

МОЛОДОЙ УЧЁНЫЙ

ISSN 2072-0297

МЕЖДУНАРОДНЫЙ НАУЧНЫЙ ЖУРНАЛ



19 2025
ЧАСТЬ I

16+

Молодой ученый

Международный научный журнал

№ 19 (570) / 2025

Издается с декабря 2008 г.

Выходит еженедельно

Главный редактор: Ахметов Ильдар Геннадьевич, кандидат технических наук

Редакционная коллегия:

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

Международный редакционный совет:

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

На обложке изображена *Фабиола Джанотти* (1960), итальянский ядерный физик.

Фабиола Джанотти родилась в 1960 году в Риме и довольно рано начала увлекаться наукой, хотя изначально предпочитала музыку. Она получила профессиональное музыкальное образование по классу фортепиано в Миланской консерватории и почти сделала карьеру в искусстве, прежде чем переключиться на точные науки. Джанотти изучала физику в Миланском университете, где получила докторскую степень по экспериментальной физике элементарных частиц. Большое любопытство к фундаментальной структуре Вселенной привело ее в Европейский центр ядерных исследований (CERN — от фр. Conseil Européen pour la Recherche Nucléaire), где она начала работать физиком-исследователем вскоре после окончания учебы.

В 2012 году Фабиола Джанотти возглавила команду эксперимента ATLAS, одного из двух основных проектов на Большом адронном коллайдере (БАК). Эта команда неустанно работала над подтверждением существования неуловимого бозона Хиггса — частицы, предсказанной Стандартной моделью физики элементарных частиц. Бозон Хиггса, теория о котором была выдвинута в 1960-х годах физиком Питером Хиггсом и другими учеными, имеет решающее значение для объяснения того, как частицы приобретают массу, — фундаментального вопроса в понимании Вселенной.

Четвертого июля 2012 года было объявлено об открытии бозона Хиггса — это прорыв, который закрепил место Джанотти в истории науки. Это грандиозное достижение привлекло внимание всего мира и привело к присуждению Нобелевской премии по физике в 2013 году Питеру Хиггсу и Франсуа Энглеру, чьи теории предсказывали существование этой частицы.

В 2016 году Джанотти стала генеральным директором Европейского центра ядерных исследований и первой женщиной, которая заняла эту должность за 60-летнюю историю организации. Ее руководство ознаменовало сдвиг в традиционно мужской сфере, вдохновив многих женщин на карьеру в науке и технологиях. В 2020 году Джанотти была назначена на эту должность повторно, что еще больше укрепило ее влияние и видение будущего CERN.

Под ее крылом CERN продолжил изучение фундаментальных вопросов физики элементарных частиц. Фабиола Джанотти сыграла важную роль в расширении исследовательских

возможностей Большого адронного коллайдера и запуске инициатив по повышению энергоэффективности исследований с использованием высоких энергий. За время ее пребывания в должности CERN расширил сотрудничество с организациями по всему миру, сделав шаг к более инклюзивному глобальному научному сообществу.

Успех Джанотти вышел далеко за пределы физики, поскольку она стала символом прогресса для женщин в науке. Говоря о трудностях, с которыми она столкнулась, Джанотти однажды заметила: «Женщинам приходится работать усерднее и быть сильнее, чтобы достичь такого же уровня признания». Она надеется, что благодаря ее достижениям будущим поколениям будет проще преодолевать подобные трудности.

Ее влияние распространяется на академическую и общественную сферы, где она призвала правительства, организации и образовательные учреждения создавать условия, расширяющие возможности женщин в науке. Продвигая инклюзивную политику в CERN, она работала над тем, чтобы научные исследования стали более доступными и менее зависимыми от традиционной иерархии.

В настоящее время разрабатывается проект потенциального преемника Большого адронного коллайдера — кольцевого коллайдера, предназначенного для изучения частиц на беспрецедентных уровнях энергии. Под руководством Джанотти CERN сбалансировал амбициозные исследования с учетом экологических факторов, работая над созданием энергоэффективных решений для физики элементарных частиц. Также учитывалась важность международного сотрудничества, особенно в области, где научные достижения во многом зависят от различных точек зрения и общих ресурсов. В проектах CERN участвуют тысячи ученых из более чем ста стран, и Джанотти выступала за открытый, кооперативный подход, чтобы CERN оставался маяком глобального научного единства.

За свою карьеру Джанотти получила множество наград, в том числе орден Почетного легиона во Франции и членство в престижных научных организациях, таких как Национальная академия наук США и Королевское общество Лондона.

*Информацию собрала ответственный редактор
Екатерина Осянина*

СОДЕРЖАНИЕ

МАТЕМАТИКА

- Аблабеков Б. С., Курманбаева А. К.,
Ажыманбетова А. Ж.**
Об одной обратной задаче определения
источника для уравнения теплопроводности
с дробными по времени производными..... 1

ХИМИЯ

- Снегирева А. А., Ермошкина А. А.**
Разработка методики выполнения измерений
суммы редкоземельных элементов в рудах
и продуктах их обогащения 6

ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

- Асманкин С. А.**
Децентрализованные модели репутации
в блокчейне: механизмы формирования
доверия 9
- Байжарикова М. А., Маматаева Д. У.,
Айтбаева З. К., Тлебаев М. Б., Жапаров Б. У.**
Разработка архитектуры
автоматизированной системы управления.....11
- Евсеев Г. М.**
Проектирование подсистемы оценки
кандидатов по заданным критериям16
- Егоров Ю. А.**
Современные тенденции безопасной
конфигурации средств защиты информации18
- Клюев Д. Е.**
Сравнение синтетических и реальных
датасетов в компьютерном зрении:
проблемы и перспективы20
- Клюев Д. Е.**
Тепловизионные датасеты в машинном
обучении: доступные коллекции и способы
их расширения22

- Маматаева Д. У., Байжарикова М. А.,
Айтбаева З. К., Бейшен Е. М., Жапаров Б. У.**
Реализация логики управления в TIA Portal24
- Овчинникова Д. Н., Некрасова Е. А.**
Персонализация и кастомизация
интерфейса как способы вовлечь и удержать
пользователей29
- Павлюк А. В.**
Влияние искусственного интеллекта
на занятость и управление персоналом30
- Якубин А. Я.**
Искусственный интеллект в кредитном
скоринге: разработка, обучение
и применение модели33
- Якубин А. Я.**
Объяснимый искусственный интеллект
в кредитном скоринге: подход на основе
поведенческих и макроэкономических
признаков35

ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ

- Висицкий П. Н.**
Внедрение системы контроля свободных
и слабозакреплённых предметов на 5-м
энергоблоке Нововоронежской АЭС.....39
- Карандеева Н. В., Кузнецова Е. Г.**
Выбор оптимального водно-химического
режима систем охлаждения АЭС с учетом
природных свойств исходной воды.
Расчет индексов стабильности исходной
воды для АЭС при оценке склонности
к накипеобразованию и коррозии41
- Лаврёнов М. С., Салахитдинов Р. Р., Сираев Э. З.**
Проблемы определения границ
водных объектов и эрозионных форм
рельефа при проведении инженерно-
гидрометеорологических изысканий45
- Марущенко Н. О.**
Влияние лазерного упрочнения
на характеристики поверхности штампов
из инструментальных сталей.....47

Павлов В. А.

Оценка рисков при производстве
минераловатных изделий49

Сиразов Р. И., Амелина А. А.

Проблемы получения износостойких
цементобетонных покрытий51

ГЕОЛОГИЯ**Любичев А. В.**

Проведение рекогносцировочных работ
при геологоразведке на месторождениях
твёрдых полезных ископаемых55

Любичев А. В.

Совершенствование методов проектного
управления путем создания единого
информационного пространства для
повышения эффективности управления
геологоразведочными работами (на примере
АО «Росгео»)57

ЭКОЛОГИЯ**Иванова А. В.**

Основные проблемы применения методик
мониторинга земель61

Элькинд П. А.

Сравнительный анализ проб снегового
покрова в городской среде.....63

МАТЕМАТИКА

Об одной обратной задаче определения источника для уравнения теплопроводности с дробными по времени производными

Аблабеков Бактыбай Сапарбекович, доктор физико-математических наук, профессор
Кыргызский национальный университет имени Жусупа Баласагына (г. Бишкек, Кыргызстан)

Курманбаева Айнура Кудайбергеновна, кандидат физико-математических наук, доцент
Кыргызско-Российский Славянский университет имени первого Президента России Б. Н. Ельцина (г. Бишкек, Кыргызстан)

Ажыманбетова Арзыгуль Жумабековна, студент магистратуры
Кыргызский национальный университет имени Жусупа Баласагына (г. Бишкек, Кыргызстан)

В данной работе изучается нелинейная обратная задача для линейного уравнения теплопроводности с дробными производными по времени с условиями переопределения во внутренней точке. Сначала изучается прямая задача. С помощью метода Фурье эта прямая задача сводится к эквивалентному интегральному уравнению. Затем с помощью оценок функции Миттаг-Леффлера и некоторых ее свойств обратная задача сводится к эквивалентной системе интегральных уравнений. Для решения этой системы используется метод интегральных уравнений Вольтерра. Доказываются глобальные теоремы существования и единственности решения рассматриваемой обратной задачи.

Ключевые слова: уравнение дробного по времени порядка, дробная производная обратная задача, интегральное уравнение Вольтерра.

On an inverse problem of determining the source for the heat equation with fractional time derivatives

Ablabekov Baktybay Saparbekovich, doctor of physical and mathematical sciences, professor
Kyrgyz National University named after Zhusup Balasagyn (Bishkek, Kyrgyzstan)

Kurmanbayeva Ainura Kudaibergenovna, candidate of sciences in physics and mathematics, associate professor
Kyrgyz-Russian Slavic University named after the first President of Russia BN Yeltsin (Bishkek, Kyrgyzstan)

Azhymanbetova A. K., student master's degree
Kyrgyz National University named after Zhusup Balasagyn (Bishkek, Kyrgyzstan)

In this paper, we study a nonlinear inverse problem for a linear heat conductivity equation with fractional time-diffusion derivatives with overdetermination conditions at an interior point. First, we study the direct problem. Using the Fourier method, this direct problem is reduced to an equivalent integral equation. Then, using estimates of the Mittag-Leffler function and some of its properties, the inverse problem is reduced to an equivalent system of integral equations. To solve this system, the Volterra integral equation method is used. Global theorems of existence and uniqueness of the solution of the inverse problem under consideration are proved.

Keywords: fractional time equation, fractional derivative, inverse problem, integral equation, Volterra.

Введение

Теория дробных дифференциальных уравнений в частных производных в последнее время получила значительное применение в различных областях науки и техники, в частности оно возникает таких как физика, химия, электродинамика сложных сред, реология полимеров и т. д.

В последнее время исследование дробных дифференциальных уравнений достигло большого прогресса. В литературе существует несколько определений дробных интегралов и производных, наиболее популярные определения —

в смысле производных Римана–Лиувилля и Капуто. Прямые задачи для дифференциальных уравнений в частных производных дробного порядка посвящены монографии [1– 7].

Обратные задачи для целочисленных и дробных уравнений в частных производных — бурно развивающаяся область математики. Если классические постановки краевых задач для этих уравнений уже достаточно хорошо изучены и получены условия их разрешимости, то с обратными задачами дело обстоит сложнее. Зачастую даже сама постановка таких задач требует дополнительных исследований, в том числе и изучения дифференциальных свойств решений прямых задач.

1. Определение дробных производных и интегралов

Введем некоторые понятия, необходимые для дальнейшего исследования.

Определение 1. Дробным дифференциальным оператором Капуто D_t^α порядка α , $0 < \alpha \leq 1$ для дифференцируемой функции f называется оператор, определенная выражением [3,4]:

$$D_t^\alpha [f](t) = I[f'(t)] = \begin{cases} \frac{1}{\Gamma(1-\alpha)} \int_0^t f'(\tau)(t-\tau)^{-\alpha} d\tau, & 0 < \alpha < 1, \\ f'(t), & \alpha = 1, \end{cases} \quad (1)$$

где $\Gamma(z)$ — гамма функция.

Определение 2. Дробным интегральным оператором Римана-Лиувилля $D_{0+}^{-\alpha}$ порядка α , $0 < \alpha \leq 1$ для интегрируемой функции f называется оператор, определенная выражением [3,4]:

$$D_{0+}^{-\alpha} f(t) = I^\alpha [f(t)] = \begin{cases} \frac{1}{\Gamma(\alpha)} \int_0^t f(\tau)(t-\tau)^{\alpha-1} d\tau, & 0 < \alpha < 1, \\ \int_0^t f(\tau) d\tau, & \alpha = 1. \end{cases} \quad (2)$$

Определение 3. Двух параметрическая функция $E_{\alpha,\beta}(z)$ определяется формулой [3]:

$$E_{\alpha,\beta}(z) = \sum_{n=0}^{\infty} \frac{z^n}{\Gamma(\alpha n + \beta)}, \quad (\alpha > 0, \beta > 0) \quad (3)$$

называется функцией Миттаг-Леффлера.

Приведем некоторые соотношения, приведенные в [3]– [6]:

$$E_{1,1}(z) = e^z, \quad E_{1,1}(z) = \frac{e^z - 1}{z}, \quad (4)$$

$$E_{2,1}(z) = ch\sqrt{z}, \quad E_{2,1}(z) = \frac{sh\sqrt{z}}{\sqrt{z}}, \quad (5)$$

$$E_{1/2,1}(z) = \frac{2}{\sqrt{\pi}} e^{-z} erfc(-\sqrt{z}), \quad (6)$$

При $\beta = 1$ получим одно параметрическую функцию Миттаг-Леффлера:

$$E_{\alpha,1}(z) = \sum_{n=0}^{\infty} \frac{z^n}{\Gamma(\alpha n + 1)} \equiv E_\alpha(z). \quad (7)$$

Обобщение формулы Ньютона-Лейбница, при α , $(0 < \alpha \leq 1)$

$$D_{0+}^{-\alpha} D_t^\alpha z(t) = z(t) - \frac{t^{\alpha-1}}{\Gamma(\alpha)} z^{(\alpha-1)}(0). \quad (8)$$

Лемма 1. Если $0 < \alpha < 1$ и $\lambda > 0$, то

$$\frac{d}{dt} E_{\alpha,1}(-\lambda t^\alpha) = -\lambda t^{\alpha-1} E_{\alpha,\alpha}(-\lambda t^\alpha), \quad t > 0; \quad (9)$$

$$D_t^\alpha E_{\alpha,1}(-\lambda t^\alpha) = -\lambda E_{\alpha,1}(-\lambda t^\alpha), \quad t > 0. \quad (10)$$

Лемма 2. Если $\alpha > 0$, $\beta > 0$ и $\lambda > 0$, то

$$\frac{d}{dt} t^{\beta-1} E_{\alpha,\beta}(-\lambda t^\alpha) = t^{\beta-2} E_{\alpha,\beta-1}(-\lambda t^\alpha), t > 0. \quad (11)$$

Доказательство этих лемм следует из определения дробной производной Капуто и дифференцирования двухпараметрической функции Миттаг-Леффлера.

Лемма 3 (см. [12]). Если для $0 < \alpha < 1$ и $\lambda > 0$ функция $g(t) \in AC[0, T]$, то

$$D_t^\alpha \int_0^t (t-\tau)^{\alpha-1} E_{\alpha,\alpha}(-k^2(t-\tau)^\alpha) g(\tau) d\tau = g(t) - \lambda \int_0^t (t-\tau)^{\alpha-1} E_{\alpha,\alpha}(-k^2(t-\tau)^\alpha) g(\tau) d\tau, 0 < t \leq T. \quad (12)$$

В частности, если $\lambda = 0$, то

$$D_t^\alpha \int_0^t (t-\tau)^{\alpha-1} g(\tau) d\tau = g(t) \Gamma(\alpha), 0 < t \leq T. \quad (13)$$

Пусть $\Omega_T = \{(x, t) : 0 < x < \pi, 0 < t \leq T\}$, $T > 0$ – фиксированное число.

2. Постановка и основной результат. В области Ω_T рассмотрим первую начально-краевую задачу

$$Lu \equiv D_t^\alpha u - u_{xx} = f(t)h(x), 0 < x < \pi, 0 < t \leq T. \quad (14)$$

$$u(x, 0) = u_0(x), \quad 0 \leq x \leq \pi, \quad (15)$$

$$u(0, t) = 0, \quad u(\pi, t) = 0, \quad 0 \leq t \leq T. \quad (16)$$

где $u_0(x), h(t)$ – заданные функции.

Здесь D_t^α – дробная производная Капуто порядка α ($0 < \alpha \leq 1$).

Обратная задача. Требуется найти пару функций $\{u(x, t), f(t)\}$ из следующих условий

$$u(x_0, t) = \psi(t), \quad 0 < x_0 < \pi, 0 \leq t \leq T. \quad (17)$$

Пусть все заданные функции достаточно гладкие

Определение 3. Функция $u(x, t)$ называется классическим решением начально-краевой задачи (14) – (16), если

1) $u(x, t)$ дважды непрерывно дифференцируемая функция в области Ω_T , т. е. $u(x, t) \in C^{(2,1)}(\Omega_T)$;

2) удовлетворяет уравнению (14), начальному условию (15) и граничным условиям (16) в классическом смысле.

Определение 4. Пара функций $u(x, t)$ и $f(t)$ называется решением обратной задачи (14)-(17), если $u(x, t) \in C^{(2,1)}(\Omega) \cap C(\bar{\Omega})$, $f(t) \in C[0, T]$ и удовлетворяют равенствам (14)-(17) в классическом смысле.

Справедлива

Теорема 1. Пусть $u_0(x) \in C^2[0, \pi]$, $u_0'''(x) \in L_1(0, \pi)$, $u_0(0) = u_0(\pi) = 0$, $u_0'(0) = 0$, $u_0'(\pi) = 0$, $h(x) \in C^3[0, \pi]$, $|h(x_0)| \geq \alpha > 0$, $h(0) = h(\pi) = 0$, $h''(0) = h''(\pi) = 0$, $\psi(t) \in C^1[0, T]$, и кроме того выполнены условия согласования $u_0(x_0) = \psi(0)$. Тогда для любого $T > 0$ решение обратной задачи (14)-(17) на отрезке $[0, T]$ существует, единственно и принадлежит классу $C[0, T]$.

Доказательство. Решение обратной задачи (14)-(17) будем искать в виде

$$u(x, t) = \sum_{k=1}^{\infty} u_k(t) \sin kx. \quad (18)$$

Разложим функции $F(x, t) = h(x) f(t)$ в ряд Фурье

$$F(x, t) = \sum_{k=1}^{\infty} h_k f(t) \sin kx,$$

$$u_0(x) = \sum_{k=1}^{\infty} u_0^k \sin kx,$$

где

$$F_k = f(t)h_k, \quad h_k = \frac{2}{\pi} \int_0^\pi h(\xi) \sin k\xi d\xi, \quad u_0^k = \frac{2}{\pi} \int_0^\pi u_0(\xi) \sin k\xi d\xi, \quad k = 1, 2, \dots \quad (19)$$

Подставляя (18) и выражения для функции $F(x, t)$ в уравнение (14), получим

$$D^\alpha u_k(t) + k^2 u_k(t) = h_k f(t), \quad (20)$$

при условии

$$u_k(0) = u_0^k. \quad (21)$$

Задача (20), (21) имеет единственное решение и это решение представимо в виде

$$u_k(t) = E_{\alpha,1}(-k^2 t^\alpha) u_0^k + h_k \int_0^t (t-\tau)^{\alpha-1} E_{\alpha,\alpha}(-k^2(t-\tau)^\alpha) f(\tau) d\tau, \quad k = 1, 2, \dots$$

Непосредственно оценивая функцию $u_k(t)$ для $0 \leq t \leq T$ и учитывая неравенство $0 \leq E_{\alpha,\alpha}(-\sigma) \leq \Gamma(\alpha)$ (см. [1], с.44–45), получим

$$|u_k(t)| \leq |u_0^k| + \frac{t^\alpha \|h_k\| \|f\|}{\Gamma(\alpha+1)}, k=1,2,\dots,$$

$$\text{где } \|h_k\| \|f\| = \max_{0 \leq t \leq T} |f(t)|.$$

Подставляя выражения для $u_k(t)$ $k=1,2,\dots$ в (18), имеем

$$u(x,t) = \sum_{k=1}^{\infty} h_k \sin kx \int_0^t (t-\tau)^\alpha E_{\alpha,\alpha}(-k^2(t-\tau)^\alpha) f(\tau) d\tau + \sum_{k=1}^{\infty} E_{\alpha,1}(-k^2 t^\alpha) u_0^k \sin kx. \quad (22)$$

В формуле (16), интегрируя по частям три раза, получим

$$u_0^k = \frac{2}{\pi} \int_0^\pi u_0(\xi) \sin k\xi d\xi = \frac{2}{\pi} \frac{1}{k^3} \int_0^\pi u_0'''(\xi) \cos k\xi d\xi,$$

$$h_k = \frac{2}{\pi} \int_0^\pi h(\xi) \sin k\xi d\xi = \frac{2}{\pi} \frac{1}{k^3} \int_0^\pi h'''(\xi) \cos k\xi d\xi.$$

Отсюда, в силу неравенства Бесселя ряды из квадратов $|u_0'''(\xi)|^2$ и $|h'''(\xi)|^2$ сходятся, поэтому $|u_0^k| \rightarrow 0$, и $|h_k| \rightarrow 0$ при $k \rightarrow \infty$. Следовательно, ряд (22) при $t \geq 0$ сходится равномерно и абсолютно. Поэтому функция $u(x,t)$, определяемая рядом (22), непрерывна в области $\bar{\Omega}_T$ и удовлетворяет начальным и граничным условиям. Нетрудно показать, что функция $u(x,t)$ удовлетворяет уравнению (14) в области Ω_T . Для этого достаточно показать равномерную сходимость

$$\text{рядов } \sum_{k=1}^{\infty} D_t^\alpha u_k, \sum_{k=1}^{\infty} \frac{\partial^2 u_k}{\partial x^2}.$$

Докажем существование и единственность решение обратной задачи (14)-(17). Пусть $f(t) \in C[0,T]$ является решением обратной задачи (14) -(17). Дифференцируя соотношение (22) оператором D_t^α и учитывая формулы (10), и используя переопределение (17), находим

$$D_t^\alpha u|_{x=x_0} = h(x_0) f(t) - \sum_{k=1}^{\infty} k^2 h_k \sin kx_0 \int_0^t (t-\tau)^\alpha E_{\alpha,1}(-k^2(t-\tau)^\alpha) f(\tau) d\tau - \sum_{k=1}^{\infty} k^2 E_{\alpha,1}(-k^2 t^\alpha) u_0^k \sin kx_0 = D_t^\alpha \psi(t).$$

или

$$h(x_0) f(t) - \int_0^t K(t-\tau) f(\tau) d\tau = \psi_1(t), \quad (23)$$

где

$$\psi_1(t) = D_t^\alpha \psi(t) + \sum_{k=1}^{\infty} k^2 E_{\alpha,1}(-k^2 t^\alpha) u_0^k \sin kx_0, \quad K(t) = \sum_{k=1}^{\infty} k^2 h_k \sin kx_0 t^\alpha E_{\alpha,1}(-k^2 t^\alpha).$$

Покажем, что функции $\psi_1(t)$, $K(t)$ являются непрерывными. Это следует из условий наложенных на заданные функции. функции $K(t)$, $\psi_1(t)$ являются непрерывными,

Следовательно, интегральное уравнение (23) является интегральным уравнение Вольтерра второго рода. следовательно, уравнение (23) имеет единственное решение $f(t) \in C[0,T]$

Далее подставляя функцию $f(t)$ в (23), однозначно находим функцию $u(x,t)$. Как и в работе [8], что эта функция является решением обратной задачи (14)-(17). Теорема доказана.

