методы лечения послеродовой депрессии:

1. Психотерапия:
 - Когнитивно-поведенческая терапия для работы с негативными мыслями.
 - Терапия, направленная на адаптацию к новой роли и решение проблем в отношениях.
2. Фармакотерапия:
 - Назначение антидепрессантов, совместимых с грудным вскармливанием, под контролем врача-психиатра.
3. Социальная поддержка:
 - Материальная и продовольственная помощь для уязвимых групп.
 - Развитие доступных услуг: кризисные центры, группы взаимопомощи, психологи.
 - Поддержка партнеров и отцов, обучение медицинских работников.

4. Физиотерапия:

- Методы для стабилизации нервной системы, нормализации сна и общего тонуса.

Подход зависит от тяжести состояния: от консультации психолога (легкая форма) до комбинации психотерапии и медикаментов (средняя) или госпитализации (тяжелая форма).

Литература

1. Психологическая и фармакологическая помощь при послеродовой депрессии и послеродовом ПТСР в России: социоэкономические факторы // Консультативная психология и психотерапия – 2024. Т. 32. № 2.

2. Макарова М.А. Аффективные расстройства послеродового периода – клиническая картина, факторы риска развития, методы

коррекции: автореф. дис. к-та мед. наук: 14.01.06. – М., 2022. – 112 с.

3. Шаманина М.В. Опыт применения Эдинбургской шкалы послеродовой депрессии у российских женщин / М.В. Шаманина, Г.Э. Мазо // Обзор психиатрии и медицинской психологии им. В.М. Бехтерева. – 2015. – № 1. – С. 74-82.

4. Голенков А.В. Распознавание послеродовой депрессии и тактика ведения таких больных / А.В. Голенков, В.П. Мещанинова, А.В. Филоненко // Медицинская сестра. – 2012. – № 4. – С. 42-45.

5. Аргунова И.А. Послеродовая депрессия. На стыке общей врачебной практики, акушерства и психиатрии // Российский семейный врач. – 2010. – № 1. – С. 4-11.

MATVEEVA Varvara Evgenievna

Student, Samara State Medical University, Russia, Samara

MOLCHANOVA Darya Sergeevna

Student, Samara State Medical University, Russia, Samara

SPIRKINA Polina Yurievna

Student, Samara State Medical University, Russia, Samara

ZEMLYANSKIKH Alina Aleksandrovna

Student, Samara State Medical University, Russia, Samara

MARYINA Ekaterina Aleksandrovna

Student, Samara State Medical University, Russia, Samara

*Scientific Advisor – Associate Professor of Samara State Medical University,
Candidate of Economic Sciences Mukhametzyanova Lilia Khalilovna*

**BIOPSYCHOSOCIAL MODEL OF POSTPARTUM DEPRESSION:
FROM CAUSES TO TREATMENT**

Abstract. The article is devoted to a comprehensive analysis of the problem of postpartum depression through the prism of a biopsychosocial model. The etiology of postpartum depression is considered as a multifactorial disorder resulting from the dynamic interaction of biological predisposition (neuroendocrine restructuring, genetic factors), psychological personality traits (anxiety, perfectionism) and the critical influence of socio-environmental conditions.

Keywords: biopsychosocial model, postpartum depression, obstetrics, research methods, social factors, perinatal psychiatry, risk factors, diagnosis, treatment, therapy effectiveness.

КУЛЬТУРОЛОГИЯ, ИСКУССТВОВЕДЕНИЕ, ДИЗАЙН

СОЛОВЕЙ Яромир Викторович

ученик 4 класса,

Школа № 148 имени Героя Советского Союза В. П. Михалёва,
Россия, г. Самара

*Научный руководитель – старший педагог Дома научной коллаборации,
кандидат технических наук, доцент Морозова Елена Александровна*

ТЫСЯЧЕЛЕТНЯЯ ИСТОРИЯ РАЗВИТИЯ ДЕНЕГ В РОССИИ

Аннотация. В статье представлены интересные факты о деньгах (необычной форме, материале, стоимости), применяемых в мире. Особое внимание уделяется эволюции развития денег на Руси. Практическая часть посвящена исследованиям основных металлов и сплавов, используемых при производстве медных монет в настоящее время в России.