Литература:

1. Kilbas A. A., Srivastava H. M. and Trujillo J. J. "Theory and Applications of Fractional Differential Equations," North-Holland Mathematics Studies, Vol. 204, 2006.
2. Miller K. S. and. Ross B. "An Introduction to the Fractional Calculus and Fractional Differential Equations," John Wiley, New York, 1993.
3. Podlubny I. "Fractional Differential Equations," Academic Press, San Diego, New York, London, 1999.
4. Самко С. Г., Килбас А. А., Маричев О. И. Интегралы и производные дробного порядка, и некоторые их приложения. — Минск: Наука и техника, 1987. — 688 с.
5. Нахушев А. М. Дробное исчисление и его применение. М.: Физматлит, 2003. 272 с.

6. Учайкин В. В. Метод дробных производных. Ульяновск: Артишок, 2008. 512 с.
7. Псху А. В. Уравнения в частных производных дробного порядка. М.: Наука. 2005. 199 с.
8. Аблабеков Б. С. Обратные задачи для псевдопараболических уравнений. - Бишкек: Илим, 2001. –183 с.
9. Денисов А. М. Введение в теорию обратных задач. М.: МГУ, 1994.
10. Тихонов А. Н., Самарский А. А. Уравнения математической физики. М.: Наука, 1966. 724 с.
11. T. Wei and Z. Q. Zhang, Robin coefficient identification for a time-fractional diffusion equation, Inverse Prob. Sci. Eng. 24, 647–666 (2016).

ХИМИЯ

Разработка методики выполнения измерений суммы редкоземельных элементов в рудах и продуктах их обогащения

Снегирева Александра Андреевна, студент магистратуры
Восточно-Казахстанский университет имени Сарсена Аманжолова (г. Усть-Каменогорск, Казахстан)

Ермошкина Анастасия Александровна, методист
Восточный научно-исследовательский горно-металлургический институт цветных металлов (г. Усть-Каменогорск, Казахстан)

Научный руководитель: Аубакирова Роза Аблакимовна, кандидат химических наук, доцент
Восточно-Казахстанский университет имени Сарсена Аманжолова (г. Усть-Каменогорск, Казахстан)

Исследование суммы редкоземельных элементов является ключевым в различных областях, от промышленности до науки. В данной статье рассматривается фотометрическая методика определения суммы редкоземельных элементов в рудах и продуктах их обогащения.

Ключевые слова: сумма редкоземельных элементов, РЗЭ, методы определения суммы редкоземельных элементов.

Редкоземельные элементы (РЗЭ) представляют собой группу из 17 элементов, включая скандий, иттрий и лантаноиды (лантан, церий, празеодим, неодим, прометий, самарий, европий, гадолиний, тербий, диспрозий, гольмий, эрбий, тулий, иттербий, лютеций) [1]. РЗЭ обладают уникальными физико-химическими характеристиками, которые делают их востребованными в самых различных сферах [3], [4]. За последние десятилетия спрос на РЗЭ значительно возрос, что обусловлено их широким использованием в стратегически важных отраслях, таких как «зелёные» технологии, оборонная промышленность, телекоммуникации и аэрокосмическая сфера [7]. Современное развитие низкоуглеродной энергетики и переход к устойчивым источникам энергии также усилили внимание к обеспечению стабильного и экономически выгодного доступа к этим элементам.

В условиях ограниченности доступных природных ресурсов и геополитической концентрации добычи РЗЭ, особое внимание уделяется поиску новых источников сырья, включая вторичное использование отходов электронной промышленности и более эффективное вовлечение низкосортных руд. Это требует повышения точности аналитического контроля на всех стадиях переработки, начиная от предварительного геохимического картирования и заканчивая контролем качества конечной продукции.

Вместе с тем, определение содержания РЗЭ в сложных минеральных матрицах представляет собой серьёзную научно-техническую задачу. Высокая степень химического

сродства между лантаноидами, необходимость обнаружения следовых количеств элементов, а также влияние сопутствующих компонентов матрицы обуславливают высокие требования к чувствительности, точности и селективности аналитических методов. В этих условиях особенно важным становится выбор подходящих методик анализа, учитывающих как свойства конкретного образца, так и цели проводимого исследования [5], [6], [7].

Наиболее широкое распространение в количественном анализе РЗЭ получили атомно-эмиссионная спектрометрия с индуктивно-связанной плазмой (ИСП-АЭС) и масс-спектрометрия с индуктивно-связанной плазмой (ИСП-МС). Эти методы обеспечивают высокий уровень чувствительности, позволяют проводить мультиэлементный анализ в широком диапазоне концентраций — от массовых долей до следовых количеств, обладают высокой производительностью, но при этом требуют наличия дорогостоящего оборудования. На этом фоне классические химические методы (гравиметрический, титриметрический и спектрофотометрический) не теряют своей актуальности и продолжают использоваться в качестве эталонных методик, а также как инструменты контроля в условиях ограниченного доступа к высокотехнологичному оборудованию.

В данной статье представлены результаты исследования по разработке методики фотометрического определения суммы РЗЭ в рудах и продуктах их обогащения. Методика не требует разделения суммы РЗЭ на отдельные элементы и основана на образовании окрашенных ком-

плексов РЗЭ с арсеназо I почти в нейтральной среде при pH=6–7. В этих же условиях окрашенные комплексы дают следующие элементы: уран, медь, кальций, алюминий, железо III, ванадий (IV), торий цирконий, галлий, индий, палладий (II), поэтому РЗЭ предварительно осаждают в виде оксалатов ацетон-дищавелевой кислотой (pH=0,5–2) в присутствии коллектора хлорида кальция. Торий и цирконий, в случае их присутствия в пробах, связывают в комплексоны с тороном, а после отделяют адсорбцией активированным углём. Кальций маскируют сульфосалициловой кислотой в прочный комплекс. Воз-

можные примеси других элементов учитываются колориметрированием параллельной аликвотной части с добавкой винной кислоты. При этом РЗЭ переводятся в комплексы, и окраску с арсеназо I дают только примеси.

Оптическую плотность раствора измеряли в кювете на 5 см на фотоэлектроколориметре КФК-2 ($\lambda=590$ нм). Раствором сравнения служит раствор холостой пробы, проведенный по всему ходу анализа. Результаты анализа проб на содержание суммы РЗЭ, полученные фотометрическим и титриметрическим (в качестве сравнения) методами, представлены в таблице 1.

Таблица 1. Результаты анализа проб, полученные фотометрическим и титриметрическим методами

№ п/п	Наименование пробы	Найдено, %	
		фотометрический метод	Титриметрический метод
1	Хвост № 1	0,17	0,15
2	Хвост № 2	0,11	0,14
3	Шлам № 1	0,27	0,28
4	Исходная руда № 1	0,20	0,23
5	Исходная руда № 2	0,04	0,05
6	Руда-1	0,010	<0,02
7	Руда-2	0,014	<0,02
8	Руда-3	0,019	0,03
9	Руда-4	0,009	<0,02
10	Руда-5	0,025	0,04
11	Руда-6	0,005	<0,02
12	Руда-7	0,010	<0,02
13	Руда-8	0,010	<0,02
14	Руда-9	0,009	<0,02
15	Руда-10	0,007	<0,02
16	Руда-11	0,010	<0,02
17	Руда-12	0,010	<0,02
18	Руда-13	0,013	<0,02
19	Руда-14	0,007	<0,02
20	Руда-15	0,008	<0,02
21	Концентрат	2,25	2,28

На основании представленных данных можно сделать вывод о хорошей сходимости результатов в среднем и высоком диапазоне концентраций. В высококонцентрированных пробах оба метода показывают хорошее согласование результатов, однако для низкосортных руд и хвостов предпочтительнее фотометрия из-за её большей чувствительности. Титриметрический метод явно имеет более высокий предел обнаружения, что делает его менее информативным при анализе руд с низким содержанием суммы РЗЭ. В большинстве случаев разница между методами не превышает 0,02–0,03 %, что приемлемо для аналитических работ, особенно при высоких концентрациях, однако при переходе к низким содержаниям разница становится значительной или результаты титриметрии отсутствуют из-за ограничения точности метода в этих условиях.

На основании проведенного исследования можно сделать следующие ключевые выводы: Разработанная фотометрическая методика демонстрирует хорошую сходи-

мость с титриметрическим методом в среднем и высоком диапазоне концентраций, при этом обладая более высокой чувствительностью, возможностью анализа низкосортных руд и хвостов обогащения, меньшей зависимостью от матричных эффектов.

Основные преимущества предложенной методики включают в себя относительную простоту выполнения, доступность оборудования и возможность использования в стандартной химической лаборатории. Перспективы дальнейшего совершенствования методики могут состоять в разработке экспресс-варианта для полевых условий, расширении диапазона определяемых концентраций, а также в создании стандартных образцов для калибровки. Практическая значимость работы подтверждается возможностью внедрения на горно-обогатительных предприятиях, для геологоразведочных работ, перспективной использования при разработке отечественных стандартов анализа.

Таким образом, представленная фотометрическая методика является экономически эффективной альтернативой более дорогостоящим инструментальным методам для оперативного контроля содержания суммы РЗЭ в рудах и продуктах их обогащения, особенно в усло-

виях ограниченного доступа к высокотехнологичному оборудованию. Полученные результаты открывают перспективы для дальнейшей оптимизации метода анализа редкоземельного сырья с учетом особенностей местных месторождений.

Литература:

1. Михайличенко, А. И. Редкоземельные металлы / А. И. Михайличенко, Е. Б. Михлин, Ю. Б. Патрикеев. — М.: Металлургия. — 1987. — 232 с..
2. Zhou, B. Global potential of rare earth resources and rare earth demand from clean technologies / B. Zhou, Z. Li, C. Chen // *Minerals*. — 2017. — V. 7. — № 11. — P. 203.-207.
3. Lingling Li, Tianhua Zhang, Yanliang Zhou, Xiuyun Wang, Chak-tong Au, Lilong Jiang. Review on catalytic roles of rare earth elements in ammonia synthesis: Development and perspective // *Journal of Rare Earths*, T. 40, 1изд., 2022, С. 1–10
4. Huafang Li, Pengyu Wang, Guicai Lin, Jinyan Huang. The role of rare earth elements in biodegradable metals: A review // *Acta Biomaterialia*, T. 129, 2021, С. 33–42
5. Поляков Е. Г., Нечаев А. В., Смирнов А. В. Металлургия редкоземельных металлов. — М.: Металлургиздат, 2018. — 732 с.
6. Khan, L. U. Rare Earth Luminescence: Electronic Spectroscopy and Applications Handbook of Materials Characterization / L. U. Khan, Z. U. Khan // Springer. — 2018. — P. 345–404.
7. Kostelnik, T. I. Radioactive Main Group and Rare Earth Metals for Imaging and Therapy / T. I. Kostelnik, C. Orvig // *Chemical reviews*. — 2018. — V. 119. — № 2. — P. 902–956.

ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

Децентрализованные модели репутации в блокчейне: механизмы формирования доверия

Асманкин Сергей Андреевич, аспирант
Московский государственный технологический университет «СТАНКИН»

Применение репутационных систем в децентрализованных блокчейн-сетях обретает все большую популярность в связи с ростом количества активных пользователей. Определение ключевых особенностей существующих методов оценки репутации поможет определить основные направления исследований в этой области. В статье рассматриваются подходы для оценки репутации пользователей как на уровне алгоритмов консенсуса, так и на уровне взаимодействия приложений.

Ключевые слова: блокчейн, децентрализованные сети, алгоритмы консенсуса, система репутации.

Децентрализованные системы, основанные на блокчейн-технологиях, представляют собой одноранговую сеть узлов, в которой обмен информацией построен на основе цепочки блоков, объединенных между собой с помощью криптографических хэшей. В децентрализованных системах нет общего элемента управления. Каждый узел пиринговой сети работает согласно общим механизмам взаимодействия. Этот механизм определяет ключевые свойства сети и формирует множество различных децентрализованных систем, предназначенных для выполнения различных типов задач. Так, на сегодняшний день на основе технологии блокчейн создано более десятка различных децентрализованных сетей, работающих по различным принципам взаимодействия и передачи данных между узлами. Некоторые из них предоставляют высокие условия безопасности хранения данных и прозрачность транзакций, другие предназначены для высокой скорости передачи информации и энергоэффективности.

Блокчейн-технологии обретают все больше областей применения в различных сферах экономики и бизнеса, благодаря возможности реализации гибких, прозрачных информационных систем, работающих без необходимости наличия посредников. Децентрализация является основным стимулом развития различных блокчейн-систем и притоком инвестиций от различных венчурных фондов, ориентированных на создание инновационных технологий. Блокчейн применяется в финансовых и избирательных системах, а также в системах логистики, фармацевтики и управления активами. Блокчейн стал основой для образования децентрализованных платформ, где каждое приложение может взаимодействовать с другим

на базе единого реестра данных и формировать общую информационную экосистему, способствующую образованию новых приложений, удовлетворяющих потребностям пользователя.

Главным принципом существующих блокчейн-технологий является децентрализация. В таких системах возникает вопрос доверия между различными участниками сети, поскольку некоторые из них являются злоумышленниками, которые способны бесконтрольно совершать те или иные мошеннические операции. По этой причине среди блокчейн-технологий формируются различные механизмы защиты от злоумышленников, с помощью которых взаимодействие с подозрительными узлами ограничивается. Такие механизмы формируются в алгоритмах консенсуса блокчейн-сетей.

Алгоритмы консенсуса представляют собой правила, по которым новые транзакции сети записываются в общий реестр данных. Алгоритм консенсуса является определяющей механикой для блокчейна и формирует его ключевые свойства. Таким образом, репутационная модель децентрализованных сетей на основе блокчейна образуется еще на этапе формирования алгоритма консенсуса. Для определения подходов к созданию новых алгоритмов оценивания репутации узлов ознакомимся с существующими репутационными моделями в области блокчейна и информационных технологий.

Proof of Stake (PoS). Этот алгоритм является базовым примером работы механизма консенсуса, использующего репутационную модель. Цепочки блоков транзакций формируются за счет валидаторов сети. Валидаторы контролируют правильность работы сети и выбираются каждый раз при создании нового блока. Вероятность выбора того

или иного валидатора зависит напрямую от размера депозита токенов внутри соответствующей сети. Заложенные токены представляют собой финансовый актив, благодаря чему валидатор напрямую заинтересован в активном участии в создании новых блоков реестра. За выполнение работы валидатор получает вознаграждение. В свою очередь, за подтверждение некорректных транзакций валидатор подвергается санкциям в виде сжигания определенного количества токенов на его счету. Таким образом, алгоритм Proof of Stake выбирает членов участников сети, заинтересованных в корректной работе блокчейна и отсутствии нарушений в записи и изменении цепочек блоков транзакций в распределенном реестре. Такой подход обеспечивает безопасность и надежность хранения данных. Алгоритм PoS является наиболее популярным и используется в крупнейшей блокчейн сети — Ethereum, насчитывающей более миллиона активных валидаторов [1].

Delegated Proof of Stake (DPoS). Это усовершенствованный метод PoS, где каждый участник сети может принять участие в валидации новых транзакций. Для этого пользователю не обязательно становиться валидатором. Достаточно делегировать собственные токены одному из валидаторов сети, тем самым проголосовав за него. В данном случае вознаграждение будет распределяться между валидатором и делегирующими участниками. Репутационная модель формируется на основе доверия к существующим валидаторам и подкрепляется возможностью голосования обычных пользователей. Таким образом, злоумышленник не будет допущен до возможности стать валидатором сети, тем самым нарушив целостность данных реестра. Примером блокчейна этого типа можно назвать сеть Tron.

Proof of Authority (PoA). Этот алгоритм отлично подходит для организации корпоративной сети. В этом блокчейне валидаторы назначаются предварительно. Как правило, валидаторами таких сетей становятся представители корпорации, которые контролируют работу блокчейна. Является подходящим решением для частных блокчейнов, доступ к которым есть только у ограниченного круга лиц. В качестве примера подобной сети можно привести VeChain [2].

Далее рассмотрим различные методы оценки репутации, которые не задействуют алгоритм консенсуса напрямую, тем не менее используются на уровне приложений и позволяют устанавливать репутационные очки для участников сети.

Web of Trust. Этот алгоритм работает по принципу равноправных членов сети, которые взаимодействуют друг с другом в одноранговой сети, обмениваясь ключами. Эти ключи не выдаются центральными удостоверяющими центрами (PKI), как это обычно работает в централизованных системах. В данном случае ключи подписываются между участниками самостоятельно. Так, если один пользователь доверяет другому и подписывает ключ, то Web of Trust повышает репутационную оценку участника сети. Так, образуется система репутации, состоящей из поль-

зователя, его ключа и количества подписанных соглашений с другими участниками, репутационная оценка которых возрастает с количеством подписей. Такую систему можно представить в виде графа, где вершины представляют собой участников сети, а ребра — количество подписей. Таким образом, можно наглядно рассмотреть общее взаимоотношение между участниками сети и выявить подозрительные узлы [3].

EigenTrust. Этот алгоритм был разработан для P2P сетей и предназначен для создания общей матрицы оценки, в которой рассматривается все узлы сети. Для этого каждое взаимодействие одного узла с другим обретает оценку. В результате положительного взаимодействия оценка доверия растет, а в обратном случае понижается. Таким образом, формируется локальная матрица доверия. Работа EigenTrust обладает транзитивным характером взаимодействия. После успешного взаимодействия узла А и узла В, узел С будет оценивать А как более надежного участника сети. В результате рассчитывается матрица весов, где суммарная оценка связи всех участников сети равна единице. Данный алгоритм наилучшим образом демонстрирует свое применение в борьбе против атак Сивиллы, так как при создании большого количества узлов злоумышленниками, вероятность начала обмена данными с такими узлами будет невелика, так как уровень доверия будет слишком низким [4].

ZScore. Отличительной особенностью данного алгоритма является применение технологий искусственного интеллекта, что дает возможность динамично развивать алгоритмы для формирования репутационной системы пользователей. Подсчет итоговой оценки для каждого пользователя проводится проверкой по различным типам взаимодействия с другими смарт-контрактами блокчейн-сети. Главными критериями являются: количество транзакций, используемые токены, репутационные оценки других пользователей, с которыми происходило взаимодействие. Используя данные параметры, нейросеть регулярно улучшает алгоритмы оценки участников. Эта система наиболее эффективно показывает себя при защите от автоматизированных узлов, имитирующих человеческое поведение. Система репутации ZScore активно применяется деловыми проектами, запущенными на блокчейн-технологиях и заинтересованными в работе с живыми людьми. ZScore благодаря технологиям искусственного интеллекта способен без труда отличить запрограммированный паттерн поведения от активности настоящего пользователя. Запрограммированные шаблоны автоматизированных узлов алгоритм формирует в кластеры. Такой кластер создается, когда большое количество узлов повторяют одну и ту же цепочку транзакций в блокчейне. Адреса, попавшие в такие кластеры обладают наименьшими оценками доверия [5].

НАРІ представляет собой не просто алгоритм, а целую инфраструктуру, где участники сети могут обмениваться информацией. Оценка происходит с помощью присвоения меток, которые накладываются на подозрительные

адреса сети блокчейн. В оценке могут принимать участие только оракулы. Оракулы — это платформы передачи различной информации о мире в блокчейн-реестр. Поскольку блокчейн не обладает возможностью загрузки или подключения к любым данным интернета, ему приходится взаимодействовать с оракулом, который передает все запрашиваемые данные в необходимой для чтения форме. Как итог, конечными потребителями этой инфраструктуры становятся приложения, работающие на базе блокчейна, которые используют данные метки для оценки безопасности взаимодействия с адресом. Более того, приложения-оракулы могут проголосовать за назначение новой метки. Так, если формируется кворум децентрализованных бирж, которые работают как оракулы, голосуют за назначение метки для адреса, метка будет присвоена. Адресу с меткой будут санкционирован доступ к взаимодействию с другими биржами [6].

Таким образом, в статье были приведены различные методы оценки репутации. В одноранговых сетях репутационные системы является актуальной темой исследова-

ния, поскольку оценку доверия приходится формировать на основе результатов истории взаимодействия узлов между собой. Развитие репутационных систем стремится к гибридным моделям с использованием возможностей искусственного интеллекта, оценки взаимодействия пользователей на программном уровне и на уровне алгоритмов консенсуса блокчейна. В распределенных реестрах блокчейна ценится возможность проведения аудита цепочки транзакций и определения определенных закономерностей действий пользователей. В больших публичных сетях провести аудит проблематично. В таком случае становится актуальным применение различных графических методов для отображения общей картины взаимодействия пользователей в сети. Такая возможность необходима для деловых проектов, которые заинтересованы во взаимодействии с добросовестными пользователями и ограничении влияния мошенников, приносящих убытки для предприятия. Развитие процедур аудита на основе алгоритмов репутации является актуальным вызовом для дальнейших исследований.