Ключевые слова: деньги, форма, размер денежных купюр, дирхамы, денга, углеродистая сталь, медные сплавы, латунь, нейзильбер, мельхиор, магнит.

Начать статью хотелось бы с изречения всемирно известного публициста Януша Васьковича «**Я знаю, нельзя иметь всего сразу, поэтому я начну с малого – с денег**».

Деньги необходимы человеку в современной жизни, так как они служат для удовлетворения базовых потребностей: оплата жилья, продуктов, одежды, обуви. Кроме того, без денег невозможно заплатить за развлечения, компьютерные игры, новые гаджеты, путешествия.

Первые деньги появились примерно в VII веке до нашей эры. Несмотря на то, что процесс

был всё ещё похож на простой обмен, начали выделяться определённые средства, в зависимости от региона. Например, крупный рогатый скот – овцы, коровы, лошади, иногда шкуры редких зверей, в ряде стран использовали жемчужины, ценные продукты (рис, соль, рыбу, какао-бобы). Особенно известными и практичными были небольшие по размеру, удобные в транспортировке и использовании ракушки каури (рис. 1). Они были очень популярны в Китае, Посурье, Индии, Африке и на островах Тихого океана.



Рис. 1. Ракушки каури – первые платежные средства среди жителей ряда стран

Однако, ракушки существовали только на ограниченной территории земного шара, а таскать с собой охапки звериных шуб или килограммы жемчуга было не очень удобно, и человек придумал отливать металлические монеты. Впервые монеты отчеканили в Древней Лидии (на территории современной Турции) в VII в. до н. э. Они быстро распространились по всему миру, так как имели высокую стоимость при небольшом весе и объеме. Кроме того, их можно было удобно транспортировать, хранить, объединять, дробить. Но особое место в истории развития денег занимает 1280 год – переломный момент, когда в Китае во время правления династии Юань впервые изобрели бумагу и начали применять бумажные банкноты. Сейчас в мире существует примерно 170 валют.

В статье я хотел бы поделиться некоторыми интересными фактами, касающихся развития денег.

Самый оригинальный материал для денег:

- применение кусочков костей мамонта (коллекционные монеты были изготовлены в Африке ограниченным тиражом),
- использование красного фарфора (он применялся в Саксонии примерно 100 лет назад) (рис. 2),
- тюленья кожа весьма широко применялась в России, например, на Аляске в 19 веке,
- древесные монеты выпускались в начале 20 века из-за нехватки традиционного материала для изготовления денег в Канадском городе Мус-Джо),
- пластик широко используется для изготовления денег, например, во Вьетнаме, Австралии и в настоящее время.



Рис. 2. Монеты из красного фарфора

Монеты необычной формы и размера:

В разное время изготавливались монеты необычной формы. Например, в Сомали

изготавливают монеты разнообразной геометрической формы, в виде мотоциклов и гитар (рис. 3).



Рис. 3. Геометрические монеты, монеты гитары и монеты мотоциклы Сомали

Китайская чеканка монет развивалась независимо от западной, поэтому имеет много особенностей. В документах есть упоминания о необычных формах первых китайских монет: монеты-ножи, лопатки, мотыги, пластины.

Причем тогда же появились и первые памятные монеты: большие монеты-ножи длиной до 18 см (рис. 4) выпускались в честь воцарения нового вана (позднее - хуан-ди)



Рис. 4. Китайские монеты-ножи длиной 18 см

Деньги с «дыркой» достаточно долго были в обращении в Республике Конго в конце прошлого века (рис. 5). Это было связано с тем, что в 1997 году в Республике был свергнут режим диктатора Джозефа Мобуту. После этого его

изображение с банкнот просто решили вырезать. Таким образом, новые деньги были с дыркой на месте лица Мобуту. Также деньги с «дыркой» использовались в Китае и Японии.



Рис. 5. Монета Бельгийское Конго 1927 г.

Необычные решения в формообразовании денег не теряют актуальности и сейчас. Пример тому современные паззлы Либерии из серебра и золота на евангельские сюжеты, выпускаемые с 2004 г. (рис. 6). Они представляют собой

монеты из 13 частей, собранных в виде паззла. Каждая часть имеет свой номинал. Позднее подобные монеты были выпущены в Ниуэ, Сингапуре.