Литература:

1. Жиленков, А. А. Существование и достижимость консенсуса как проблема обеспечения надёжности в распределённых приложениях и киберфизических системах / А. А. Жиленков, С. Г. Черный. — Текст: непосредственный // Электротехнические и информационные комплексы и системы. — 2020. — № 2. — С. 40–48.
2. Fahim, S. Blockchain: A comparative study of consensus algorithms PoW, PoS, PoA, PoV / S. Fahim, S. K. Rahman, S. Mahmood. — Текст: непосредственный // International Journal of Mathematical Sciences and Computing. — 2023. — Vol. 3, № 1. — P. 46–57.
3. SEC: Web of Trust in Supply Chain. — Текст: электронный // osssc-edu.github.io: [сайт].
4. Деменков, М. Е. Применение технологии блокчейн для хранения информации о пространственных объектах / М. Е. Деменков, Е. А. Деменкова, С. А. Шишманова. — Текст: непосредственный // Вестник Астраханского государственного технического университета. Серия: Управление, вычислительная техника и информатика. — 2019. — № 1. — С. 22–28.
5. Udupi, H. zScore: A universal decentralised reputation system for the blockchain economy / H. Udupi, et al. — Текст: непосредственный // arXiv preprint arXiv:2503.05718. — 2025. — 12 p.
6. HAPI. Decentralized cybersecurity infrastructure. — Текст: электронный // hapi.one: [сайт]. — URL: <https://hapi.one/> (дата обращения: 03.03.2025).

Разработка архитектуры автоматизированной системы управления

Байжарикова Марина Айтмухановна, кандидат технических наук, доцент;
 Маматаева Дильноза Умаровна, старший преподаватель;
 Айтбаева Замира Кишкембаевна, старший преподаватель;
 Тлебаев Манат Бейшеневич, доктор технических наук, профессор;
 Жапаров Багдаулет Уалиханулы, студент магистратуры
 Таразский региональный университет имени М. Х. Дулати (Казахстан)

В статье рассматривается разработка архитектуры автоматизированной системы управления для повышения эффективности технологических процессов, снижения влияния человеческого фактора и улучшения качества продукции, так как современное промышленное производство требует высокой степени автоматизации. Одним из наиболее перспективных направлений автоматизации является использование программируемых логических контроллеров (ПЛК), которые позволяют обеспечивать стабильное управление технологическими процессами и их мониторинг в режиме реального времени.

Ключевые слова: ПЛК, АСУ, контроллер, автоматизация, давление, управление, архитектура, мнемосхема, SCADA-система, датчики температуры, ПИД-регулятор.

В химической отрасли, особенно при изготовлении ортофосфорной кислоты, автоматизация имеет важное значение. Этот процесс требует тщательного контроля таких параметров, как температура, давление, расход реагентов и уровень наполнения реакторов. Неправильное управление или нестабильность могут привести к нарушению технологических стандартов, снижению выхода конечного продукта и увеличению производственных затрат. Поэтому создание надежной автоматизированной системы управления (АСУ) является актуальной задачей.

Целью данной работы является разработка архитектуры автоматизированной системы управления технологическим процессом производства ортофосфорной кислоты с использованием ПЛК Siemens SIMATIC S7–1200.

Для достижения поставленной цели необходимо решить следующие задачи:

1. Изучить структуру системы управления.
2. Спроектировать и настроить мнемосхему в SCADA-системе для визуализации параметров процесса.

Объектом исследования является технологический процесс производства ортофосфорной кислоты на предприятии ТОО «НДФЗ». Предметом исследования является автоматизированная система управления этим процессом, разработанная с использованием ПЛК Siemens SIMATIC S7–1200.

Научная новизна: использование инструментов SCADA-системы для визуализации процесса.

При разработке архитектуры автоматизированной системы управления технологическим процессом производства ортофосфорной кислоты был проведен тщательный анализ нормативных требований, особенностей производственного оборудования и необходимости строгого соблюдения технологических параметров. В процессе проектирования изучили существующие методы автоматизации и выбрали наиболее подходящий подход, который обеспечивал стабильность работы системы, сокращение ручного управления, а также улучшение контроля и диагностики технологического процесса. Созданная система управления основывалась на многоуровневой архитектуре, которая обеспечивала эффективное взаимодействие между полевыми устройствами, программируемым логическим контроллером, SCADA-системами и базами данных.

Описание структуры системы управления

Автоматизированная система управления была разработана с использованием трехуровневой архитектуры, которая обеспечивает четкую иерархию функциональных модулей. На нижнем уровне находятся датчики, исполнительные механизмы и технологическое оборудование, которые генерируют первичные данные и осуществляют управление. Средний уровень состоит из программируемых

логических контроллеров, обрабатывающих данные от датчиков и выполняющих алгоритмы управления. На верхнем уровне располагается SCADA-система, предназначенная для визуализации процессов, мониторинга параметров в реальном времени и анализа данных. [1]

Создание структуры системы управления технологическим процессом производства ортофосфорной кислоты основывалось на анализе требований цехового регламента и специфики технологических операций. Главная цель проектирования заключалась в разработке надежной и адаптивной системы, которая может функционировать в реальном времени, обеспечивая точный контроль за основными параметрами и оперативное реагирование на отклонения от заданных значений. Система управления строится на иерархическом принципе и включает три ключевых уровня: уровень датчиков, уровень контроллеров и уровень диспетчеризации, как показано на рис. 1.

Иерархическая структура системы управления

Автоматизированная система управления разработана в формате многоуровневой структуры, где каждый уровень выполняет свою функцию. Такая архитектура способствует высокой эффективности работы системы, а также обеспечивает надежность и гибкость при расширении. [2]

Полевой уровень

Основным фактором управления системой является контроллер логики программирования Siemens S7–1200. Контроллер выполняет обработку данных с полевого уровня, анализа и эффекта контроля формы.

Этот уровень включает в себя:

- Датчик температуры, уровень жидкости, давление, и поток;
- Исполнительный механизм (клапаны, насосы, клапаны);
- Fuelchenz Wandler для управления электродвигателями;
- Ввод модуля вывода для передачи сигналов контроллеру.

Данные от датчика передаются в систему управления в форме аналоговых (4–20 мА) и дискретных сигналов (0/1), чтобы сформировать полное изображение продолжающегося процесса.

Уровень программируемых логических контроллеров (ПЛК)

Основным фактором управляющим элементом системы является ПЛК (программируемый логический контроллер)



Рис. 1. Система управления

Siemens S7–1200. ПЛК выполняет обработку данных, поступающих с полевого уровня, делает анализ и формирует управляющие воздействия. В состав уровня входят:

- основной процессорный модуль Siemens S7–1200;
- модули аналогового ввода SM 1231 AI и дискретного ввода-вывода SM 1223 DO;
- модули связи CM 1241 для взаимодействия с периферийными устройствами;
- система питания и аварийного резервирования.

ПЛК работает по циклическому принципу, анализируя все входные данные, управляя процессами в реальном режиме времени. Управляющие алгоритмы были разработаны с учетом динамики технологического процесса и включают в себя ПИД-регуляторы, математические модели регулирования и защитные функции.

Пример работы алгоритма регулирования температуры можно представить следующим выражением:

$$U(t) = K_p e(t) + K_i \int e(t) dt + K_d \frac{de(t)}{dt}$$

где:

$U(t)$ — управляющее воздействие;

$e(t)$ — отклонение температуры от заданного значения;

K_p , K_i , K_d — коэффициенты пропорционального, интегрального и дифференциального регулирования.

Уровень диспетчеризации (SCADA)

На более высоком уровне системы управления реализована система распределения, обеспечивающая процесс

мониторинг процессов и управления операторами. В качестве SCADA-системы, WinCC был выбран со следующими функциями:

- обработка и сбор данных с контроллеров;
- визуализация технологического процесса в режиме реального времени;
- формирование отчетов и архивирование параметров;
- выдача предупреждений и аварийных сигналов.

Передача данных между PLC и SCADA осуществляется по промышленному протоколу OPC UA, обеспечивающему надежный и быстрый обмен информацией. Внедрение SCADA позволило значительно повысить эффективность принятия решений и оптимизировать работу персонала.

Графическая схема структуры управления, показана на рис. 2.

Разработанная система управления позволяет эффективно управлять технологическим процессом производства ортофосфорной кислоты. Иерархический принцип построения гарантирует надежность, гибкость и отказоустойчивость системы. Внедрение SCADA и использование современных контроллеров Siemens S7–1200 обеспечило высокую точность регулирования параметров, мониторинг в режиме реального времени и архивирование данных для дальнейшего анализа. Такая архитектура доказала свою эффективность и может быть расширена за счет интеграции новых модулей и дополнительных функций, что делает ее перспективной для использования в промышленных условиях.



Рис. 2. Графическая схема структуры управления

Выбор контроллера Siemens S7–1200 и его модулей

Выбор программируемого логического контроллера (ПЛК) играет ключевую роль в проектировании автоматизированной системы управления (АСУ) технологическим процессом производства ортофосфорной кислоты. Контроллер должен обеспечивать стабильное управление технологическими параметрами, поддерживать широкий спектр промышленных протоколов связи, обладать высокой скоростью обработки данных и легко интегрироваться с системами диспетчеризации. Основная функция АСУ заключается в управлении реакционными процессами, контроле температуры, давления, расхода реагентов, а также в предотвращении аварийных ситуаций. После детального анализа доступных решений был выбран Siemens S7–1200, который продемонстрировал оптимальное сочетание функциональных возможностей, надежности, масштабируемости и удобства программирования.

Критерии выбора

При выборе контроллера учитывались следующие ключевые критерии:

— Производительность и быстродействие — высокая скорость обработки данных критически важна для работы в реальном времени, особенно при регулировании параметров технологического процесса.

— Гибкость конфигурации, эта возможность расширения системы за счет подключения дополнительных модулей ввода-вывода и сетевых интерфейсов.

— Совместимость с промышленными протоколами, это поддержка PROFINET, Modbus TCP/IP, OPC UA, что обеспечивает интеграцию с SCADA и другими компонентами системы.

— Простота программирования и конфигурирования, контроллер должен быть удобен в настройке и поддерживать программную среду с расширенными возможностями диагностики.

— Надежность и отказоустойчивость — стабильная работа в сложных производственных условиях, наличие встроенных механизмов диагностики и защиты.

— Экономическая эффективность — оптимальное сочетание стоимости и функциональных возможностей

На основании проведенного анализа и сравнительного тестирования различных решений было принято решение использовать контроллер Siemens S7–1200 по следующим причинам:

1. Производительность и быстродействие

Контроллер Siemens S7–1200 оснащен мощным процессором с тактовой частотой **100 МГц**, что обеспечивает обработку данных в реальном времени. Это особенно критично для технологического процесса производства ортофосфорной кислоты, где требуется оперативное реагирование на изменения температуры, давления и расхода сырья. [2]

2. Масштабируемость и модульность

Одной из главных особенностей Siemens S7-1200 является его гибкость в конфигурации и возможность масштабирования. Контроллер позволяет подключать дополнительные модули, что дает возможность адаптировать систему к изменяющимся производственным условиям и увеличивать ее функциональность.

Используемая конфигурация включает:

— Центральный процессорный модуль (CPU 1214C) — осуществляет выполнение основных вычислительных операций и управление логическими процессами.

— Модули аналогового ввода (SM 1231 AI) — предназначены для обработки сигналов от датчиков температуры, давления и расхода реагентов.

— Модули дискретного ввода-вывода (SM 1223 DO) — обеспечивают связь с исполнительными механизмами, такими как насосы, задвижки и клапаны.

— Коммуникационный модуль (CM 1241 RS-485) — позволяет интегрировать систему с периферийными устройствами, использующими последовательные интерфейсы связи.

— Блок питания (PM 1207) — обеспечивает стабильное и надежное электропитание всей системы управления.

3. Поддержка промышленных протоколов

Siemens S7-1200 поддерживает PROFINET, что обеспечивает простоту интеграции с исполнительными механизмами и SCADA-системами. Кроме того, наличие встроенной поддержки Modbus TCP/IP и OPC UA существенно облегчает передачу данных в базу данных и интеграцию с внешними информационными системами компании.

4. Простота программирования и настройка в TIA Portal

Контроллер Siemens S7-1200 программируется с использованием TIA Portal, что значительно упрощает про-

цесс разработки, настройки и диагностики системы. Эта среда поддерживает разнообразные языки программирования (LAD, STL, FBD, SCL) и предлагает мощные инструменты для отладки. Для управления используются ПИД-регуляторы, что позволяет эффективно реализовывать адаптивное управление технологическими процессами. Управляющее воздействие рассчитывается по следующей формуле:

$$U(t) = K_p e(t) + K_i \int e(t) dt + K_d \frac{de(t)}{dt}$$

где:

$U(t)$ — управляющий сигнал;

$e(t)$ — ошибка регулирования;

K_p, K_i, K_d — коэффициенты ПИД-регулятора.

5. Надежность и отказоустойчивость

Контроллер Siemens S7-1200 разработан с учетом жестких промышленных требований и обеспечивает высокую надежность работы в условиях химического производства. Встроенные механизмы диагностики позволяют быстро обнаруживать и устранять неисправности. Автоматическая защита от перегрузок и короткого замыкания обеспечивает дополнительную безопасность работы системы.

Выбор контроллера Siemens S7-1200 для автоматизированной системы управления технологическим процессом производства ортофосфорной кислоты был обоснован его высокой надежностью, масштабируемостью, простотой программирования и поддержкой современных технологий. Этот контроллер гарантирует стабильную работу системы, возможность интеграции с SCADA-системами и базами данных, а также поддержку сложных алгоритмов управления. Сравнительный анализ показал, что Siemens S7-1200 является наилучшим выбором для данной задачи, обеспечивая высокую эффективность, снижение рисков сбоев и потенциал для дальнейшего расширения системы.

Литература:

1. Велямов Исследование операций в системе управления производственными процессами / Велямов, Т. Т. — 2.1-№ 2 Ч/З (2). — Алматы: 2-е изд. с доп. — Алматы: Дарын, 2023. — 456 с.
2. Игнатъев, А. А. Современные проблемы управления и автоматизации в машиностроении / А. А. Игнатъев. — учебное пособие / Игнатъев А. А. — Саратов: Саратовский государственный технический университет имени Ю. А. Гагарина, ЭБС АСВ. — Саратов: Саратовский государственный технический университет имени Ю. А. Гагарина, ЭБС АСВ. ISBN 978-5-7433-3399-8: Б. ц., 2019. — 112 с.

Проектирование подсистемы оценки кандидатов по заданным критериям

Евсеев Георгий Михайлович, студент магистратуры

Научный руководитель: Новоселова Ольга Вячеславовна, кандидат технических наук, доцент, зав. кафедрой
Московский государственный технологический университет «СТАНКИН»

Введение

В современном мире подбор персонала является одной из ключевых задач для успешного развития компании. При этом традиционные методы оценки кандидатов, основанные на ручном анализе резюме и проведении интервью, часто сопряжены с рядом существенных трудностей. Прежде всего, такие методы характеризуются высокой субъективностью, поскольку решения зачастую принимаются на основе личных впечатлений и интуитивного понимания, что может привести к ошибкам и упущению перспективных специалистов. Кроме того, ручной анализ требует значительных временных затрат, особенно в условиях быстрого роста объёма данных и увеличения количества кандидатов. Эти факторы подчеркивают актуальность поиска новых, более эффективных и объективных методов оценки, в основе которых может лежать машинное обучение.

Постановка цели и задач

Основной целью исследования является повышение качества подбора персонала и оптимизация процесса принятия решений за счет разработки автоматизированной подсистемы оценки кандидатов. Для достижения этой цели предлагается использование методов машинного обучения, которые позволяют анализировать большое количество данных и выявлять скрытые зависимости, недоступные традиционным методам анализа.

Для достижения цели были определены следующие основные задачи:

- Разработка алгоритмов, способных объективно оценивать кандидатов по заранее определённым критериям.

- Определение ключевых критериев оценки.

В качестве основных параметров для оценки кандидатов были выбраны:

- Опыт работы: Анализ длительности и релевантности предыдущего профессионального опыта.

- Навыки: Оценка наличия профессиональных и технических компетенций, необходимых для конкретной вакансии.

- Образование: Уровень и профиль образования, соответствующие требованиям должности.

Общее описание идеи и подхода к решению

Основная идея подсистемы заключается в том, чтобы перевести традиционный процесс подбора персонала

в цифровую форму, где обработка и анализ данных осуществляются с помощью специализированных алгоритмов.

Подсистема принимает на вход данные о кандидатах (резюме, информация об опыте работы, навыках, образовании) и выполняет следующие этапы:

- Предобработка данных.

Приведение информации к структурированному виду с последующей очисткой и нормализацией. Этот этап включает удаление шумов, исправление ошибок, кодирование категориальных признаков и заполнение пропусков.

- Обучение модели.

На основе подготовленных данных происходит обучение модели машинного обучения, которая классифицирует кандидатов по уровню соответствия требованиям вакансии.

- Оценка и вывод результатов.

Обученная модель предоставляет оценку каждого кандидата, что позволяет HR-специалистам принимать более обоснованные решения и сокращать время на предварительный анализ.

Проектирование подсистемы оценки кандидатов по заданным критериям

Подсистема машинного обучения для оценки кандидатов может быть представлена в виде набора функциональных модулей, взаимодействующих друг с другом в последовательном конвейере обработки данных. Ключевыми структурными элементами являются:

1. Блок исходных данных (модуль входных признаков).
2. Блок предобработки данных (модуль трансформации признаков).
3. Блок классификации (основной классификатор).
4. Блок принятия решения (пороговый элемент).
5. Блок параметризации и управления гиперпараметрами (модуль конфигурации).

Представленная структура является целостной системой, в которой каждый модуль выполняет чётко определённую функцию, а связи между модулями обеспечивают согласованную обработку данных от исходных признаков до итогового решения.

Структура данных кандидатов может варьироваться в зависимости от конкретных потребностей компании и ее подхода к подбору персонала. В исследовании были определены следующие характеристики из резюме кандидатов для обучения модели:

1. Общая информация о кандидате: фамилия, имя, дата рождения, контактные данные (номер телефона, e-mail), проживание и т. д.

2. Опыт работы: перечень предыдущих мест работы, длительность работы, должность, описание обязанностей и достижений на каждом месте работы.

3. Образование: уровень образования, специальность, название учебного заведения, дата окончания.

4. Навыки и компетенции: перечень профессиональных и личностных навыков, которыми обладает кандидат, оценка уровня владения каждым навыком.

5. Рекомендации: контактные данные на референсов, которые могут подтвердить квалификацию и опыт работы кандидата.

6. Дополнительная информация: любая другая информация, которую компания может считать полезной для принятия решения о том, стоит ли пригласить кандидата на собеседование.

Обычно эта информация хранится в базе данных кандидатов, которая может быть интегрирована с другими системами, такими как система управления персоналом или система учета рабочего времени. Это позволяет быстро находить нужных кандидатов, а также отслеживать процесс подбора персонала и вести статистику о проведенных собеседованиях и принятых решениях.

Разработанная структура базы данных для хранения информации о кандидатах представлена на (рисунке 1).

Краткий обзор выбранного стека технологий

Для реализации данной подсистемы использовались следующие технологии:

— Python: Основной язык программирования, обеспечивающий гибкость и обширный набор библиотек для работы с данными.

— pandas: Библиотека для обработки и анализа данных, позволяющая эффективно работать с табличными данными.

— scikit-learn: Набор инструментов для реализации алгоритмов машинного обучения, включающий широкий

спектр методов классификации, в том числе логистическую регрессию.

— matplotlib: для визуализации результатов, для построения графиков диаграмм для контроля качества модели.

Преимущества автоматизации

Применение подсистемы машинного обучения для оценки кандидатов имеет ряд существенных преимуществ:

— Снижение субъективности: автоматизированный анализ позволяет минимизировать влияние человеческого фактора, делая оценку более объективной.

— Повышение точности: использование алгоритмов машинного обучения способствует выявлению закономерностей, которые сложно определить вручную, что повышает точность принятия решений.

— Сокращение временных затрат: автоматизация процесса позволяет значительно ускорить первичный отбор кандидатов, освобождая время HR-специалистов для более детального анализа наиболее перспективных претендентов.

— Адаптивность: подсистема легко масштабируется и может быть адаптирована под изменяющиеся требования рынка труда, что делает её эффективным инструментом в условиях динамичной бизнес-среды.

Заключение

В данной статье представлено проектирование подсистемы машинного обучения для оценки кандидатов, основанной на автоматизации ключевых этапов подбора персонала. Основные выводы исследования заключаются в следующем:

— Традиционные методы оценки кандидатов обладают значительными ограничениями, связанными с субъективностью и высоким уровнем временных затрат.

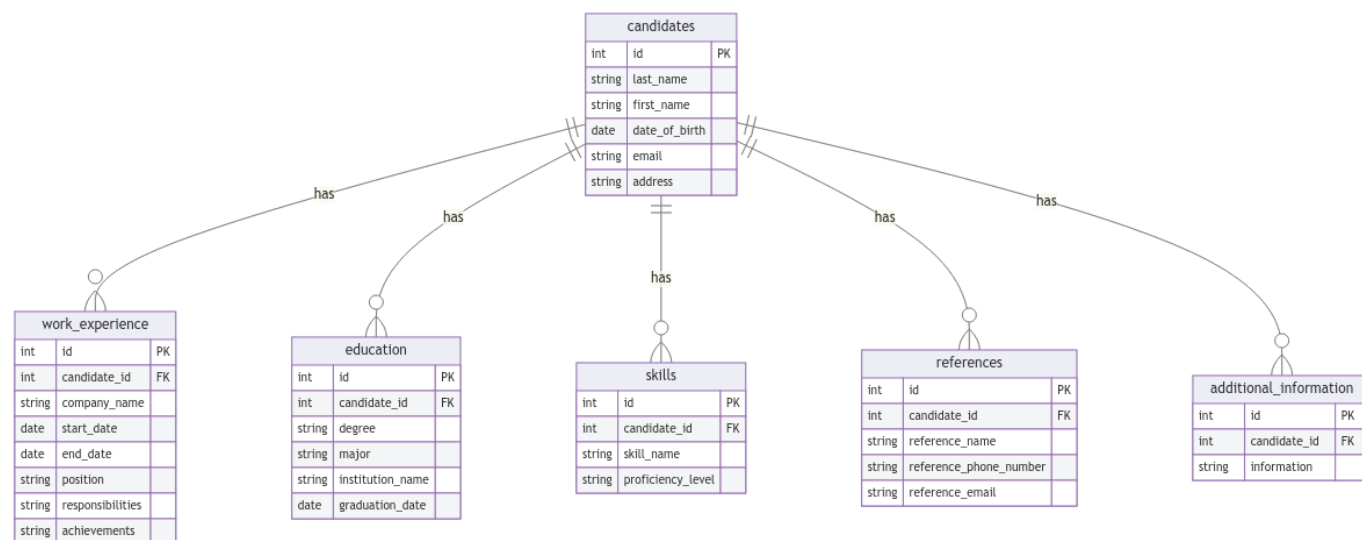


Рис. 1. Структура базы данных

— Автоматизация процесса с использованием методов машинного обучения позволяет объективно оценивать кандидатов по ряду ключевых критериев, таких как опыт работы, навыки, образование.

— Выбранный стек технологий (Python, pandas, scikit-learn) обеспечивает высокую гибкость и точность модели, а также возможность дальнейшей интеграции системы в существующие HR-процессы.

Перспективы дальнейшей разработки включают расширение функциональности подсистемы за счет внедрения

методов обработки естественного языка (NLP) для анализа текстовых данных, а также интеграцию дополнительных источников информации для более комплексной оценки кандидатов. Разработка и внедрение такой подсистемы позволит не только повысить качество подбора персонала, но и оптимизировать затраты времени и ресурсов компании.

Таким образом, предложенная подсистема представляет собой актуальное и перспективное решение, способное значительно улучшить процессы управления человеческими ресурсами в современных организациях.

Литература:

1. Айвазян С. А., Енюков И. С., Мешалкин Л. Д. Прикладная статистика: основы моделирования и первичная обработка данных. — М.: Финансы и статистика, 1983.
2. Айвазян С. А., Енюков И. С., Мешалкин Л. Д. Прикладная статистика: исследование зависимостей. — М.: Финансы и статистика, 1985.
3. Руководство персоналом организации: учеб. для студентов вузов, ... по спец. и направлению «Менеджмент» / В. П. Пугачёв. — Москва: Аспект Пресс, 1998. — 277 с
4. Стратегическое управление человеческими ресурсами организации / В. П. Пугачёв. — Москва: КНОРУС, 2016
5. Флах П. Машинное обучение. — М.: ДМК Пресс, 2015. — 400 с.
6. Загоруйко Н. Г. Прикладные методы анализа данных и знаний. — Новосибирск: ИМ СО РАН, 1999
7. Горбань А. Н., Дунин-Барковский В. Л. и др. Нейроинформатика. — Новосибирск: Наука, 1998.

Современные тенденции безопасной конфигурации средств защиты информации

Егоров Юрий Александрович, студент магистратуры
МИРЭА — Российский технологический университет (г. Москва)

В статье автор рассматривает современные подходы к безопасной конфигурации средств защиты информации на примере отечественной ОС Astra Linux Special Edition. Предложена структурированная методика hardening, согласованная с рекомендациями ФСТЭК России и международными стандартами ISO и NIST, с учётом актуальных подходов Zero Trust и DevSecOps.

Ключевые слова: информационная безопасность, Astra Linux, безопасная конфигурация, ФСТЭК, ГОСТ, Zero Trust, DevSecOps, микросегментация, CIS Benchmarks, hardening.

Новые риски в информационной безопасности обусловливают заставлять использовать совершенно новые методики защиты информационных систем. Во времена политики импортозамещения и стремительно растущей цифровизации Российской Федерации критической становится правильная настройка операционных систем на базе Linux. Массово внедрение отечественного дистрибутива Astra Linux Special Edition (SE) в государственных организациях и на объектах критической инфраструктуры подчеркивает важность создания эффективных методик безопасной конфигурации. В конце 2022 года ФСТЭК России опубликовала новые рекомендации, которые вводят обязательные меры усиления защиты («hardening») для Linux-систем до их замены на сертифицированные отечественные решения [1].

Нормативная база и стандарты РФ

Главным документом, регулирующим защиту информационных систем в РФ, выступают требования ФСТЭК, включающие профили защиты операционных систем. Astra Linux SE соответствует профилю защиты ОС типа «А» первого класса защиты (ИТ.ОС.А1.П3), что удостоверяется сертификатом ФСТЭК [1]. Методические рекомендации ФСТЭК детально описывают процедуры настройки, в том числе отключение небезопасных служб, настройку политик доступа, усиление параметров ядра, шифрование данных и ведение журналов аудита. Дополнительно применяется ГОСТ Р ИСО/МЭК 27001–2021, регламентирующий систему управления информационной безопасностью, включая управление конфигурациями [3]. Существенной

частью нормативной базы также является приказ Минцифры России № 274 от 2024 года, определяющий требования к информационным системам госорганов в рамках проекта «ГосТех», нацеленного на стандартизацию и унификацию подходов к информационной безопасности.

Анализ типовых угроз информационной безопасности для Linux-систем

Современные информационные системы Linux подвергаются различным угрозам. Среди них наиболее опасны: несанкционированный доступ, DoS/DDoS-атаки, уязвимости ПО и ошибки в настройках. Наибольший риск несет некорректно настроенная система, где ошибки конфигурации способны привести к полному взлому. Например, использование стандартных или простых паролей, плохая сегментация сети и неконтролируемое выполнение привилегированных команд увеличивают вероятность успешных атак. В случае с Astra Linux SE ключевую роль играют контроль доступа и строгое разграничение прав, поскольку это напрямую уменьшает вероятность компрометации отдельных компонентов системы и защищает инфраструктуру в целом.

Международные стандарты и бенчмарки

Зарубежные стандарты существенны для формирования подходов к безопасной настройке. ISO/IEC 27002:2022 добавил отдельный контроль (Control 8.9) для управления конфигурациями, акцентируя потребность в регулярном аудите аппаратных и программных настроек с целью обеспечения безопасности [4]. NIST в своих ре-

комендациях (например, SP 800–53 и SP 800–207) описывает подходы к созданию архитектуры Zero Trust, делая акцент на строгой авторизации и разделении сетевых ресурсов [5]. Особое значение имеют бенчмарки Центра Интернет-безопасности (CIS Benchmarks), предоставляющие подробные чек-листы и автоматизированные методы для безопасной настройки Linux-систем [6].

Современные подходы: Zero Trust и DevSecOps

Ключевой тенденцией в сфере безопасности служит концепция Zero Trust («нулевое доверие»), основанная на идее минимального доверия любому узлу сети, с обязательной аутентификацией и авторизацией каждого запроса. Данная модель требует применения микросегментации сети, существенно сокращающей риск бокового перемещения злоумышленника в инфраструктуре, тем самым уменьшая возможный урон [5]. В применении к ОС Astra Linux SE, это подразумевает тщательное разделение сетей на сегменты, ограничение прав пользователей и строгий контроль доступа.

Методология DevSecOps — ещё одно важное направление. Она предусматривает интеграцию задач безопасности на всех стадиях жизненного цикла ПО, автоматизацию проверок конфигураций и оперативное реагирование на обнаруженные уязвимости. В отношении Astra Linux это предполагает автоматизацию применения политик безопасности посредством инструментов инфраструктуры как код (например, Ansible), а также интеграцию проверок безопасности в процессы непрерывной интеграции и развертывания (CI/CD) [6].

Таблица 1. Соответствие профилей защиты ФСТЭК, CIS Benchmark и ISO 27002 (Control 8.9)

Требования ФСТЭК	CIS Benchmark	ISO 27002 (Control 8.9)
Отключение небезопасных служб	CIS 2.2.1	Регулярный аудит конфигураций
Усиление параметров ядра	CIS 3.3.1	Фиксация параметров конфигураций
Политики доступа (RBAC)	CIS 5.2.2	Контроль доступа и управления правами
Шифрование данных	CIS 6.3.2	Защита конфиденциальности информации
Политики аудита и мониторинга	CIS 4.1.1	Мониторинг и контроль изменений

Автоматизация процессов hardening и аудита конфигураций

Эффективность безопасной конфигурации значительно возрастает благодаря автоматизации её внедрения и контроля. На практике используются такие инструменты, как Ansible, OpenSCAP и Lynis. Ansible автоматизирует применение типовых политик безопасности посредством использования ролей и сценариев (playbooks). Этот подход гарантирует идентичность настроек на множестве серверов и обеспечивает соответствие корпоративным требованиям и рекомендациям регуляторов. OpenSCAP осуществляет автоматизированный аудит конфигураций на соответствие стандартам безопасности, используя профиль безопас-

ности, удовлетворяющий требованиям ФСТЭК или CIS Benchmark. Lynis, в свою очередь, выполняет детальный анализ системы, обнаруживая ошибки конфигурации и потенциальные угрозы, предлагая практические рекомендации по их устранению. Внедрение данных инструментов позволяет существенно сократить время на аудит и настройку, а также минимизировать человеческий фактор и вероятность ошибок при конфигурировании.

Опыт применения Astra Linux SE на объектах критической инфраструктуры

Опыт применения Astra Linux SE на критических объектах РФ показывает высокую результативность предло-

женных методов и стратегий. В частности, эта ОС успешно функционирует в инфраструктуре госучреждений, медицины, финансовой и энергетической отраслях. Ключевым фактором является обеспечение соответствия требованиям ФСТЭК, регулирующим защиту конфиденциальных и критически важных данных. На примере государственных информационных систем внедрение методики усиления защиты, основанной на принципах Zero Trust и DevSecOps, позволило существенно повысить уровень защиты от несанкционированного доступа и утечек, а также оперативно реагировать на обнаруженные уязвимости и инциденты. Это подтверждается снижением числа успешных атак и инцидентов ИБ в организациях, внедривших стандартизированную конфигурацию Astra Linux SE.

Использование представленных в исследовании методов и подходов даёт возможность упорядочить процесс создания защищённой информационной системы на основе российской операционной системы Astra Linux

Special Edition. Соблюдение нормативных требований регуляторов РФ (в частности, ФСТЭК и ГОСТ Р ИСО/МЭК 27001–2021), а также международных стандартов (ISO/IEC 27002:2022, NIST SP 800–207) достигается благодаря объединению передовых практик безопасной конфигурации, базирующихся на принципах нулевого доверия (Zero Trust) и непрерывной интеграции механизмов защиты в процессы эксплуатации и обслуживания инфраструктуры (DevSecOps). Предложенная структурированная методика укрепления безопасности ориентирована на всестороннюю защиту элементов системы, уменьшение поверхности атаки и быстрое реагирование на изменения конфигурации. Таким образом, обеспечивается высокий уровень киберустойчивости и адаптивности информационной системы в условиях постоянно меняющихся угроз, а также способствует унификации требований при формировании доверенной цифровой среды в контексте национальной стратегии технологического суверенитета.

Литература:

1. ФСТЭК России. Методические рекомендации по обеспечению безопасной настройки ОС Linux [Электронный ресурс]. — URL: <https://fstec.ru> (дата обращения: 01.05.2025).
2. Astra Linux. Продукты Astra Linux [Электронный ресурс]. — URL: <https://astralinux.ru/products/> (дата обращения: 10.02.2025).
3. ГОСТ Р ИСО/МЭК 27001–2021. — М.: Стандартинформ, 2021.
4. ISO/IEC 27002:2022. — Geneva: ISO, 2022.
5. NIST SP 800–207. Zero Trust Architecture [Электронный ресурс]. — URL: <https://www.nist.gov> (дата обращения: 03.05.2025).
6. Center for Internet Security. CIS Linux Benchmark v2.2.0 [Электронный ресурс]. — URL: <https://www.cisecurity.org/benchmark/linux> (дата обращения: 02.05.2025).

Сравнение синтетических и реальных датасетов в компьютерном зрении: проблемы и перспективы

Клюев Данил Евгеньевич, студент магистратуры

Научный руководитель: Пелевин Владимир Николаевич, кандидат педагогических наук, доцент
Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б. Н. Ельцина (г. Екатеринбург)

В данном обзоре систематизируются современные подходы к сравнению синтетических и реальных данных в различных областях компьютерного зрения, уделяя особое внимание RGB-изображениям, тепловизорам и мультиспектральным данным. Наш анализ охватывает как теоретические аспекты оценки качества синтетики, так и практические примеры её применения.

Ключевые слова: машинное обучение, синтетический датасет, реальный датасет, domain gap.

В области компьютерного зрения и машинного обучения вопрос сравнения синтетических и реальных датасетов приобретает всё большую актуальность. Синтетические данные предлагают решение таких проблем, как нехватка размеченных данных, дороговизна сбора реальных данных и вопросы конфиденциальности. Однако их применение сопряжено с рядом вы-

зовов, включая проблему domain gap (разрыва между синтетическими и реальными данными) и вопросы качества генерации. В данной статье мы проведём обзор исследований, сравнивающих синтетические и реальные данные в различных областях компьютерного зрения, включая обычное RGB-зрение, тепловизоры и мультиспектральные данные [1].

Для объективной оценки качества синтетических данных и их сравнения с реальными используются различные метрики:

1. PSNR (Peak Signal-to-Noise Ratio) и SSIM (Structural Similarity Index) — традиционные метрики для оценки качества изображений, измеряющие уровень шума и структурное сходство.

2. FID (Fréchet Inception Distance) — более современная метрика, оценивающая сходство распределений признаков между реальными и синтетическими изображениями.

3. Точность моделей машинного обучения — конечным критерием часто служит производительность моделей, обученных на синтетических данных, при тестировании на реальных данных. Например, в задачах классификации это может быть accuracy, а в задачах детекции — mAP (mean Average Precision).

Исследования показывают, хотя современные методы генерации (GAN, диффузионные модели) позволяют достичь высоких значений PSNR и SSIM, разрыв в производительности моделей между синтетическими и реальными данными может оставаться значительным, особенно в специализированных областях, таких как тепловидение [2].

Синтетические данные широко используются для моделирования редких и опасных ситуаций (например, аварий), которые сложно зафиксировать в реальности. Компании часто комбинируют синтетические данные с реальными для обучения систем компьютерного зрения беспилотников.

Генеративные модели (например, StyleGAN) успешно применяются для создания разнообразных синтетических лиц, что помогает решать проблемы смещения в датасетах.

Исследования показывают, что синтетические тепловые изображения часто не учитывают сложные физические процессы теплопередачи и эмиссии, что приводит к значительному domain gap.

Синтетические данные могут плохо воспроизводить такие сложные условия, как туман, дождь или экстремальное освещение, что ограничивает их применение в критически важных системах.

Синтетические данные часто слишком «чистые» и не содержат артефактов и шумов, характерных для реальных данных, что снижает устойчивость обученных моделей.

Одним из ключевых подходов к уменьшению разрыва между синтетическими и реальными данными являются методы domain adaptation (адаптации домена) и трансферного обучения:

Методы Domain Adaptation направлены на уменьшение различий в распределении признаков между синтетическими (source domain) и реальными (target domain) данными. Например, методы на основе adversarial learning (как в GAN) могут помочь выровнять распределения.

Популярной стратегией является предварительное обучение модели на большом объеме синтетических данных с последующей тонкой настройкой (fine-tuning) на небольшом наборе реальных данных. Этот подход особенно эффективен, когда сбор реальных данных затруднен.

Некоторые исследования предлагают комбинировать синтетические и реальные данные на этапе обучения, что может дать лучшие результаты, чем использование только одного типа данных.

Несмотря на существующие проблемы, область синтетических данных продолжает активно развиваться. Ключевые направления будущих исследований включают:

Улучшение физической достоверности синтетических данных, особенно в специализированных областях, таких как тепловидение и мультиспектральная визуализация.

Разработку более совершенных метрик для оценки качества синтетических данных, учитывающих не только визуальное сходство, но и пригодность для обучения моделей.

Создание методов генерации, способных воспроизводить редкие и аномальные случаи, которые сложно зафиксировать в реальных данных.

Улучшение методов domain adaptation для более эффективного переноса знаний с синтетических на реальные данные.

Проведенный анализ сравнения синтетических и реальных датасетов в компьютерном зрении позволяет сделать несколько значимых выводов. Синтетические данные действительно представляют собой революционный инструмент, предлагающий решение фундаментальных проблем современного машинного обучения: от преодоления дефицита размеченных данных до этических вопросов работы с персональной информацией. Особенно ценным их свойством является возможность генерации редких и опасных сценариев, которые практически невозможно зафиксировать в реальных условиях.

Однако на текущем этапе развития технологий мы наблюдаем парадоксальную ситуацию: несмотря на впечатляющие результаты по формальным метрикам (PSNR, SSIM, FID), практическая эффективность моделей, обученных исключительно на синтетике, часто уступает классическим подходам. Это особенно заметно в специализированных областях, таких как тепловизионное зрение, где физическая достоверность данных играет критическую роль.

Литература:

1. Копылов Денис Александрович, Агешин Егор Сергеевич, Хомутская Ольга Владиславовна Формирование синтетических данных для обучения системы компьютерного зрения // Автоматизация и моделирование в проектировании и управлении. 2022. № 4 (18). URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/formirovanie-sinteticheskikh-dannykh-dlya-obucheniya-sistemy-kompyuternogo-zreniya> (дата обращения: 08.05.2025).

2. В. С. Бочков, Л. Ю. Катаева, Д. А. Масленников, Д. А. Масленников Применение архитектуры глубокого обучения U-Net для решения задачи выделения высокотемпературных зон пожара на видео // Труды НГТУ им. П. Е. Алексеева. 2019. № 3 (126). URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/primenenie-arhitektury-glubokogo-obucheniya-u-net-dlya-resheniya-zadachi-vydeleniya-vysokotemperaturnyh-zon-pozhara-na-video> (дата обращения: 08.05.2025).

Тепловизионные датасеты в машинном обучении: доступные коллекции и способы их расширения

Клюев Данил Евгеньевич, студент магистратуры

Научный руководитель: Пелевин Владимир Николаевич, кандидат педагогических наук, доцент
Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б. Н. Ельцина (г. Екатеринбург)

В обзоре систематизированы современные тепловизионные датасеты, применяемые в машинном обучении, и проанализированы методы их расширения. Особое внимание уделено проблемам недостаточной репрезентативности существующих коллекций и способам их решения через синтетическую генерацию, аугментацию и трансферное обучение. Рассмотрены перспективные направления развития тепловизионных датасетов с учётом физических особенностей инфракрасного излучения.

Ключевые слова: тепловидение, инфракрасные изображения, датасеты, машинное обучение, синтетические данные, аугментация.

Тепловизионные технологии находят применение в критически важных областях: от военного дела и медицины до промышленного мониторинга, и автономного транспорта [1]. Однако развитие алгоритмов компьютерного зрения для инфракрасного (ИК) диапазона сталкивается с ключевой проблемой — дефицитом качественных размеченных датасетов. В отличие от RGB-данных, сбор тепловизионных изображений осложнён:

- Высокой стоимостью оборудования (тепловизоры в 5–10 раз дороже обычных камер);
- Сложностью получения эталонных данных (например, точных температурных измерений);
- Ограничениями на съёмку в публичных пространствах из-за нормативных актов [2].

На сегодняшний день существует несколько общедоступных датасетов тепловизионных изображений, каждый из которых обладает своими уникальными особенностями и ограничениями. Один из самых популярных наборов данных — FLIR ADAS (Advanced Driver Assistance Systems), который содержит парные изображения в видимом и инфракрасном спектрах. Этот датасет широко используется для разработки и тестирования систем автономного вождения, поскольку он включает разнообразные сценарии дорожных условий и объектов, таких как пешеходы, автомобили и препятствия. Однако FLIR ADAS ограничен относительно узким спектром сценариев, что может стать проблемой при обучении моделей, предназначенных для работы в более разнообразных условиях.

Другой значимый ресурс — KAIST Multispectral Dataset, предоставляющий обширную коллекцию изображений, сфокусированных на распознавании пешеходов. Этот датасет объединяет данные в видимом и инфра-

красном спектрах, что позволяет моделям лучше справляться с различными условиями освещения и погодными условиями. Несмотря на это, качество ночных снимков в KAIST Multispectral страдает из-за повышенного уровня шума, что снижает эффективность моделей машинного обучения, обученных на этих данных, при работе в условиях низкой освещённости.

Перед исследователями стоит непростая задача — как расширить существующие ограниченные коллекции тепловизионных данных для улучшения обучения и общей производительности моделей. Одним из перспективных подходов является использование методов синтетической генерации данных. Современные инструменты, такие как ThermoSim, разработанный на базе игрового движка Unity, позволяют моделировать сложные физические процессы теплопередачи, создавая правдоподобные тепловые изображения различных объектов в различных условиях окружающей среды. Этот инструмент предоставляет возможность точно задавать параметры материалов, источников тепла, а также условия освещения и погодные факторы. Однако такой подход требует высокой точности при настройке параметров модели, что может быть затруднительно при моделировании сложных или нестандартных сцен.

Альтернативным путем является применение генеративно-состязательных сетей (GAN) для преобразования обычных видимых изображений в тепловые. Например, модели типа ThermalGAN демонстрируют впечатляющие результаты в плане визуального сходства синтетических тепловых изображений с реальными. GAN способны генерировать детализированные и разнообразные тепловые карты, что делает их полезными для расширения тренировочных наборов данных. Однако существует значи-

тельная проблема — генеративные модели часто искажают абсолютные температурные значения, что особенно критично для приложений, где точные температурные измерения имеют важное значение, таких как медицинская диагностика или промышленный контроль процессов.

Не менее важны методы аугментации данных, которые позволяют увеличить количество тренировочных примеров без необходимости создания новых изображений. В случае тепловизионных данных особую актуальность имеют преобразования, учитывающие физические особенности инфракрасного излучения. Такие как:

- Добавление температурного шума: имитация погрешностей, вызванных неточностями датчиков теплового излучения, позволяет моделям лучше справляться с реальными условиями эксплуатации.
- Реалистичное отражение тепла: моделирование отражения теплового излучения от различных поверхностей с учётом их излучательной способности помогает повысить устойчивость моделей к различным материалам и поверхностям.
- Изменение условий освещения и погодных условий: такие преобразования, как добавление эффектов тумана, дождя или изменения интенсивности освещения, улучшают способность моделей к адаптации к разнообразным реальным сценариям.

Особого внимания заслуживает стратегия трансферного обучения, при которой модель сначала обучают на большом объёме синтетических данных, а затем дорабатывают на небольшом наборе реальных изображений. Этот подход демонстрирует значительное повышение точности моделей — до 20–25 % по сравнению с обучением исключительно на реальных данных. Трансферное обучение особенно эффективно в ситуациях, когда сбор реальных данных затруднён или ограничен, что часто происходит с тепловизионными изображениями из-за высокой стоимости оборудования и требований к конфиденциальности.

Несмотря на значительный прогресс в области создания и использования синтетических тепловизионных данных, остаётся ряд нерешённых проблем.

Одной из главных проблем является сохранение физической достоверности синтетических данных, особенно в части абсолютных температурных значений и динамических процессов изменения тепловых картин. Даже небольшие отклонения могут существенно повлиять на точность моделей в реальных приложениях.

Текущие метрики, такие как PSNR и SSIM, хорошо подходят для оценки визуального качества изображений, но они зачастую не учитывают специфические особенности тепловизионных данных, такие как распределение температуры или физические свойства излучения. Это ослож-

няет объективную оценку качества синтетических тепловых изображений.

Разрыв между распределениями синтетических и реальных данных (domain gap) может снижать обобщающую способность моделей, обученных на синтетических данных, при работе с реальными изображениями.

Создание высококачественных синтетических тепловизионных данных требует значительных вычислительных ресурсов и тщательной настройки параметров, что может быть дорого и времязатратно.