Рис. 6. Монеты паззлы Либерии

Самая тяжелая и крупная монета весом более 1,5 кг и размером 19 на 19 см чеканилась из меди в царской России при Екатерине I.

Самая крупная в мире банкнота общего пользования – 10000 франков Бурунди 40х28.8 см, выпущенная к 50-летию «Конвенции о

международной торговле видами дикой фауны и флоры, находящимися под угрозой исчезновения» (рис. 7). А самая маленькая монета – индийский серебряный четвертак весом меньше 2 грамм.



Рис. 7. Банкнота Бурунди; индийский четвертак

Познавательные факты о деньгах:

- Известно, что одна банкнота проходит в среднем через 30–50 тыс. человек. На бумажных и металлических деньгах накапливается огромное количество бактерий! Пластиковые деньги содержат меньше бактерий.

- В разных городах России можно встретить и памятники монетам. Например, в столице в парке 850-летия Москвы есть памятник, посвященный пяти копейкам, который называется «Счастливый пятак» (рис. 8).

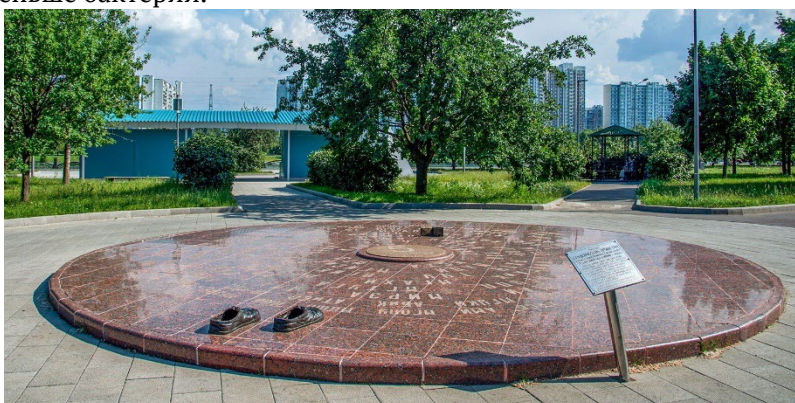


Рис. 8. Памятник, посвященный пяти копейкам в парке 850-летия Москвы

- Самая маленькая купюра в мире – 0,01 венесуэльских боливаров. Эта купюра используется только в качестве коллекционного предмета из-за своей низкой покупательной способности.

- Самая дорогая монета была продана за \$10 миллионов. Знаменитая серебряная монета 1794 года – «Доллар с распущенными волосами» – стала самой дорогой монетой, когда была продана на аукционе (рис. 9).



Рис. 9. Доллар с распущенными волосами

- В США больше фальшивых 20-долларовых купюр, чем любой другой валюты. Эта купюра самая подделываемая из всех долларов.

- Криптовалюты, такие как биткойн, не имеют физического эквивалента. Это полностью цифровые деньги, не обеспеченные никакими активами. На сегодняшний день биткойн является самой известной криптовалютой, он был создан в 2009 году человеком

- Бумажные купюры никогда не производятся из настоящей бумаги. В их составе всегда есть льняное и хлопковое волокно для долговечности использования готового изделия.

- Более половины всех транзакций в мире безналичные.

- Фальшивомонетчики были одними из первых преступников. Подделка монет существовала уже в Древнем Риме.

- Виртуальные игры создают собственные валюты. Некоторые видеоигры имеют цифровые деньги, которые можно обменять на реальные товары.

- Очень долго стоимость монет напрямую зависела от количества содержащегося в них металла. Из-за этого мошенники срезали с краёв небольшие кусочки металла, чтобы использовать их для чеканки новых монет. Исаак Ньютон предложил сделать на краях монет мелкие надрезы, благодаря которым стёртые края сразу становились заметными. Такую обработку края монет называют «грут» и до сих пор продолжают применять.

Самые дорогие монеты:

В современной России в 2010 году была выпущена самая большая монета из чистого золота весом 5 кг и номиналом 50 тыс. рублей. На

данный момент в мире всего 50 таких монет стоимостью более 19 миллионов рублей.