Перспективы развития в области тепловизионных датасетов видятся в нескольких ключевых направлениях

Сочетание реальных и синтетических данных может помочь преодолеть существующие ограничения обоих типов данных. Гибридные датасеты позволяют использовать преимущества синтетических данных для увеличения объёма и разнообразия, одновременно используя реальные данные для обеспечения физической достоверности и улучшения способности моделей к обобщению.

Необходимо создание новых метрик, специально адаптированных для тепловизионных изображений, которые учитывают физические аспекты инфракрасного излучения, такие как точность температурных измерений, распределение тепловых потоков и динамику изменений.

Разработка и внедрение инструментов, способных автоматически или полуавтоматически размечать тепловизионные изображения, может значительно сократить трудозатраты на подготовку данных и повысить их качество. Это особенно важно для приложений, требующих высокой точности и детализации разметки.

Включение физических моделей теплообмена и излучения непосредственно в процесс генерации синтетических данных может значительно повысить их достоверность и уменьшить domain gap.

Синтетические тепловизионные данные становятся всё более важным инструментом в развитии компьютерного зрения и машинного обучения. Они предлагают решения для многих существующих проблем, связанных с ограниченностью и дороговизной реальных данных. Однако успешное применение синтетических данных требует тщательного подхода к оценке качества и методов снижения разрыва между синтетическими и реальными данными. Постоянное развитие технологий генерации данных, создание специализированных метрик и улучшение инструментов разметки открывают новые перспективы для интеграции синтетических тепловизионных данных в реальные приложения. В будущем это позволит значительно расширить возможности тепловизионных технологий в медицине, промышленности, системах безопасности и автономном транспорте, делая их неотъемлемой частью современных систем компьютерного зрения.

Литература:

1. FLIR Thermal Dataset for Autonomous Driving. 2021. URL: [flir.com](https://www.flir.com/thermal-vision/dataset)
2. Hwang S. et al. Multispectral Pedestrian Detection Benchmark // IEEE TPAMI. 2020.

Реализация логики управления в TIA Portal

Маматаева Дильноза Умаровна, старший преподаватель;
Байжарикова Марина Айтмухановна, кандидат технических наук, доцент;
Айтбаева Замира Кишкембаевна, старший преподаватель;
Бейшен Ернар Манатович, специалист IT;
Жапаров Бакдаулет Уалиханулы, студент магистратуры
Таразский региональный университет имени М. Х. Дулати (Казахстан)

В данной статье обсуждается автоматизация систем управления технологическим процессом производства ортофосфорной кислоты, осуществленная с применением TIA Portal и контроллера Siemens S7-1200. Управляющая логика охватывает все важные аспекты процесса, включая контроль аварийных параметров, обработку аналоговых и дискретных сигналов, реализацию защитных систем и взаимодействие с оператором через SCADA.

Ключевые слова: ПЛК, АСУ, контроллер, автоматизация, давление, управление, архитектура, мнемосхема, SCADA-система, датчики температуры, ПИД-регулятор, **Siemens S7-1200**.

Общая архитектура логики управления

Логика работы контроллера была разбита на несколько программных модулей (OB, FB, FC), которые обеспечивают:

- Обработку входных и выходных сигналов
- Реализацию алгоритмов аварийной защиты
- Управление насосами, клапанами и вентиляторами
- Взаимодействие с SCADA для визуализации параметров

Система управления разработана в соответствии с IEC 61131-3 и использует LAD (схема лестничного типа), STL (список операторов) и FBD (блоковая диаграмма функций).

Структура программы в TIA Portal

Программа состоит из следующих основных блоков:

Таблица 1. Структура программы в TIA Portal

Название блока	Описание
OB1 (Main)	Основной цикл обработки программы
FB10 (Аналоговые сигналы)	Масштабирование аналоговых значений и фильтрация
FB20 (Аварийные защиты)	Контроль критических параметров и отключение системы при аварии
FB30 (Логика управления клапанами)	Открытие/закрытие клапанов в зависимости от технологического режима
FB40 (Управление насосами)	Включение/отключение насосов по алгоритму работы
FB50 (SCADA и HMI интерфейс)	Связь с операторской панелью и визуализация параметров

Реализация аварийной защиты

Важнейшей частью логики является контроль **четырёх аварийных параметров**:

1. **Температура кислоты** (Отключение при > 80°C)
2. **Давление воздуха в форсунке** (Отключение при < 3 бар)
3. **Разряжение воздуха** (Отключение при < 10 Па)
4. **Давление в монжусе** (Отключение при > 3 бар)

При срабатывании любого из этих условий **контроллер инициирует аварийное отключение подачи фосфора** путем закрытия клапана подачи воды в монжус. [1]

Пример реализации в LAD:

```
IF %IW100 >= 80 THEN;  
%Q0.0:= FALSE; // Закрытие клапана воды;  
END_IF;  
IF %IW101 < 3 THEN
```

```
%Q0.0:= FALSE; // Закрытие клапана воды;
END_IF;
```

При этом SCADA WinCC отображает **аварийный сигнал**, чтобы оператор мог принять дополнительные меры.

Логика управления клапанами

Система состоит из нескольких видов клапанов:

- Клапан для подачи воды в монжус (%Q0.0)
- Клапан для подачи воздуха на форсунки (%Q0.1)
- Клапан для подачи фосфора (%Q0.2)

Функционирование клапанов зависит от состояния датчиков и указаний оператора. К примеру:

- В автоматическом режиме управление клапанами осуществляется по алгоритму.
- В ручном режиме оператор имеет возможность открывать или закрывать клапаны вручную.
- Пример алгоритма работы клапана для подачи воды:

```
IF %M1.0 = 1 THEN // Автоматический режим;
IF %I1.0 = 0 THEN // Температура в норме;
%Q0.0:= TRUE; // Открыть клапан;
ELSE
%Q0.0:= FALSE; // Закрыть клапан
END_IF;
END_IF;
```

Управление насосами

В системе используются насосы:

- Насос подачи кислоты (%Q1.0)
- Насос рециркуляции кислоты (%Q1.1)

Логика управления насосами:

- Если давление в системе **нормальное**, насос работает.
- Если давление **ниже критического уровня**, насос отключается.

Пример кода в LAD:

```
IF %I2.0 = 1 THEN // Давление нормальное
%Q1.0:= TRUE; // Насос работает
ELSE
%Q1.0:= FALSE; // Остановка насоса
END_IF;
```

Конфигурирование контроллера и модулей ввода-вывода

В этом проекте в качестве основного контроллера применяется Siemens S7–1200, который отвечает за сбор и обработку входных сигналов, выполнение логики управления и управление исполнительными механизмами. Периферийные модули ввода-вывода обеспечивают получение данных от сенсоров и передачу управляющих команд на исполнительные устройства.

Настройка программируемого логического контроллера Siemens S7–1200 и его периферийных модулей представляет собой ключевой этап при создании автоматизированной системы управления (АСУ). Этот процесс охватывает выбор конфигурации аппаратных компонентов, установку параметров сети, адресацию входных и выходных сигналов, а также интеграцию контроллера с периферийными устройствами и SCADA-системой. Правильная настройка контроллера способствует высокой надежности управления, снижению числа ошибок и обеспечению стабильной работы технологического процесса.

Выбор и конфигурация контроллера

Контроллер **Siemens S7–1200** был выбран для реализации системы управления благодаря его следующим преимуществам:

- **Высокая надежность**, промышленная сертификация и устойчивость к внешним воздействиям.
- **Гибкость конфигурации**, возможность подключения дополнительных модулей расширения.

- **Широкие возможности программирования**, поддержка языков IEC 61131–3 (LAD, FBD, STL, SCL).
- **Поддержка промышленных сетей**, интеграция через PROFINET, Modbus TCP/IP.
- **Совместимость с SCADA**, возможность подключения к HMI и WinCC.

Для данного проекта была выбрана модель **Siemens S7–1200 CPU 1214C** (артикул 6ES7214–1AG40–0XB0), обеспечивающая достаточную вычислительную мощность и расширяемость, рис. 1.

В рамках конфигурации контроллера были использованы следующие модули:

- **SM 1231 AI (4AI)** — 4 аналоговых входа для подключения датчиков температуры и давления;
- **SM 1232 AQ (2AQ)** — 2 аналоговых выхода для управления исполнительными механизмами;
- **SM 1223 DI/DO (16DI/16DO)** — 16 дискретных входов и 16 выходов для контроля состояния датчиков и управления насосами и клапанами;
- **Коммуникационный модуль CM 1241** — для обмена данными с системами по протоколу **Modbus RTU**.

Каждый модуль подключается к центральному процессору через его встроенную **шину расширения**, который обеспечивает стабильный обмен данными.

Настройка сети и коммуникаций.

Siemens S7–1200, также поддерживает несколько сетевых интерфейсов для взаимодействия с другими устройствами:

- **PROFINET**, используется для связи контроллера с операторскими панелями **HMI** и системами **SCADA**.
- **Modbus TCP/IP**, обеспечивает передачу данных между контроллером и системой верхнего уровня (**WinCC**).
- **RS-485 (Modbus RTU)**, применяется для связи с датчиками и исполнительными устройствами.

Настройка сети выполнялась в TIA Portal:

В разделе **Device Configuration** был задан IP-адрес контроллера: **192.168.0.1**. (рис. 2)

Включена поддержка **OPC UA** для передачи данных в **SCADA**.

Настроены параметры обновления данных (цикл 500 мс для аналоговых значений, 100 мс для дискретных). [2]

Определение и настройка аналоговых и дискретных сигналов

Настройка аналоговых и дискретных сигналов является ключевым этапом в проектировании (АСУ), автоматизированной системы управления. Аналоговые сигналы, обеспечивают точное измерение физических параметров, таких как температура, давление и расход жидкости, а дискретные сигналы используются для их управления исполнительными механизмами, и контроля состояний технологического оборудования. Корректное конфигурирование этих сигналов позволяет обеспечить стабильную работу системы, позволяет снизить вероятность ошибок и упростить диагностику возможных неисправностей.

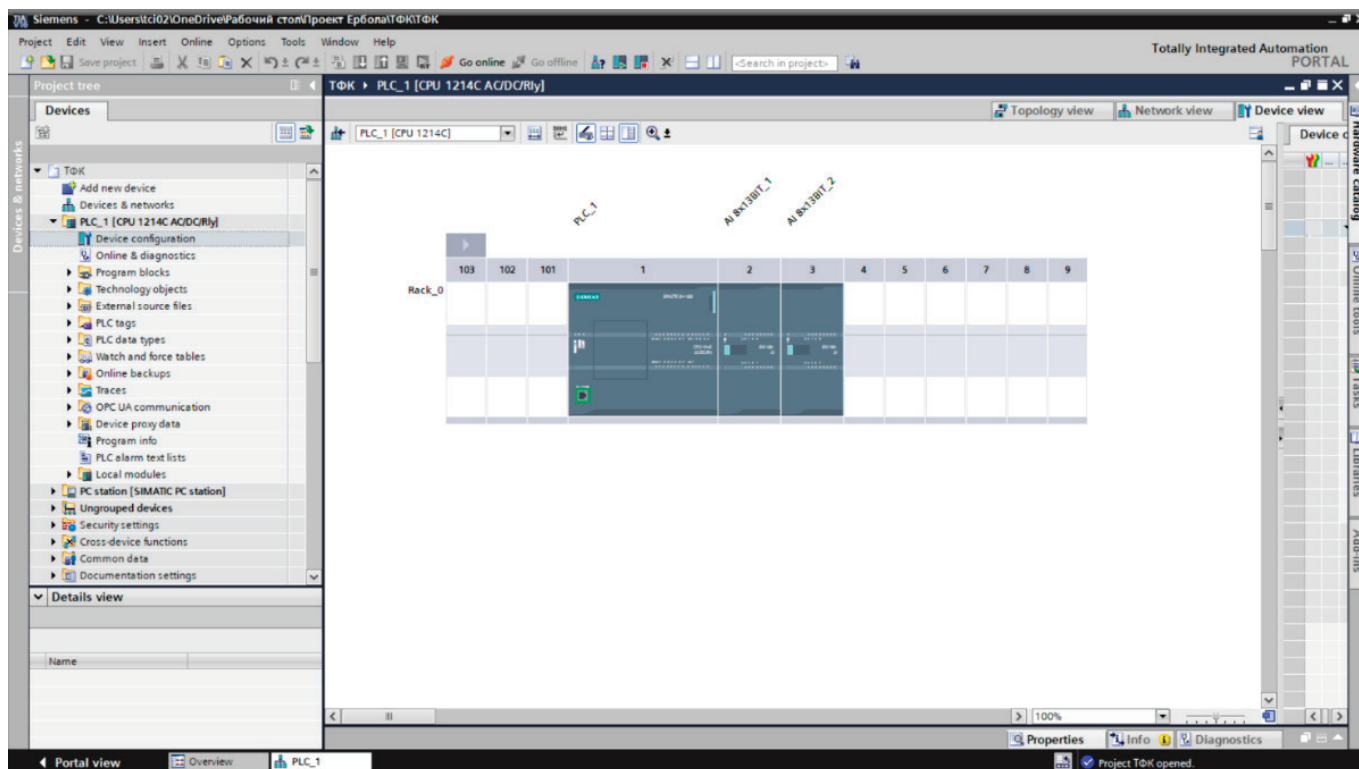


Рис. 1. Подключение периферийных модулей

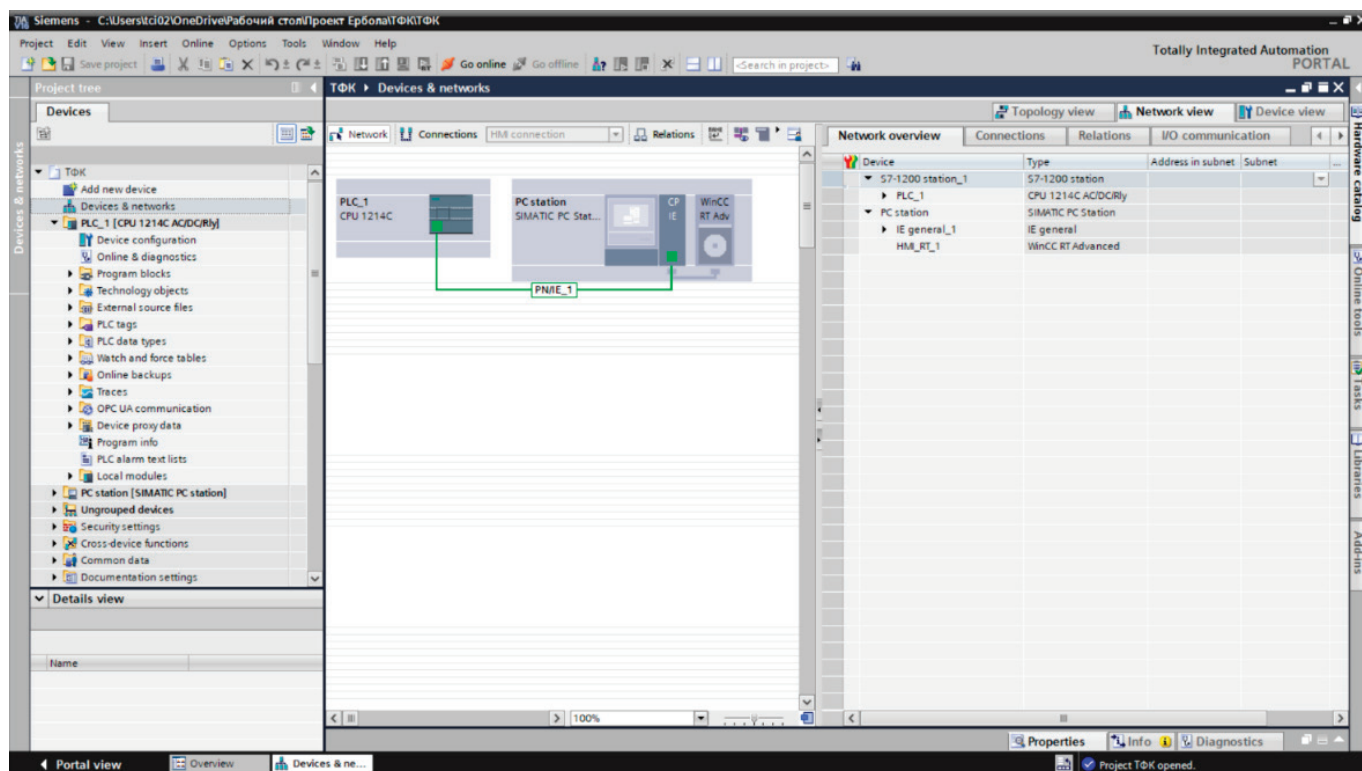


Рис. 2. Настройка сети

Аналоговые сигналы, используются для получения данных о непрерывных изменяющихся параметрах технологического процесса. В данной системе они применяются для измерения следующих параметров:

- Температура кислоты в башне сжигания;
- Давление воздуха в форсунках;
- Разрежение воздуха в технологической линии;
- Давление в монжусе;
- Расход воды для охлаждения.

Каждое аналоговое значение передается в ПЛК в виде электрического сигнала (4–20 мА или 0–10 В), который затем преобразуется в цифровую форму с использованием (АЦП) аналого-цифрового преобразователя (АЦП). После этого данные масштабируются для получения реальных физических значений.

Масштабирование аналоговых сигналов

Чтобы преобразовать полученные данные в удобочитаемый вид, выполняется нормализация и масштабирование: Формула нормализации:

$$X_{\text{норм}} = \frac{X_{\text{вх}} - X_{\text{мин}}}{X_{\text{макс}} - X_{\text{мин}}}$$

Формула масштабирования:

$$X_{\text{физ}} = X_{\text{норм}} \times (Y_{\text{макс}} - Y_{\text{мин}}) + Y_{\text{мин}}$$

где:

$X_{\text{вх}}$, входной цифровой сигнал,

$X_{\text{мин}}$, $X_{\text{макс}}$, минимальное и максимальное значение сигнала на входе,

$Y_{\text{мин}}$, $Y_{\text{макс}}$, соответствующие минимальное и максимальное физическое значение.

Пример: Если датчик температуры передает сигнал в диапазоне 4–20 мА, а температура изменяется от 0 до 150°C, то тогда, полученный сигнал необходимо пересчитать в градусы.

Настройка аналоговых входов в TIA Portal выполняется через функции NORM_X и SCALE_X:

NORM_X (IN:= %IW64, MIN:= 0, MAX:= 27648, RET_VAL:= #Temp_Norm)

SCALE_X (IN:= #Temp_Norm, MIN:= 0, MAX:= 150, RET_VAL:= #Temp_Phys)

Таблица 2. Аналоговые параметры системы

Параметр	Диапазон измерения	Тип сигнала	Адрес ввода
Температура кислоты	0–150°C	4–20 мА	%IW64
Давление воздуха	0–10 бар	4–20 мА	%IW66
Разряжение воздуха	0–50 Па	0–10 В	%IW68
Давление в монжусе	0–5 бар	4–20 мА	%IW70

Определение дискретных сигналов

Дискретные сигналы, представляют собой **логические состояния (0/1)** и используются для обработки команд от операторов, контроля состояния технологического оборудования и аварийной защиты.

В системе дискретные входы и выходы применяются для следующих задач:

- Обнаружение аварийных состояний (перегрев, избыточное давление, разряжение).
- Управление исполнительными механизмами (насосами, клапанами, заслонками).
- Фиксация ручных команд оператора (кнопки «СТАРТ», «СТОП»).

Пример работы дискретных сигналов:

— Если **температура кислоты превышает 80°C**, то на вход контроллера поступает сигнал **1**, и система отключает подачу кислоты.

— Если **оператор нажал кнопку «СТАРТ»**, то на выход контроллера передается сигнал **1**, и система запускает насосы подачи кислоты.

Таблица 3. Дискретные параметры системы

Сигнал	Тип	Адрес
Кнопка «СТАРТ»	Дискретный вход	%I0.0
Кнопка «СТОП»	Дискретный вход	%I0.1
Датчик аварийного давления	Дискретный вход	%I1.1
Клапан подачи воды	Дискретный выход	%Q0.0
Насос подачи кислоты	Дискретный выход	%Q1.0

Пример программного кода на языке **LAD**:

```
IF %I0.0 = 1 THEN // Если нажата кнопка «СТАРТ»;
```

```
%Q0.0:= 1; // Открыть клапан подачи воды;
```

```
END_IF;
```

В **TIA Portal** дискретные сигналы конфигурируются следующим образом:

- **Создание проекта**,– добавление контроллера Siemens S7–1200 и его модулей;
- **Присвоение адресов сигналам**, ввод дискретных и аналоговых адресов (%I, %Q);
- **Программирование логики работы**, настройка условий включения/отключения исполнительных механизмов;
- **Тестирование и диагностика**, проверка корректности работы датчиков и выходов.

Определение и настройка аналоговых и дискретных сигналов являются важнейшими этапами разработки системы управления. В данном проекте были выполнены:

- Настройка аналоговых сигналов (масштабирование, фильтрация);
- Конфигурирование дискретных входов и выходов;
- Разработка логики управления в **TIA Portal**;

В результате реализована **стабильная и надежная система управления**, способная контролировать технологический процесс и предотвращать аварийные ситуации.

Литература:

1. Олещук, В. А. Управление системами и процессами / В. А. Олещук. — ISBN 978–5–7765–1298–8: Б. ц. — Комсомольск-на-Амуре: Комсомольский-на-Амуре государственный университет, 2017. — 96 с.
2. Велямов Исследование операций в системе управления производственными процессами / Велямов, Т. Т. — 2.1-№ 2 Ч/З (2). — Алматы: 2-е изд. с доп. — Алматы: Дарын, 2023. — 456 с.

Персонализация и кастомизация интерфейса как способы вовлечь и удержать пользователей

Овчинникова Дарья Николаевна, студент;

Некрасова Екатерина Андреевна, студент

Научный руководитель: Коваленко Татьяна Анатольевна, кандидат технических наук, доцент

Поволжский государственный университет телекоммуникаций и информатики (г. Самара)

В данной статье рассматриваются определения «персонализация» и «кастомизация» интерфейса. Проводится анализ, в ходе которого определяются преимущества и недостатки каждого подхода.

Ключевые слова: интерфейс, персонализация, кастомизация.

В современном мире с каждым днем развивается все больше информационных технологий. Пользователи выбирают множество цифровых продуктов — от приложений до веб-сервисов. В этой высокой конкуренции одного только функционала уже недостаточно, так как немаловажную роль играет пользовательский интерфейс, который необходим для демонстрации возможностей того или иного сайта или сервиса. Всё большее значение приобретает то, насколько удобно и индивидуально воспринимается этот самый интерфейс. По мнению Гарретта, качество пользовательского опыта определяется не только функциональностью, но и тем, насколько продукт отвечает ожиданиям и предпочтениям пользователя [1]. Именно поэтому на первый план выходят два подхода — персонализация и кастомизация, которые позволяют адаптировать продукт под конкретного человека, усиливая его интерес и повышая вероятность того, что он останется с сервисом надолго.

Оба термина связаны с настройкой пользовательского опыта, но между ними есть принципиальная разница. Как подчёркивает Nielsen Norman Group, ключевое отличие заключается в том, что персонализация инициируется системой, а кастомизация — самим пользователем [2]. Персонализация — это процесс адаптации цифровой среды для конкретного пользователя с целью повышения её личной значимости [3]. Например, рекомендации в социальных сетях или стриминговых платформах. Кастомизация — это процесс настройки элементов интерфейса пользователем с целью адаптации цифровой среды под его предпочтения или требования организации, включая изменения внешнего вида и функциональности страницы [4]. Например, выбор темы и шрифтов, расположения элементов.

Каждый из этих подходов делает продукт более комфортным и актуальным для пользователя. Но при этом как персонализация, так и кастомизация имеют некоторые нюансы, которые следует учесть при разработке.

Персонализация опирается на данные и алгоритмы машинного обучения. Чем точнее система предугадывает интересы, тем выше шансы, что пользователь задержится в приложении. Например, в социальных сетях и видеосервисах пользователи могут проводить часы, не совершая активных действий — просто потому, что система самостоятельно предлагает им интересный контент. Из всего

вышеннаписанного можно вынести как преимущества персонализации, так и ее ограничения.

К плюсам персонализации можно отнести то, что алгоритмы, необходимые для персонализации контента, анализируют поведение пользователя: учитываются все клики, просмотры и время взаимодействия с определенным видом информации, чтобы подобрать соответствующий контент. Исследования показывают, что так персонализированные рекомендации могут увеличить не только время использования сервиса, но и его конверсию на 5–10 % [5]. Также некоторые платформы автоматически меняют расположение элементов, выделяя наиболее подходящие для пользователя функции или предложения. Например, интернет-магазины направляют внимание пользователя на товары, он просматривал ранее или добавлял в корзину.

Персонализация имеет некоторые недостатки. Например, ошибки алгоритмов, из-за которых пользователи будут получать неверные рекомендации, что снизит доверие к сервису. Более пугающим недостатком является сбор данных о пользователе, здесь уже затрагиваются вопросы конфиденциальности. Необходимо контролировать список собираемых пользовательских данных и соблюдать баланс между полезностью и навязчивостью. Также стоит дать возможность пользователю самому настраивать количество собираемых данных.

У каждого пользователя есть свои предпочтения, это касается как расположения элементов, так и цветов, шрифтов и иконок. Давая возможность кастомизации приложения, разработчики увеличивают вовлечённость пользователя, так как с помощью этого способа можно создать «свое пространство». Кастомизация так же, как и персонализация обладает собственными преимуществами и ограничениями.

Повышение комфорта использования является главным плюсом кастомизации. Исследования в области нейродизайна показывают, что эмоциональная реакция на интерфейс может существенно повлиять на поведение пользователя [6]. Возможность изменять цветовые схемы (например, выбор темной или светлой темы, настройка собственной) позволяет адаптировать интерфейс под условия освещения и личные визуальные предпочтения. Настройка шрифтов и их размеров, а также применение высококонтрастных тем позволяют адаптировать интерфейс для людей с раз-

личными ограничениями, например, для людей с ослабленным зрением. Помимо комфорта кастомизация позволяет оптимизировать рабочий процесс. Перемещение часто используемых элементов на более удобные позиции (как в панелях инструментов графических редакторов) сокращает время выполнения задач, а создание персонализированных рабочих пространств повышает продуктивность. Когда пользователь сможет создать уникальную визуальную среду (настроить расположение элементов и выбрать цветовую тему), он сформирует особое хорошее отношение к приложению, так как реализация возможностей кастомизации увеличивают показатели удержания пользователей. Возможность настройки интерфейса способствует формированию психологического ощущения «владения» продуктом, что повышает лояльность.

Не стоит забывать и о проблемах кастомизации. Во-первых, слишком большое количество опций настройки может затруднить первоначальное освоение продукта, особенно для неопытных пользователей. Исследования показывают, что при наличии более 7–10 значимых параметров настройки интерфейса пользователи начинают испытывать дискомфорт и могут вообще отказаться как от кастомизации, так и от всего продукта в целом [7]. Во-вторых, реализация гибкой системы кастомизации требует дополнительных ресурсов на проектирование интерфейса настроек, тестирование комбинаций и обеспечение стабильной работы при любых конфигурациях, что влечет за собой усложнение процесса разработки. Также

с каждым обновлением приложения индивидуальные настройки могут начать конфликтовать с новой версией, требуя постоянной доработки со стороны разработчиков.

Во время высокой конкуренции на цифровом рынке, когда каждое приложение борется за внимание пользователя, становится важным не только функционал приложения, но и качество пользовательского опыта. Проведенный анализ демонстрирует, что персонализация и кастомизация являются эффективными стратегиями повышения вовлеченности и удержания аудитории.

Получается, персонализация — позволяет значительно улучшить взаимодействие с пользователем, но ее внедрение требует взвешенного подхода. Важно не только улучшать алгоритмы, но и учитывать этические аспекты, обеспечивая прозрачность сбора данных и возможность пользователя влиять на настройки персонализации.

Кастомизация, в свою очередь, помогает повысить уровень удовлетворенности пользователей, но требует тщательного баланса между гибкостью и простотой. Оптимальный подход предполагает: предоставление ключевых настроек, действительно влияющих на опыт использования и интуитивно понятный интерфейс для управления параметрами.

Из всего вышесказанного можно сделать следующий вывод, что хорошо реализованные системы персонализации и кастомизации могут стать значительным конкурентным преимуществом, повышая как удовлетворенность пользователей, так и их лояльность к продукту.

Литература:

1. Garrett, J. J. The elements of user experience: User-centered design for the Web and beyond / J. J. Garrett. — 2nd ed. —: New Riders, 2010. — 172 с.
2. Customization vs. Personalization. // Nielsen Norman Group. URL: <https://www.nngroup.com/articles/customization-personalization/> (дата обращения: 09.05.2025).
3. Diaz, N. Personalized Digital Advertising: How Data and Technology Are Transforming How We Market / N. Diaz. —: Pearson Education, 2015. — 240 с.
4. Customization of login interface. // Identity Blitz. — URL: <https://identityblitz.ru/glossary/customization-of-login-interface/> (дата обращения: 09.05.2025).
5. The future of personalization—and how to get ready for it. McKinsey & Company. // McKinsey & Company. URL: <https://www.mckinsey.com/capabilities/growth-marketing-and-sales/our-insights/the-future-of-personalization-and-how-to-get-ready-for-it> (дата обращения: 09.05.2025).
6. Weinschenk, S. Neuro-Web design: What makes them click? / S. Weinschenk. —: New Riders, 2009. — 147 с.
7. How Much Personalization Is Enough in UX Design? // UX Magazine. URL: <https://uxmag.com/articles/how-much-personalization-is-enough-in-ux-design> (дата обращения: 09.05.2025).

Влияние искусственного интеллекта на занятость и управление персоналом

Павлюк Александра Владимировна, студент

Научный руководитель: Скларова Ирина Владимировна, старший преподаватель

Пятигорский государственный университет

В последние годы искусственный интеллект (ИИ) значительно изменил ландшафт управления персоналом и занятости. В данной статье рассматривается влияние ИИ на рынок труда, автоматизацию процессов, изменения в тре-

бованиях к навыкам, а также вызовы, связанные с его внедрением. Основное внимание уделяется тому, как организации могут адаптироваться к этим изменениям и использовать ИИ для повышения эффективности управления персоналом.

Ключевые слова: занятость, управление персоналом, автоматизация, трудовой рынок, технологическая трансформация, глобальная конкуренция.

The impact of artificial intelligence on employment and human resources management

Pavlyuk Aleksandra Vladimirovna, student

Scientific advisor: Sklyarova Irina Vladimirovna, senior teacher

Pyatigorsk State University

In recent years, artificial intelligence (AI) has significantly changed the landscape of personnel management and employment. This article examines the impact of AI on the labor market, process automation, changes in skill requirements, and challenges associated with its implementation. The focus is on how organizations can adapt to these changes and use AI to improve the effectiveness of human resources management.

Keywords: employment, personnel management, automation, labor market, technological transformation, global competition.

Искусственный интеллект стал неотъемлемой частью современных бизнес-процессов. Его применение в управлении персоналом открывает новые горизонты, требуя от работников адаптации к изменяющимся условиям труда. Введение ИИ в организацию может привести как к улучшению производительности, так и к значительным изменениям на рынке труда.

Так, по мнению одного из исследователей, объем новых рабочих мест, созданных благодаря ИИ, значительно меньше, чем его отрицательное воздействие на существующую занятость [3].

Производственные секторы особенно подвержены влиянию автоматизации. Внедрение роботов и автоматических систем нередко приводит к снижению потребности в традиционном трудозатратном рабочем процессе. Например, в таких областях, как сборка автомобилей, ИИ становится катализатором замены человека, что вызывает изменение структуры занятости и меняет требования к навыкам работников. Анализ показывает, что несмотря на рост робоно-сервисов, работники все еще должны иметь навыки, которые невозможно заменить, такие как креативность и аналитическое мышление [5].

К этому вступает и необходимость переобучения, что требует от компаний ресурсов для организации программ повышения квалификации и адаптации сотрудников к новым требованиям. В условиях цифровизации и изменения характера работ, работники должны быть готовы меняться и осваивать новые инструменты, чтобы сохранить свою конкурентоспособность. Соответственно, навыки управления ИТ-технологиями становятся все более важными, что требует от компаний пересмотра своих стратегий по работе с персоналом и управления карьерным ростом [1].

Тем не менее, некоторые направления профессиональной деятельности по-прежнему требуют «человеческого» фактора, и работа в таких сферах, как образование, здравоохранение и креативные индустрии, остается актуальной. На этих направлениях спрос на трудозатратные

навыки не уменьшается, а наоборот, возрастает, так как работа с клиентами или пациентами требует особого подхода, который не может быть налажен с помощью ИИ. Вместе с тем, гибкость и адаптивность нового поколения работников становятся важными факторами их востребованности на рынке труда [2].

Более того, с трансформацией рынка труда и изменением знаний и навыков, спрос на работников с не только техническими, но и межличностными навыками будет расти. Например, профессии, требующие навыков общения, работы в команде и креативного мышления, становятся более привлекательными для работодателей. Эти тренды подчеркивают необходимость создания программ для повышения квалификации, адаптации и перенастройки существующих работников, что может поддерживать как экономическую стабильность, так и улучшить качество жизни населения [4].

Сосуществование традиционных и новых профессий в условиях растущего влияния ИИ открывает новые горизонты для организаций. Это требует от руководителей гибкого подхода к управлению персоналом и реальной оценки потенциала сотрудников. Важно понимать, что процесс внедрения ИИ необходимо сопровождать адекватным формированием корпоративной культуры, которая поощряет непрерывное обучение и развитие инновационных компетенций [3].

Таким образом, влияние ИИ на занятость, несмотря на существующие риски сокращения рабочих мест, также открывает новые возможности для их создания и развития. Это требует от работодателей, работников и государства согласованного подхода и эффективной стратегии, направленной на адаптацию к быстро меняющимся условиям современного мира труда. *Преобразование трудового рынка под влиянием ИИ связано с множеством факторов, способствующих увольнению. К ним относятся:*

— автоматизация рутинных задач, которая может привести к снижению потребности в низкоквалифицированном персонале;

— изменение требований к навыкам, требующее от работников постоянного обучения и адаптации;

— экономические условия и потребности бизнеса, принуждающие организации оптимизировать затраты.

Какие задачи искусственный интеллект уже взял на себя? ИИ активно используется для автоматизации процессов рекрутинга, анализа данных о производительности сотрудников, обработки запросов клиентов через чат-ботов и предоставления рекомендаций по обучению. Эти технологии позволяют значительно повысить эффективность и снизить нагрузку на HR-отделы.

Автоматизация работы человека: легенды и действительность. В обществе существует множество мифов о полной автоматизации труда, однако реальность такова, что большинство процессов требуют человеческого надзора и креативности. Идеальный симбиоз человека и машины обеспечивает более высокую производительность и качество работы.

Согласно исследованиям, количество вакансий, связанных с искусственным интеллектом, растет опережающими темпами. Работодатели отдают предпочтение кандидатам, которые обладают навыками анализа данных, программирования и работы с ИИ-технологиями, что изменяет парадигму образования и профессиональной подготовки [5].

Несоблюдение трендов в области технологий приводит к риску дефицита кадров, так как работодатели предпочитают специалистов, которые могут адаптироваться к новым требованиям. В этом контексте важно акцентировать внимание на непрерывном обучении и переквалификации.

С увеличением применения ИИ в управлении персоналом возникает необходимость в этических и правовых рамках. Разработка норм и стандартов, регулирующих использование ИИ, обеспечит защиту прав работников и социальную справедливость.

Новые технологии позволяют кардинально изменить процесс рекрутинга. Алгоритмы ИИ помогают более точно оценивать кандидатов и оптимизировать его, однако открываются и новые вопросы, связанные с возможной предвзятостью алгоритмов.

Будущее рынка труда будет определяться дальнейшим развитием ИИ. Предполагается, что некоторые профессии исчезнут, но в то же время появится множество новых возможностей для трудоустройства в областях, связанных с технологиями.

Развитие ИИ меняет структуру глобального рынка труда. Компании, активно внедряющие ИИ-технологии, получают конкурентное преимущество, что в свою очередь требует от других адаптации и развития навыков.

Нехватка квалифицированных кадров в области ИИ уже вызывает конкуренцию между компаниями. Факторы вовлечения таких специалистов могут включать не только заработную плату, но и возможности для профессионального роста, ученые степени и прочие социальные гарантии.

Эффективность использования искусственного интеллекта в управлении персоналом и занятости представляет как возможности, так и вызовы. Правильное использование ИИ может значительно повысить производительность и эффективность организации, однако это также требует активного участия всех заинтересованных сторон для минимизации негативных последствий. Важно создать устойчивую экосистему, в которой ИИ будет служить интересам людей, обеспечивая баланс между автоматизацией и необходимостью в человеческом факторе.

Таким образом, данная статья предлагает взгляд на текущие изменения в области занятости и управление персоналом под влиянием искусственного интеллекта и подчеркивает необходимость адаптации бизнеса и работников к этим изменениям.

Литература:

1. Акьюлов Р. И. Современные технологии искусственного интеллекта и занятость населения: проблемы и перспективы регулирования // Вопросы управления. 2019. № 4 (40).
2. Болдырев Н. М. Анализ влияния использования искусственного интеллекта на трудовые места и занятость людей // Вестник науки. 2023. № 9 (66).
3. Давыденко С. В. Влияние искусственного интеллекта на занятость населения // Вестник Прикамского социального института. 2024. № 1 (97).
4. Котов Д. В. Влияние искусственного интеллекта на рынок труда и профессии будущего // Инновационная наука. 2024. № 6–2.
5. Назарова А. Д., Сулимин В. В. Изменения на рынке труда под влиянием искусственного интеллекта: перспективы будущего // Международный журнал прикладных наук и технологий «Integral». 2023. № 2.

Искусственный интеллект в кредитном скоринге:
разработка, обучение и применение модели

Якубин Александр Ярославович, студент магистратуры
Научный руководитель: Резниченко Татьяна Алексеевна, кандидат физико-математических наук, доцент
Белгородский государственный национальный исследовательский университет

В статье представлены результаты эмпирического исследования, в котором машинно-обучающееся решение объединяет транзакционные поведенческие характеристики клиентов с ежедневными макроэкономическими индикаторами. Полученная модель демонстрирует высокую прогностическую способность ($ROC-AUC = 0,88$; $точность = 0,83$) и устойчива к внешним рыночным шокам благодаря включению экзогенных факторов. Распределение клиентов по сегментам риска подтверждает практическую применимость подхода для портфельного управления и ценообразования.

Ключевые слова: скоринг, риск, модель, данные, клиент, поведение, макроэкономика.

Возрастающая волатильность финансовых рынков, ускоряемая геополитическими и технологическими факторами, вынуждает кредитные организации регулярно пересматривать процедуры оценки заёмщиков. Современные рекомендации Базельского комитета (BCBS, 2023)-подчёркивают приоритет адаптивных моделей, способных учитывать не только исторические параметры клиента, но и быстро меняющуюся внешнюю среду [1]. В такой парадигме классические скоринговые карты—основанные в основном на статических социодемографических переменных—теряют актуальность: они слабо чувствительны к поведенческим аномалиям и не отражают конъюнктурные колебания [3].

Интеграция методов искусственного интеллекта (ИИ), прежде всего машинного обучения, открывает возможность синтезировать две качественно разные информационные плоскости [4]:

- микро-уровень — ежедневные транзакционные паттерны клиента (частота, сумма, дисперсия операций);
- макро/мезо-уровень — макроэкономические индикаторы, формирующие «климат» кредитных рисков (курс рубля, индексы товарных рынков, ключевая ставка).

Такой синтез, по существу, превращает скоринг в многомерную систему раннего предупреждения, где каждая новая транзакция «переоценивает» риск практически в реальном времени [2]. Главная исследовательская задача настоящей работы заключалась в том, чтобы эмпирически проверить: повышается ли прогностическая способность логистической модели, если к поведенческим признакам добавить ежедневный макро-блок, и сохраняется ли эта способность в периоды рыночных шоков [5].

Исследование основано на массиве высокочастотных финансовых данных, охватывающем более 4,2 миллиона

индивидуальных транзакций, совершённых 139 тысячами клиентов розничного коммерческого банка в период с 2016 по 2022 годы. Для каждой транзакции, зафиксированной в системе, дополнительно подгружались и присоединялись макроэкономические показатели, актуальные на дату операции. В частности, использовались:

- ежедневные котировки нефти Brent (в качестве индикатора глобальной волатильности и цен на энергоносители),
- индекс Московской биржи (как прокси для общего состояния отечественного фондового рынка),
- курсы валют (USD и EUR к рублю) и
- ключевая ставка Банка России (основной денежно-кредитный инструмент регулятора).

На выходе была сформирована матрица признаков размерности $N \times 20$, где N — число клиентов, а 20 — количество независимых переменных (включая агрегаты поведенческой активности и макроэкономические индикаторы). Целевая переменная представляла собой бинарную метку, обозначающую принадлежность клиента к группе повышенного риска. Данная метка была построена как дефолт-суррогат на основе анализа нестандартных паттернов поведения (высокая вариативность сумм, нерегулярность активности, снижение среднего чека и пр.), при отсутствии прямой информации о факте невозврата.

Точность прогноза. На контрольной выборке (20 % наблюдений) достигнуты следующие показатели, представленные в таблице 1.

Высокое значение AUC подтверждает способность модели надёжно ранжировать клиентов по градиенту риска, а сбалансированная F-мера свидетельствует о правильном выборе порога отсечки.

Таблица 1. Результаты точности прогноза

Метрика	Значение
Accuracy	0,83
Precision (класс 1)	0,76
Recall (класс 1)	0,71
F1-мера	0,73
ROC-AUC	0,88

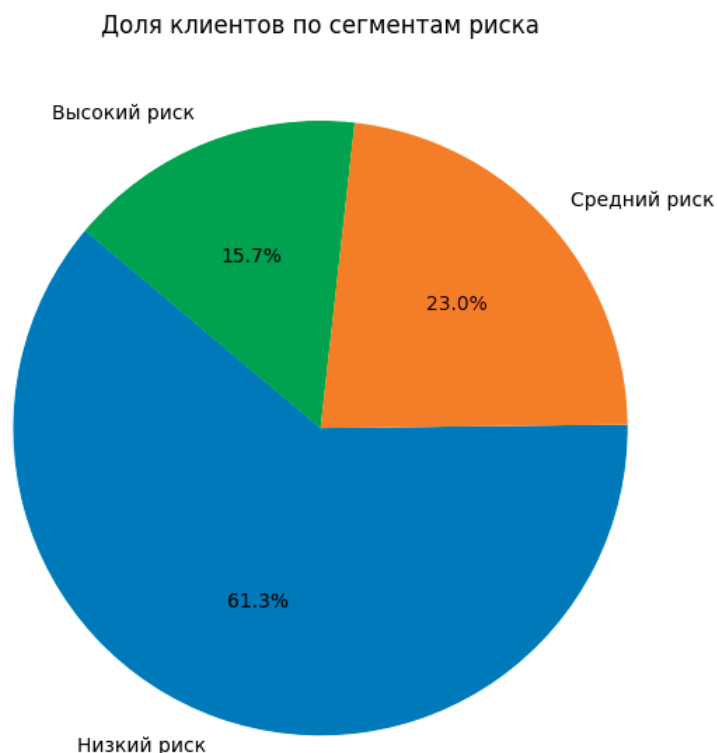


Рис. 1. Доля клиентов по сегментам риска

Сегментация портфеля. На рис. 1 приведено итоговое распределение клиентов:

- 61,3 % — низкорисковый сегмент;
- 23,0 % — средний риск;
- 15,7 % — высокий риск.

Преобладание низкорискового сегмента (61,3 %) обеспечивает банку широкий кредитный фронт при контролируемом уровне потерь. При этом доля клиентов с высоким риском составляет лишь 15,7 % и остаётся стабильной на протяжении всего горизонта тестирования, что говорит о надёжности алгоритма классификации. Визуально это подтверждается на рис. 1, где низкий риск представлен крупнейшим сегментом диаграммы.

Профиль факторов. Весовые коэффициенты логистической регрессии показывают, что наибольший вклад в риск вносят:

- (i) высокое стандартное отклонение суммы транзакций,
- (ii) низкая средняя сумма операции и
- (iii) частота операций $< 0,5$ в день.

Макроэкономические переменные выступают корректорами: рост ключевой ставки и ослабление рубля увеличивают вероятность отнесения клиента к сегменту «Высокий риск» в среднем на 2–3 п.п. Распределение выведено на рисунке 2.

Устойчивость к шокам. Ретроспективное стресс-тестирование (шок VIII 2020 г.) показало, что при 20-процентном падении индекса МосБиржи и усилении волатильности курса USD точность прогноза снизилась лишь до 0,79, а ROC-AUC осталась выше 0,85. Это подтверждает гипотезу о компенсирующей роли макро-фич, которые

«объясняют» глобальный всплеск риска без ухудшения дискриминации внутри портфеля.