В 1825 году в России умирает император Александр I. На престол должен был взойти его брат Константин. До начала коронации было выпущено несколько экземпляров рубля с изображением очевидного преемника. Однако Константин чуть позднее отрекся от престола. Сохранившийся редчайший рубль с изображением Константина 20 лет назад был продан за 550 тыс. долларов.

Даже самые распространённые монеты номиналом 1, 2 и 5 рублей могут стоить более двухсот тысяч, если они относятся к редкому тиражу. Например, 5 рублей и 5 копеек 1999 года Санкт-Петербургского монетного двора могут стоить более 300 тысяч рублей.

Автора статьи волнует тема эволюции российских денег. В Русском государстве долго не было своих монетных дворов, поэтому использовались монеты, изготовленные в других странах. Прежде всего, это куфические серебряные монеты (дирхамы), которые в больших количествах завозились мусульманскими купцами с Ближнего Востока и из Средней Азии. К сожалению, проблема фальсификации денег вставала даже в те древние времена. Так, в кладах куфических монет IX века, найденных на территории Древней Руси, обнаруживаются фальшивые дирхамы, изготовленные из недорогих металлов и только покрытые серебром или другим металлом серебристого цвета. Для выявления обмана монеты гнули, царапали и пробовали на зуб (под покрытием поддельного дирхама обнаруживалось недорогое ядро) (рис. 10).



Рис. 10. Половина фальшивого дирхама. Воспроизводит монету аббасидского халифа Харуна ар-Рашида, чеканенную в 802–805 годах. Изготовлен из недорогоценного металла, плакированного (покрытого) серебристым металлом

Во времена, когда в России ещё не было найдено серебро, а необходимость в собственных монетах уже была актуальна, в ходу были особые монеты – чешуйки (рис. 11). Они делались из привезённых серебряных монет,

которые переплавляли в проволоку, нарезали её и плющили. Получавшиеся изделия были похожи на рыбью чешую, откуда и пошло название «чешуйки». На них не было номинала, их ценность исчислялась весом и размером.



Рис. 11. Чешуйки

Выпуск первых русских монет, получивших названия златников и сребреников, был осуществлен при князе киевском Владимире Святославиче (Владимире Великом) в X веке [1]. На лицевой стороне монет первого выпуска был

изображен князь с поясняющей надписью: «Владимир на столе», или «Владимир, а се его злато», или «Владимир, а се его сребро» (рис. 12).



Рис. 12. Аверс и реверс златника Владимира Святославича. 980–1015 годы

С середины XIV века в русских землях, соседствовавших с золотоордынскими владениями, стали использоваться серебряные монеты Золотой Орды, называвшиеся дангами. Отсюда происходит и название русских монет – денга (или деньга), упоминания о которых встречаются в письменных источниках с 1380-х годов.



Рис. 13. Денга Дмитрия Донского. Конец XIV века

В период 1535–1538 годов указом великого князя Ивана Васильевича (Ивана Грозного) и его матери, великой княгини Елены Глинской, запрещалось обращение поддельных, низкопробных и обрезанных серебряных монет, выпущенных в различных русских городах в предыдущие правления. Началась централизованная чеканка новых монет – копеек, имевших на лицевой стороне изображение великого князя на коне с копьем в руке (отсюда и соответственно, название – копейка). Новые монеты выпускались на государственных денежных дворах в Москве, Новгороде, Пскове и Твери. Монеты чеканились по весовой норме: копейки – 0,68 грамма; денги – 0,34 грамма; полушки – 0,17 грамма. Рубль являлся счетно-весовым понятием и содержал сто копеек. Для мелкого розничного обращения чеканились медные монеты – пулы [2].

Весомую роль в истории развития Российского государства сыграла денежная реформа Петра I. Основной причиной которой была потребность в деньгах для ведения Северной войны 1700–1721 годов. В России происходит постепенный переход от ручной чеканки монет к машинной. В обращение вводятся новые

Постепенно, во многих княжествах начинается чеканка именных монет. Так, в Московском княжестве в 1374–1380 годах производится чеканка первых именных денег великого князя Дмитрия Ивановича (Дмитрия Донского) с поясным изображением человека с саблей и топором или петуха на лицевой стороне (рис. 13) [1].