Полученные результаты демонстрируют, что комбинированная модель превосходит классическую транзакционную (без макро-данных) в среднем на 6–8 п.п. по ROC-AUC. При этом логистическая регрессия остаётся интерпретируемой, позволяя аналитикам формулировать гибкие кредитные политики и адаптировать порог решения под стратегические цели банка.

Следует отметить, что при дальнейшем расширении выборки (включение 2023 г.) ожидается рост доли сегмента «Средний риск». Это связано с неоднородностью послекризисного поведения заёмщиков и появлением новых платежных паттернов (например, C2C-переводы). После дообучения на обновлённом датасете модель способна без потери точности отреагировать на эти изменения, сохранив прежнюю интерпретируемость.

Интеграция поведенческих признаков клиентов с макроэкономическими индикаторами в единой системе искусственного интеллекта обеспечивает банку:

- точность ранжирования риска (ROC-AUC $> 0,85$ даже в периоды рыночных шоков);
- стабильность сегментации портфеля во времени;
- прозрачность алгоритма, удовлетворяющую нормативным требованиям.

Таким образом, представленный подход может служить надёжным ядром для платформенной кредитной фабрики с дальнейшей надстройкой: раннее предупреждение дефолта, динамическое ценообразование и адаптивное лимитирование.

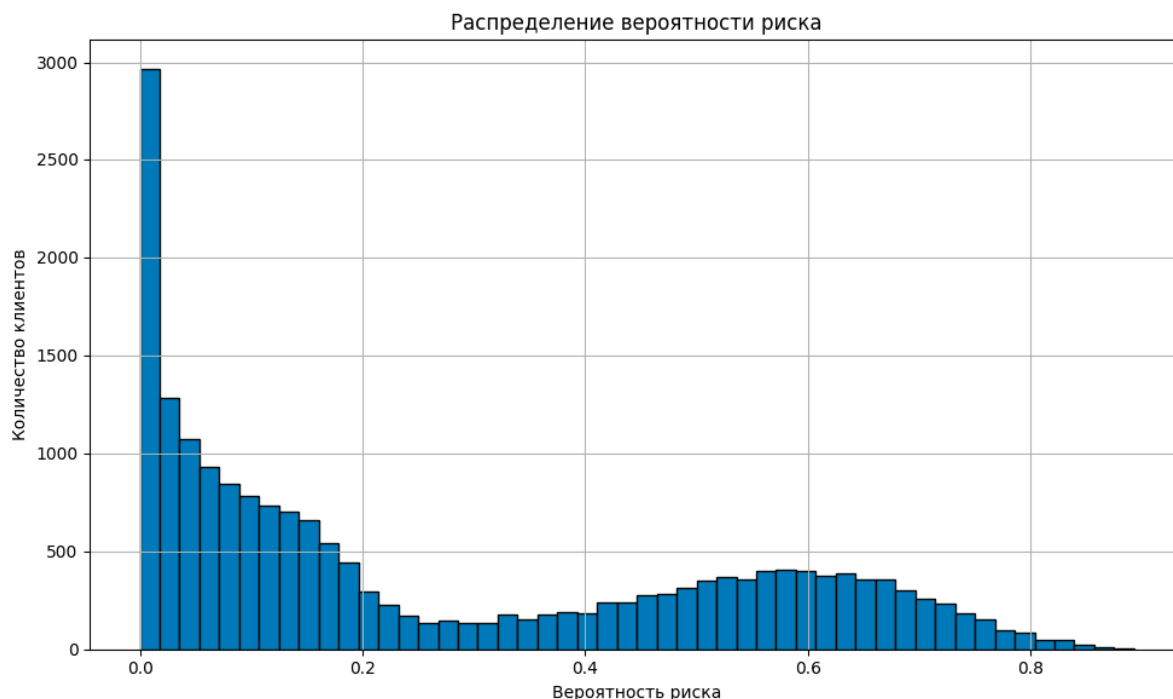


Рис. 2. Распределение вероятности риска

Литература:

1. Bitetto A., Cerchiello P., Filomeni S., Tanda A. Can we trust machine learning to predict the credit risk of small businesses? // Review of Quantitative Finance and Accounting. — 2024. — Vol. 63. — P. 925–954. — DOI: 10.1007/s11156–024–01278–0.
2. Bücker M., Szepannek G., Gosiewska A., Biecek P. Transparency, Auditability and eXplainability of Machine Learning Models in Credit Scoring [Электронный ресурс] // arXiv. — 2020. — Режим доступа: <https://arxiv.org/abs/2009.13384> (дата обращения: 30.04.2025).
3. Demajo L. M., Vella V., Dingli A. Explainable AI for Interpretable Credit Scoring [Электронный ресурс] // arXiv. — 2020. — Режим доступа: <https://arxiv.org/abs/2012.03749> (дата обращения: 30.04.2025).
4. Golbayani P., Florescu I., Chatterjee R. A comparative study of forecasting Corporate Credit Ratings using Neural Networks, Support Vector Machines, and Decision Trees [Электронный ресурс] // arXiv. — 2020. — Режим доступа: <https://arxiv.org/abs/2007.06617> (дата обращения: 30.04.2025).
5. Provenzano A. R., Trifirò D., Datteo A. и др. Machine Learning approach for Credit Scoring [Электронный ресурс] // arXiv. — 2020. — Режим доступа: <https://arxiv.org/abs/2008.01687> (дата обращения: 30.04.2025).

Объяснимый искусственный интеллект в кредитном скоринге: подход на основе поведенческих и макроэкономических признаков

Якубин Александр Ярославович, студент магистратуры

Научный руководитель: Резниченко Татьяна Алексеевна, кандидат физико-математических наук, доцент
Белгородский государственный национальный исследовательский университет

В статье рассматривается подход к построению прозрачной и интерпретируемой модели оценки кредитного риска физических лиц с использованием методов машинного обучения. Особое внимание уделено выбору признаков, синтезирующих транзакционное поведение клиентов с макроэкономическими индикаторами, а также анализу устойчивости и объяснимости модели логистической регрессии. По результатам исследования показано, что предложенный подход позволяет достигать высокой точности прогнозирования при сохранении нормативной интерпретируемости и стабильности решений в условиях рыночной турбулентности.

Ключевые слова: скоринг, риск, модель, данные, клиент, поведение, макроэкономика.

Современные вызовы в банковской сфере требуют не только высокой точности при прогнозировании риска, но и способности алгоритма объяснить, почему было принято то или иное решение [3]. В эпоху цифрового регулирования, когда автоматизированные модели оказывают прямое влияние на доступ клиентов к финансовым услугам, особое значение приобретают принципы объяснимого искусственного интеллекта (XAI).

Большинство современных исследований фокусируется на точностных характеристиках моделей, оставляя в тени вопрос интерпретируемости и доверия к алгоритмам со стороны бизнеса, регуляторов и самих пользователей [4]. Настоящая работа направлена на то, чтобы восполнить этот пробел, предложив прозрачную архитектуру кредитного скоринга, основанную на логистической регрессии с обоснованным выбором признаков.

В основу модели легли два класса признаков:

- Поведенческие, полученные на основе анализа более 4,2 млн транзакций 139 тыс. клиентов за период 2016–2022 гг.;

- Макроэкономические, синхронизированные с каждой транзакцией по дате (курс валют, индекс МосБиржи, цена Brent, ключевая ставка и др.).

Признаки были агрегированы до клиентского уровня, стандартизированы и объединены в обучающую выборку размерности $N \times 20$. Целевая переменная — бинарная: принадлежит ли клиент к высокорисковой группе (дефолт-суррогат на основе транзакционного поведения) [1].

В качестве модели использовалась логистическая регрессия, обученная с L2-регуляризацией. Выбор данного алгоритма объясняется тем, что он позволяет [2]:

- интерпретировать вклад каждого признака в итоговое решение (через знак и величину коэффициента),

- встроить модель в существующие бизнес-процессы принятия решений,

- выполнить требования к «прозрачному ИИ» согласно международным рекомендациям (например, AI Act, BCBS 2023).

В рамках XAI-анализа было применено:

- Коэффициенты логистической регрессии как первичный способ объяснения — например, увеличение стандартного отклонения суммы операций на 1σ повышает вероятность риска на 34 %;

- Анализ чувствительности признаков — с помощью частных производных и нормализации вкладов;

- Визуализацию границ принятия решений — гистограммы распределения клиентов по вероятности риска с наложением порога отсека.

Результаты показали, что даже при 20 признаках модель сохраняет интерпретируемость.

Для оценки информативности и стабильности транзакционных признаков были построены логарифмически нормализованные распределения (\log_{1p}) следующих переменных (рисунок 1):

- `transaction_amount_mean` — средняя сумма транзакции;

- `transaction_amount_std` — стандартное отклонение суммы транзакций;

- `transaction_amount_sum` — суммарный оборот клиента.

Как видно на гистограмме, распределение имеет правостороннюю асимметрию, что типично для денежных показателей: большинство клиентов совершают операции небольшого или среднего объёма, тогда как крупные платежи характерны для меньшинства [5]. Применение трансформации \log_{1p} позволило уменьшить перекося и сделать распределение ближе к нормальному, что критически важно для линейных моделей вроде логистической регрессии.

Это распределение демонстрирует двухвершинную структуру, что может свидетельствовать о существовании двух поведенческих кластеров:

1. Первая вершина — клиенты с монотонным стилем трат, стабильными суммами и низкой дисперсией;

2. Вторая — клиенты с высоким разбросом сумм, что характерно для нерегулярных или стрессовых трат (возможно, признак надвигающегося дефолта).

Такое разделение подтверждает гипотезу о высокой информативности `std` как признака риска и оправдывает его включение в финальную модель.

Как и в случае со средним значением, распределение сумм также характеризуется высокой концентрацией в диапазоне от 10^0 до 10^1 , с редкими значениями в хвосте. Это отражает неравномерность клиентского оборота: около 80 % клиентов укладываются в узкий диапазон, тогда как верхние 5–10 % могут иметь кратно более высокие суммы.

Согласно таблице 1, именно эти переменные являются основой для интерпретируемого скоринга. Их логарифмирование:

- снижает влияние выбросов (очень крупных сумм),

- улучшает числовую стабильность модели,

- позволяет линейной регрессии строить адекватные коэффициенты при наличии экспоненциальных закономерностей.

Кроме того, двугорбое распределение `std` даёт основания для более глубокого поведенческого кластерного анализа в будущем.

Модель была протестирована в стрессовом сценарии — данные за март–май 2020 г., в условиях падения фондового рынка и роста волатильности валютных курсов.

Несмотря на внешние шоки:

- ROC-AUC снизилась незначительно: с 0,88 до 0,85;

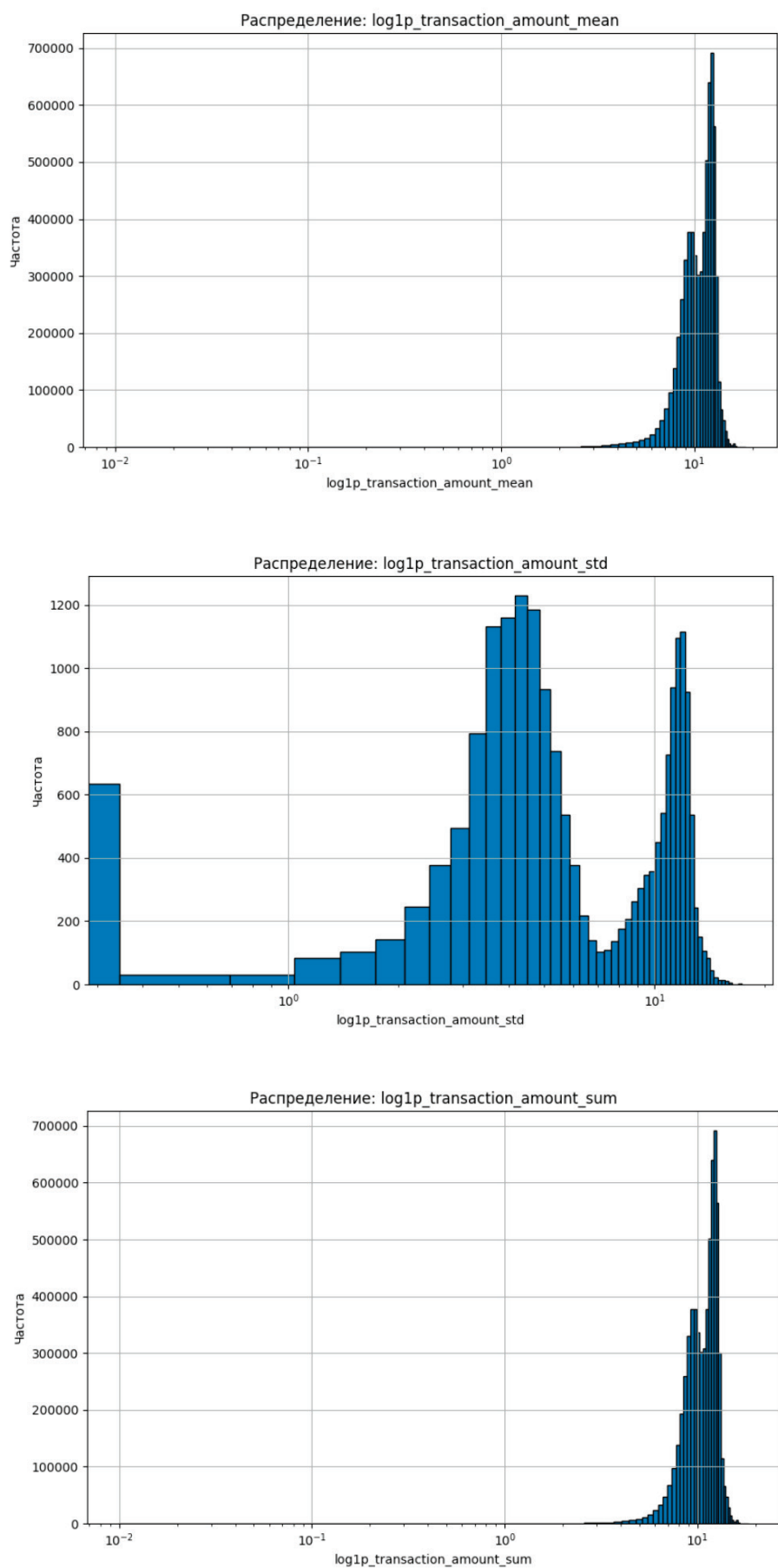


Рис. 1. Распределения ключевых поведенческих признаков клиентов в логарифмической шкале (log1p)

Таблица 1. Результаты точности прогноза

№	Признак	Смысл
1	Средняя сумма транзакции	Уровень затрат
2	Стандартное отклонение суммы	Нестабильность поведения
3	Кол-во операций	Активность клиента
4	Операций в день	Регулярность
5	Максимальная сумма	Пиковые транзакции
6	Минимальная сумма	Диапазон трат
7	Доля операций С	Покупки/возвраты
8	Доля операций W	Снятие/переводы
9	Преобладающее устройство	Канал доступа
10	Уникальные дни	Продолжительность истории
11–19	Макро-показатели	Внешний контекст
20	Время последней транзакции	«Свежесть» активности

— доля клиентов в высокорисковой группе осталась стабильной (15–17 %);

— коэффициенты модели не «поплыли», что подтверждает низкую чувствительность к колебаниям данных при сохранении макро-блока.

Таким образом, включение макроэкономических индикаторов не только повышает точность, но и стабилизирует модель, компенсируя рыночные флуктуации.

Предложенный подход к построению объяснимой и устойчивой скоринговой модели продемонстрировал высокую эффективность в условиях реальных банковских данных. Использование логистической регрессии со-

вместно с агрегированными поведенческими и макроэкономическими признаками позволило:

- обеспечить прозрачность алгоритма для использования в кредитных решениях;
- сохранить стабильность прогноза в периодах рыночных шоков;
- облегчить коммуникацию между аналитиками, ИТ-подразделением и регулятором.

В будущем планируется расширение модели за счёт включения социальных и CRM-признаков, а также тестирование более сложных XAI-инструментов (например, SHAP, LIME) в сравнении с классическим подходом.

Литература:

1. Bitetto A., Cerchiello P., Filomeni S., Tanda A. Can we trust machine learning to predict the credit risk of small businesses? // Review of Quantitative Finance and Accounting. — 2024. — Vol. 63, № 4. — P. 925–954. — DOI: 10.1007/s11156-024-01278-0.
2. Bücker M., Szepannek G., Gosiewska A., Biecek P. Transparency, Auditability and eXplainability of Machine Learning Models in Credit Scoring [Электронный ресурс]. — arXiv preprint, 2020. — № arXiv:2009.13384. — Режим доступа: <https://arxiv.org/abs/2009.13384> (дата обращения: 05.05.2025).
3. Nallakaruppan M. K., Chaturvedi H., Grover V., Balusamy B., Jaraut P., Bahadur J., Meena V. P., Hameed I. A. Credit Risk Assessment and Financial Decision Support Using Explainable Artificial Intelligence // Risks. — 2024. — Vol. 12, № 10. — Art. 164. — DOI: 10.3390/risks12100164.
4. Provenzano A. R., Trifirò D., Datteo A. Machine Learning Approach for Credit Scoring [Электронный ресурс]. — arXiv preprint, 2020. — № arXiv:2008.01687. — Режим доступа: <https://arxiv.org/abs/2008.01687> (дата обращения: 05.05.2025).
5. Tu J., Wu Z. Inherently interpretable machine learning for credit scoring: Optimal classification tree with hyperplane splits // European Journal of Operational Research. — 2025. — Vol. 322, № 2. — P. 647–664. — DOI: 10.1016/j.ejor.2024.10.046.

ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ

Внедрение системы контроля свободных и слабозакреплённых предметов на 5-м энергоблоке Нововоронежской АЭС

Висицкий Павел Николаевич, студент магистратуры
Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ» (г. Москва)

Опыт внедрения программно-технических средств свободных и слабозакреплённых предметов (далее — СОСП):

На 2016 год СОСП эксплуатируется на энергоблоках 1, 2 АЭС Тяньвань (Китай), энергоблоках 3, 4 Калининской АЭС, энергоблоках 2, 3 Ростовской АЭС, энергоблоке 1 АЭС Бушер (Иран), блоке 6 Нововоронежской АЭС. СОСП установлена на энергоблоках 1, 2 АЭС Куданкулам (Индия). Система поставлена на энергоблок 1 Ленинградской АЭС-2.

В связи с внедрением концепции «течь перед разрушением» и в соответствии с Федеральными нормами и правилами, в 2024 году планируется внедрение данной системы на 5 энергоблоке Нововоронежской АЭС.

СОСП предназначен для применения в качестве автономной системы на реакторной установке (далее — РУ) В-187 энергоблока 5 Нововоронежской АЭС и обеспечения в режиме нормальной эксплуатации РУ обнаружения свободнодвижущихся слабозакрепленных предметов в главном циркуляционном контуре (далее — ГЦК), путем контроля акустического шума на основном оборудовании и трубопроводах РУ.

По влиянию на безопасность СОСП относится к классу НП-001–15. СОСП является подсистемой, входящей в состав системы контроля, управления и диагностики (СКУД) и может использоваться отдельно, как локальная диагностическая система.

Основные задачи СОСП:

- непрерывный контроль уровня акустического шума на поверхности оборудования РУ в местах установки датчиков;
- регистрация и обработка событий при превышении уровнем акустического шума установленных порогов;
- сохранение информации при регистрации событий на жестком диске компьютера и архивирование результатов;
- проверка работоспособности (тестирование) собственных программно-технических средств;
- взаимодействие с системой верхнего уровня (СКД) по локальной сети в части обмена данными, включая регистрацию рабочих параметров энергоблока и передачу

в сеть информации о регистрируемых событиях и неисправностях в программно-техническом комплексе СОСП;

— предоставление оператору СОСП информации о зарегистрированных событиях и возможности дополнительной обработки ранее зарегистрированной информации для обеспечения идентификации причин, вызвавших эти события.

Датчики на поверхности компонентов первого контура установлены таким образом, чтобы контролировать уровень акустического шума по всему контуру, но в первую очередь внимание обращено к естественным ловушкам для свободных предметов и зонам возможного появления деталей оборудования с ослабленным креплением.

Регламент работы СОСП — непрерывный, в режиме нормальной эксплуатации энергоблока на мощности. В режиме разогрева или расхолаживания энергоблока использование системы ограничивается из-за повышенных акустических шумов в контуре, маскирующих акустические шумы, вызванные наличием свободных или слабозакрепленных предметов. Для анализа информации, зарегистрированной в этих режимах, требуется привлечение опытных экспертов.

С точки зрения пользователя, программное обеспечение СОСП, состоит из трех взаимосвязанных модулей:

- «Регистратор» — модуль регистрации событий, основная программа;
- «Анализатор» — модуль отсроченной обработки и анализа событий;
- «Мониторинг» — модуль для представления результатов работы СОСП на удаленном рабочем месте и ведения базы данных классов.