монеты круглой формы, отчеканенные из меди, серебра и золота, появляются новые монетные номиналы. В меди выпускаются копейки, денги, полушки, позднее – пятаки. В серебре чеканятся рубли, полтины, полуполтинники, гривны (гривенники), десять денег (пять копеек), алтыны (алтынники) и копейки машинной чеканки. В золоте – червонцы и двойные червонцы, а несколько позднее – двухрублевники [2].

Первые бумажные деньги появились в Российской империи только при Екатерине II, когда по Манифесту 29 декабря 1768 года для замены ассигнаций учреждался специальный банк с отделениями в Санкт-Петербурге и Москве. Ассигнации должны были заменить тяжелую медную монету и, следовательно, облегчить перевозку денег. Печатание бумажных денег производилось в Особой экспедиции при Сенате. Ассигнации выпускались четырьмя номиналами – 100, 75, 50 и 25 рублей (рис. 14). Однако очень быстро умельцы научились переделывать 25-рублевые ассигнации в 75-рублевые, и от печатания последних пришлось отказаться, а выпущенные в обращение экземпляры изъять.

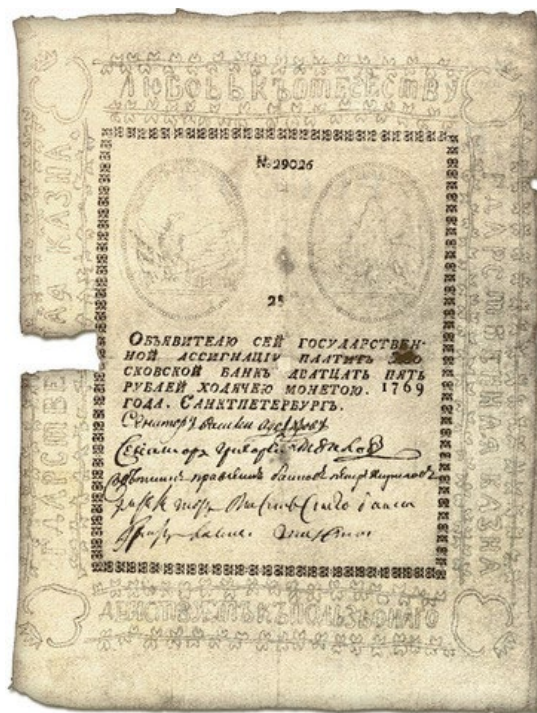


Рис. 14. 25 ассигнационных рублей

Следует отметить, что к первой половине XIX века в целом сложилась современная финансовая система России. Ее венцом стало создание в 1860 году Александром II Государственного банка – крупнейшего кредитного учреждения страны.

Сейчас в России существует 2 монетных двора: Московский и Санкт-Петербургский. За редким исключением на современных монетах Банка России имеются обозначения монетных дворов (сокращенно - МД). На монетах 1,2,5,10 и 25 рублей такие знаки представлены буквами СПМД (товарный знак Санкт-Петербургского монетного двора) или ММД (товарный знак Московского монетного двора).

Основные глобальные изменения в применении металлов и сплавов, идущих на изготовление современных металлических денег, произошли в 2009 году, а с 2018 года в России вообще прекращен выпуск монет из цветных металлов и сплавов. Это обусловлено высокой стоимостью исходного материала. Так, себестоимость **1 рубля составляла 57,9 копейки, 2-х рублей – 90,8 копеек, 5 рублей – 3 рубля 78 копеек.**

В настоящее время в основном все монеты биметаллические, т.е. используется как минимум 2 вида металла при их изготовлении. Применяется сравнительно дешевая углеродистая сталь (сплав железа с небольшим количеством углерода) + плакировка (нанесение тонкого слоя другого металла или сплава).

Основные металлы и сплавы, применяемые при изготовлении металлических денег в России

Монета номиналом 10 рублей. Стандартные 10 рублевые монеты с двуглавым орлом, сменившие бумажные деньги, выпускаются в нашей стране с 2009 года. Они имеют ярко желтую окраску – изготавливаются из углеродистой стали с латунным покрытием (сплав меди и цинка). Для них характерны магнитные свойства.

Двухцветные юбилейные монеты номиналом 10 рублей. С 2000 до 2016 года изготавливались из латуни и вставка – из мельхиора (сплав меди и никеля). Немагнитны. С 2017 года перешли на выпуск более дешевых монет из стали с никелевым и латунным покрытием. Магнитны. При этом внешне монеты разных годов выпуска не отличаются (рис. 15).



*Рис. 15. Автор статьи проводит эксперимент с юбилейными монетами номиналом 10 рублей.
Монета 2005 года выпуска, не притягивается к магниту (а),
а монета 2019 года удерживается магнитом (б)*

Монета номиналом 5 рублей. При производстве 5-рублевых монет с 1997 г по 2009 г. использовалась медь с мельхиоровым покрытием – сплав, не обладающий магнитными

свойствами, а с 2009 года по настоящее время – сталь с никелевым покрытием. Что и доказывает автор, проведя эксперимент с магнитом (рис. 16).



*Рис. 16. Автор статьи проводит эксперимент с монетами номиналом 5 рублей.
Монеты 1997 года выпуска изготовлены из меди с мельхиоровым покрытием (а),
монеты 2024 года – из стали с никелевым покрытием – притягиваются к магниту (б)*

Монеты номиналом 1, 2 рубля. При производстве одно- и двухрублевых монет с 1997 по 2009 год применялся более дешевый медный сплав – нейзильбер (сплав меди, никеля и цинка). С 2009 года по настоящее время так же,

как и для пятирублевых монет используется сталь с никелевым покрытием.

Копеечные монеты номиналом 50, 10, 5 и 1 копейка с 2018 года в России не выпускаются. Можно дать совет, сохранить оставшиеся в

кошельках деньги на память для наших потомков и на радость нумизматам.

Таким образом, в статье мы рассмотрели эволюцию российских денег и проанализировали основные металлы и сплавы, применяемые в настоящее время для изготовления металлических монет в России.

Закончить статью хотелось бы афоризмом американской писательницы Айн Ренд «Деньги – это всего лишь инструмент. Они доставят вас куда угодно, но не заменят вас как водителя».

Авторский коллектив. Автором данной статьи является учащийся 4 класса, занимающийся в созданном на базе Самарского государственного технического университета Доме научной коллаборации имени академика

Семенова Н. Н. по программе «Драгоценные металлы и минералы». Исследования, представленные в работе, были проведены автором статьи на кафедре «Материаловедения, порошковой металлургии и наноматериалов» под руководством руководителя программы к.т.н., доцента, заслуженного работника науки и техники, профессора РАЕ Морозовой Е. А.

Литература

1. Бауер Н.П. История древнерусских денежных систем. IX век – 1535 год. М., 201.
2. Мельникова А.С. Русские монеты от Ивана Грозного до Петра Первого (история русской денежной системы с 1533 по 1682 год). М., 1989.

SOLOVEY Yaromir Viktorovich

4th Grade Student, Hero of the Soviet Union V. P. Mikhalev School No. 148, Russia, Samara

*Scientific Advisor – Senior teacher of the Scientific Collaboration House,
Candidate of Technical Sciences, Associate Professor Morozova Elena Aleksandrovna*

A THOUSAND-YEAR HISTORY OF MONEY DEVELOPMENT IN RUSSIA

Abstract. The article presents interesting facts about money (unusual shape, material, value) used in the world. Special attention is paid to the evolution of the development of money in Russia. The practical part is devoted to the research of the main metals and alloys used in the production of copper coins currently in Russia.

Keywords: money, shape, size of banknotes, dirhams, denga, carbon steel, copper alloys, brass, nickel silver, melchior, magnet.

Актуальные исследования

Международный научный журнал

2025 • № 45 (280)

Часть I

ISSN 2713-1513

Подготовка оригинал-макета: Орлова М.Г.

Подготовка обложки: Ткачева Е.П.

Учредитель и издатель: ООО «Агентство перспективных научных исследований»

Адрес редакции: 308000, г. Белгород, пр-т Б. Хмельницкого, 135

Email: info@apni.ru

Сайт: <https://apni.ru/>

Отпечатано в ООО «ЭПИЦЕНТР».

Номер подписан в печать 18.11.2025 г. Формат 60×90/8. Тираж 500 экз. Цена свободная.

308010, г. Белгород, пр-т Б. Хмельницкого, 135, офис 40