На мнемосхеме РУ символически обозначены места установки датчиков и импульсных молотков на оборудовании и трубопроводах ГЦК. Цвет индикаторов вибропреобразователей обозначает результат экспресс-анализа события, выбранного в поле «Текущий список событий» (красный — базовый канал; жёлтый — остальные каналы, в которых обнаружен удар; зелёный — каналы, в которых удар не обнаружен). Закрашенным фоном выделяется ви-

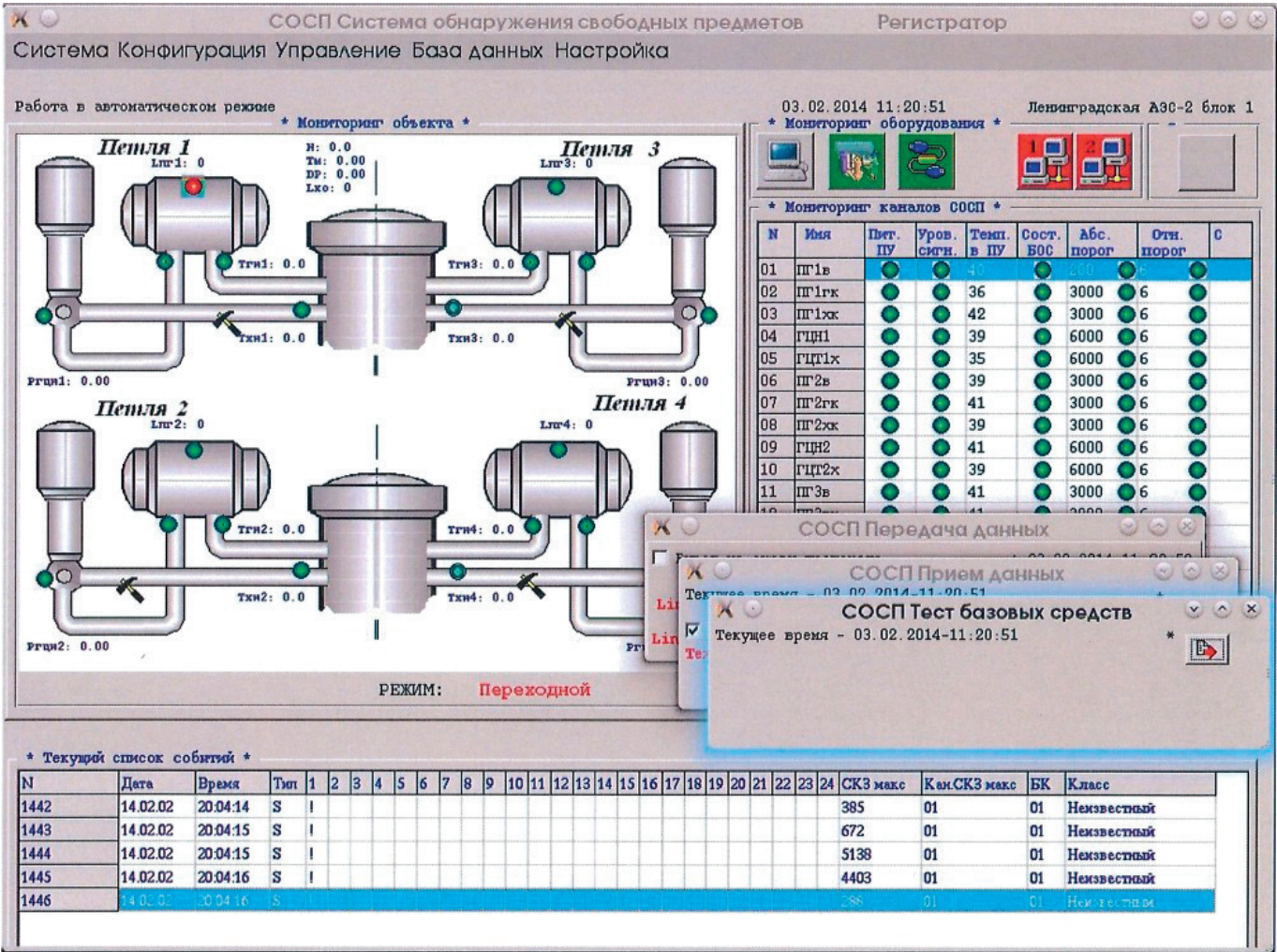


Рис. 1. Рабочее окно «Регистратора»

бропреобразователь, который выбран в таблице поля «Мониторинг каналов СОСП».

Ввод СОСП в эксплуатацию на АЭС осуществляется поэтапно. Система поставляется на АЭС с предварительными настройками, установленными исходя из ранее накопленного опыта эксплуатации. В ходе опытной эксплуатации система адаптируется к конкретному энергоблоку. Опытная эксплуатация, как правило, длится в течении года.

Литература:

1.

Акционерное общество «Научно-технический центр «Диапром», «Система обнаружения свободных предметов», инструкция по эксплуатации 72019531.422212 201.ИЭ. Нововоронежская АЭС 5 блок. — 3 с.

2.

Акционерное общество «Научно-технический центр «Диапром», «Система обнаружения свободных предметов. Прикладное программное обеспечение». Руководство оператора ДКНБ.00259 34. — 3–7 с.

3.

Общие сведения о предприятии. — Текст : электронный // Центр диагностики «Диапром» : [сайт]. — URL: <https://diaprom.ru/about/> (дата обращения: 04.05.2025).

Использование СОСП на АЭС позволяет уменьшать или предотвращать повреждение оборудования первого контура за счет своевременного обнаружения потенциально опасных предметов в первом контуре, а также сокращать время на проведение ремонтных работ при наличии в объеме первого контура свободных или слабо-закрепленных предметов за счет определения местонахождения дефекта.

Выбор оптимального водно-химического режима систем охлаждения АЭС с учетом природных свойств исходной воды. Расчет индексов стабильности исходной воды для АЭС при оценке склонности к накипеобразованию и коррозии

Карандеева Наталья Владимировна, инженер-химик (по эксплуатации)
Филиал АО «Концерн Росэнергоатом» «Нововоронежская атомная станция»

Кузнецова Елизавета Геннадьевна, студент магистратуры
Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ» (г. Москва)

Ключевые слова: ингибитор, водно-химический режим

В качестве источников для водоснабжения для АЭС используются природные (реки) и искусственные водоемы (водохранилища). Из-за большого объема потребления тщательную очистку вод проводить нецелесообразно, тем более что требования, предъявляемые к качеству воды сводятся лишь обеспечению нужного пе-

репада температур и поддержанию определенной величины вакуума в конденсаторе.

По таблице можно оценить химический состав воды, отобранной в июле 2024 г. в точке водозабора Ростовской АЭС, сентябре 2023 г. Курской АЭС-2, июле 2024 г. Нововоронежской АЭС-2, соответственно.

Таблица 1. Показатели качества исходной воды

рН, ед	Прозрачность, %	ОСС, мг/ дм ³	Жса, мг-экв/ дм ³	Сl, мг/ дм ³	УЭП, мкСм/см	Жо, мг-экв/ дм ³	ЖСО3, мг-экв/ дм ³	Що, мг-экв/ дм ³	SO4, мг/ дм ³	Сумм PO4, мг/ дм ³	Неорг PO4, мг/ дм ³	SiO3, мг/ дм ³	Перм. ок-ть, мгО/ дм ³	Fe, мг/ дм ³	Взв. ве-ва, мг/ дм ³	нефтепродукты, мг/ дм ³
РостАЭС, Цимлянское водохранилище																
7,83	86	376	3,06	57,87	748	5,22	3,97	3,97	74,5	0,6	0,4	16,7	3,68	0,01	≤3	0,02
КурАЭС-2, р. Сейм																
7,50	83	333	4,60	29,11	668	5,90	5,65	5,65	25,6	0,9	0,8	29,6	5,63	0,10	0,01	0,03
НВАЭС-2, р. Дон																
7,99	64	298	3,52	21,99	596	5,59	5,02	5,02	63,5	0,6	0,5	12,8	5,18	0,11	17,8	0,005

По данным таблицы 1 видно, что воды из представленных источников обладают похожим химическим составом. Логично предположить, что и накипеобразующие свойства этих вод одинаковы, тем более что все эти воды используются в качестве источника для заполнения и подпитки систем охлаждения трех крупнейших АЭС центрального и южного регионов России.

Ниже приведены результаты исследований, проводимых с целью подбора наиболее эффективного водно-химического режима систем основной охлаждающей воды РостАЭС, КурАЭС-2, НВАЭС-2.

Для проведения предварительной оценки склонности воды к накипеобразованию можно рассчитать карбонатный индекс Ик по формуле:

Ик = ЖСа · Що (1)

Для оценки склонности воды к накипеобразованию необходимо посчитать индексы стабильности воды [1].

Индекс Ланжелъе можно определить как разность рН воды и рНs равновесного насыщения воды карбонатом кальция.

Величина рНs определяется по следующей формуле:
 $pH_s = pK_2 - pPPCaCO_3 - \lg [Ca^{2+}] - \lg Що + 2,5 \cdot \sqrt{\mu} + 7,6$ (2),

где μ — ионная сила раствора;

PP — произведение растворимости, рPP — отрицательный десятичный логарифм произведения растворимости.

Данная формула получена из уравнений диссоциации угольной кислоты I и II ступеней и уравнения произведения растворимости карбоната кальция.

$f_{Ca} \cdot [Ca^{2+}] \cdot f_{CO_3} \cdot [CO_3^{2-}] = PPCaCO_3$ (3)

$K_1 = \frac{f_H \cdot [H^+] \cdot f_{CO_3} \cdot [CO_3^{2-}]}{[H_2CO_3]}$,

$$K2 = \frac{f_{H^+} \cdot [H^+] \cdot f_{CO_3} \cdot [CO_3^{2-}]}{f_{HCO_3} \cdot [HCO_3^-]}, \quad (4)$$

где K1, K2 — константы диссоциации угольной кислоты по I и II ступени, f — коэффициенты активности ионов.

Формула индекса Ланжелье (Lsi):

$$Lsi = pH - pHs \quad (5)$$

Его значение показывает:

- индекс Ланжелье < 0 — образования накипи нет, раствор агрессивен (высокая коррозия);
- индекс Ланжелье = 0 — раствор стабилен;
- индекс Ланжелье > 0 — наблюдается образование накипи, коррозии не наблюдается.

Формула расчета индекса стабильности Ризнера (Rzn):

$$Rzn = 2pHs - pH \quad (6)$$

Его значение показывает:

- Rzn > 6 — раствор склонен к коррозии;
- Rzn = 6 — раствор стабилен;
- Rzn < 6 — раствор склонен к образованию накипи.

Индекс Ларсона — Скольда (ИЛС) характеризует коррозионную способность воды по отношению к низкоуглеродистой стали и стальным образцам. ИЛС разработан на основе многолетних наблюдений коррозии трубопровода из низкоуглеродистой стали, по которому транспортируется вода Великих Озер (на границе США и Канады) [2].

Индекс Ларсона-Скольда представляет собой отношение суммы эквивалентных концентраций хлорионов [Cl⁻] и сульфат-ионов [SO₄²⁻] к сумме эквивалентных концентраций гидрокарбонат-ионов и карбонат-ионов:

$$ИЛС = ([Cl^-] + [SO_4^{2-}]) / ([HCO_3^{2-}] + [CO_3^{2-}]) \quad (7)$$

ИЛС устанавливает причинную взаимосвязь между обычными скоростями коррозии и резкими повышениями ее скорости, которые наблюдаются в исследуемой воде.

ИЛС — испытанный полезный инструмент в предсказании коррозионной агрессивности охлаждающей воды в водооборотных циклах, интерпретируется следующим образом способом:

- ИЛС < 0,8 — хлориды и сульфаты не влияют на естественное образование защитной пленки;
- 0,8 < ИЛС < 1,2 — хлориды и сульфаты затрудняют образование защитной пленки. Наблюдается более высокая, в сравнении с нормальной, скорость коррозии стали;
- ИЛС > 1,2 — высокая скорость точечной коррозии по мере повышения значения индекса.

Ниже представлены результаты расчётов индексов стабильности на основании полученных данных из таблицы 1 (при температуре 25°C).

Цимлянское водохранилище:

- Ик = 12,2
- pHs = 7,40 ед.;
- Lsi = 0,43 (вода имеет легкую склонность к образованию накипи);
- Rzn = 6,98 (вода довольно агрессивна по отношению к коррозионной стойкости металлов);
- ИЛС = 0,8 (питтинговая коррозия в исходной воде отсутствует, но при упаривании индекс сдвинется в большую сторону из-за падения транспорта Са относительно 100 % и отставания значений щелочности вследствие выпадения карбонатов). С ростом упаривания интенсивность коррозии возрастает. Учитывая огромные объемы воды Цимлянского водохранилища, используемой для охлаждения, особый интерес ИЛС представляет в случае применения ингибиторов коррозии, механизм действия которых основан на использовании естественной щелочности и пленкообразующей способности охлаждающей воды.

р. Дон:

- Ик = 17,7
- pHs = 7,24 ед.;
- Lsi = 0,75 (вода имеет склонность к образованию накипи);
- Rzn = 6,49 (вода имеет легкую склонность к коррозии);
- ИЛС = 0,35 (анионы не оказывают существенное влияние на коррозионные процессы, но при упаривании индекс сдвинется в большую сторону).

р. Сейм:

- Ик = 26,3
- pHs = 7,13 ед.;
- Lsi = 0,37 (вода имеет склонность к образованию накипи);
- Rzn = 6,76 (вода имеет склонность к коррозии);
- ИЛС = 0,24 (анионы не оказывают существенное влияние на коррозионные процессы, но при упаривании индекс сдвинется в большую сторону).

Данные по индексам стабильности воды из разных источников сведены в таблицу 2.

Как видно из данных таблицы 2, вода из представленных источников обладает примерно одинаковыми свойствами. Более выраженную склонность к коррозии демонстрирует вода р. Сейм, при том, что её карбонатный индекс в рассматриваемом ряду наибольший. Следовательно, при использовании данной воды в системах охлаждения риск повреждения оборудования достаточно высок вследствие образования накипи и коррозии.

Для карбоната кальция характерна обратная зависимость растворимости от температуры. Это означает, что с ростом температуры растворимость карбоната кальция CaCO₃ не растёт, как у большинства солей, а снижается.

Таблица 2. Индексы стабильности воды, значения pHs и карбонатного индекса при 25 °C

Вода	Ик, (ммоль/дм ³) ²	pHs	Lsi	Rzn	ИЛС
Цимл. Вдхр	12,2	7,40	0,43	6,98	0,80
р. Дон	17,7	7,24	0,75	6,49	0,35
р. Сейм	26,3	7,13	0,37	6,76	0,24

Поскольку наиболее высокая температура наблюдается на теплообменной поверхности, именно в приповерхностном слое самое высокое прессыщение и самая высокая скорость образования и роста кристаллов карбоната кальция.

Испытания проводились при одинаковой температуре нагрева воды. Холостой опыт проводится для предварительной оценки накипеобразующих свойств воды из разных источников.

По результатам видно, что в условиях холостого опыта (отсутствие ингибитора) транспорт Са особенно сильно убывает с ростом упаривания в системе при испытаниях на воде р. Сейм. Средние значения транспорта Са в холостом опыте:

- Цимлянское водохранилище — 80 %;
- р. Дон — 64 %;
- р. Сейм — 20 %.

По этим данным видно, что с ростом значения карбонатного индекса транспорт кальция в отсутствие ингибирования падает, отложений образуется больше, эффективность охлаждения снижается. Это означает, что при прочих равных условиях для нивелирования отрицательного влияния природных свойств воды потребуются более эффективный ингибитор солейотложений или применение других способов подготовки воды (снижение карбонатной жесткости) для заполнения и подпитки системы охлаждения.

В случае внедрения стабилизационного ВХР требуется ограничение степени упаривания, но при этом объемы водопотребления и водоотведения, а также расход ингибиторов значительно увеличатся. В данной ситуации следует также учитывать предельно-допустимые концентрации реагентов и их компонентов на сброс (продувочные воды, как правило, отводятся в рыбохозяйственные водоемы), а их значения довольно малы, чтобы обеспечивать достаточное ингибирование. Поэтому применение стабилизационного ВХР при высоких значениях карбонатного индекса исходной воды — это достаточно

рискованное мероприятие, на кону которого стоит безаварийная работа оборудования, эффективность охлаждения, следовательно, выработка электроэнергии.

Рассмотрим теперь влияние индексов стабильности воды на ее накипеобразующие и коррозионно-активные свойства. При повышении температуры, вследствие увеличения коэффициента упаривания и снижения транспорта кальция в оборотной системе, будет наблюдаться рост Lsi и уменьшение Rzn, что обусловлено это образованием отложений на поверхности оборудования, концентрирования карбоната кальция, других ионов. Данный факт демонстрируют данные таблиц 3–6.

В ряду Цимлянское водохранилище — р. Дон — р. Сейм наиболее близка к стабильному состоянию вода Цимлянского водохранилища (при $K_u=2$ для Цимлянского водохранилища $IP=5,78$; для р. Сейм $IP=4,61$; для р. Дон $IP=4,45$). Воды рек Дон и Сейм примерно одинаковы по накипеобразующим свойствам.

По зависимостям, относящимся к индексу Ланжелъе, видно, что коррозионные свойства в меньшей степени выражены у воды р. Дон, т. к. свободный член в уравнении, описывающем данную зависимость, наибольший среди трех рассматриваемых вод. С точки зрения оценки по индексу Ланжелъе, наиболее стабильной является вода Цимлянского водохранилища. С ростом K_u и индекса Ланжелъе вероятность коррозии падает в силу проявления накипеобразующих свойств.

Сравнительный анализ свойств подпиточной воды из рассматриваемых источников позволяет рассчитывать на успешное внедрение стабилизационного водно-химического режима в системе охлаждения РостАЭС.

Для вод рек Сейм и Дон данный режим достаточно рискованный из-за неизбежности образования карбонатных отложений, поэтому подбор эффективных ингибиторов накипеобразования необходимо проводить на модельной установке.

Таблица 3. Индексы стабильности воды, значения pHs при 25°C

Индекс стабильности	Ку					
	Подпиточная вода	1,0	1,6	1,8	2,0	2,3
Рост АЭС, Цимл. Вдхр						
pHs	7,40	7,45	7,27	7,17	7,09	6,97
Lsi	0,43	0,92	1,10	1,22	1,32	1,46
Rzn	6,98	6,54	6,17	5,95	5,76	5,51
ИЛС	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80
НВАЭС, р. Дон						
pHs	7,24	6,86	6,67	6,57	6,49	6,37
Lsi	0,75	1,65	1,83	1,95	2,05	2,19
Rzn	6,49	5,21	4,84	4,63	4,44	4,18
ИЛС	0,35	0,35	0,35	0,35	0,35	0,35
КурАЭС-2, р. Сейм						
pHs	7,13	6,92	6,74	6,64	6,56	6,44
Lsi	0,37	1,56	1,74	1,86	1,96	2,10
Rzn	6,76	5,37	5,00	4,78	4,59	4,34
ИЛС	0,24	0,24	0,24	0,24	0,24	0,24

Таблица 4. Индексы стабильности воды, значения pHs при 30°C

Индекс стабильности	Ку					
	Подпиточная вода	1	1,6	1,8	2,0	2,3
Рост АЭС, Цимл. Вдхр						
pHs	7,56	7,36	7,18	7,08	6,99	6,88
Lsi	0,31	1,01	1,20	1,31	1,42	1,56
Rzn	7,26	6,35	5,98	5,76	5,57	5,32
ИЛС	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80
НВАЭС, р. Дон						
pHs	6,96	6,76	6,58	6,48	6,39	6,28
Lsi	1,07	1,74	1,92	2,04	2,15	2,29
Rzn	5,90	5,02	4,65	4,44	4,25	3,99
ИЛС	0,35	0,35	0,35	0,35	0,35	0,35
КурАЭС-2, р. Сейм						
pHs	7,03	6,83	6,65	6,55	6,46	6,35
Lsi	0,47	1,65	1,84	1,95	2,06	2,20
Rzn	6,57	5,18	4,81	4,59	4,40	4,15
ИЛС	0,24	0,24	0,24	0,24	0,24	0,24

Таблица 5. Индексы стабильности воды, значения pHs при 40°C

Индекс стабильности	Ку					
	Подпиточная вода	1	1,6	1,8	2,0	2,3
Рост АЭС, Цимл. Вдхр						
pHs	7,38	7,17	6,99	6,89	6,81	6,69
Lsi	0,49	1,20	1,38	1,50	1,60	1,74
Rzn	6,89	5,98	5,61	5,39	5,20	4,95
ИЛС	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80
НВАЭС, р. Дон						
pHs	6,78	6,58	6,39	6,29	6,21	6,09
Lsi	1,25	1,93	2,11	2,23	2,33	2,47
Rzn	5,53	4,65	4,28	4,07	3,88	3,62
ИЛС	0,35	0,35	0,35	0,35	0,35	0,35
КурАЭС-2, р. Сейм						
pHs	6,85	6,64	6,46	6,36	6,28	6,16
Lsi	0,65	1,84	2,02	2,14	2,24	2,38
Rzn	6,20	4,81	4,44	4,22	4,03	3,78
ИЛС	0,24	0,15	0,24	0,24	0,24	0,24

Таблица 6. Индексы стабильности воды, значения pHs при 50°C

Индекс стабильности	Ку					
	Подпиточная вода	1	1,6	1,8	2,0	2,3
Рост АЭС, Цимл. Вдхр						
pHs	7,20	7,00	6,81	6,71	6,63	6,51
Lsi	0,67	1,38	1,56	1,68	1,78	1,92
Rzn	6,53	5,62	5,25	5,04	4,84	4,59
ИЛС	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80
НВАЭС, р. Дон						
pHs	6,60	6,40	6,21	6,12	6,03	5,91
Lsi	1,43	2,10	2,29	2,41	2,51	2,65
Rzn	5,17	4,29	3,92	3,71	3,52	3,26
ИЛС	0,35	0,35	0,35	0,35	0,35	0,35
КурАЭС-2, р. Сейм						
pHs	6,67	6,47	6,28	6,18	6,10	5,98
Lsi	0,83	2,02	2,20	2,32	2,42	2,56
Rzn	5,84	4,45	4,08	3,87	3,67	3,42
ИЛС	0,24	0,24	0,24	0,24	0,24	0,24

Литература:

1. Индекс Ланжелье. — Текст : электронный // Водоочистка. 2019. № 1. — URL: <https://panor.ru/articles/indeks-lanzhele/5092.html#> (дата обращения: 07.05.2025).
2. T. E. Larson and R. V. Skold. Лабораторные исследования связи между количеством содержащихся в воде минеральных веществ и коррозией стали и образцов железа.

Проблемы определения границ водных объектов и эрозионных форм рельефа при проведении инженерно-гидрометеорологических изысканий

Лаврёнов Михаил Семёнович, студент магистратуры;
 Салахитдинов Раян Рифович, студент магистратуры;
 Сираев Эмиль Зинфирович, студент магистратуры;
 Тимербулатов Артур Ахсанович, студент магистратуры
 Уфимский университет науки и технологий

Введение

Актуальность статьи обусловлена необходимостью совершенствования нормативной и законодательной базы при проведении инженерно-гидрометеорологических изысканий. Особую значимость данная проблема приобретает в условиях неоднозначного определения трактовки водного объекта в различных отраслях проектирования строительства и различных подходов при проведении экспертизы результатов инженерных изысканий, что может привести как к избыточному усложнению проведения изысканий с соответствующим удорожанием сметной стоимости, так и к недооценке ситуации, которое может привести к негативным последствиям при строительстве и эксплуатации объектов.

Терминология

Основным нормативным документом, регламентирующим производство инженерных изысканий является Свод правил СП 47.13330.2016 «Инженерные изыскания для строительства. Основные положения», где указано, что изучению при инженерно-гидрометеорологических изысканиях подлежат: «...гидрологический режим (рек, озер, водохранилищ, морей, болот, устьевых участков рек, ручьев, временных водотоков)...» [1].

При этом действующий ГОСТ [2] дает определение *водотока* — как водный объект, характеризующийся движением воды в направлении уклона в углублении земной поверхности, что позволяет трактовать его в широких пределах и применить данный термин, к таким объектам и формам эрозионного рельефа, как канавы, балки, овраги, ложбины стока и др.

Путаницы добавляет действующий Водный кодекс, в нем появляется термин «водный объект», который определяется как «природный или искусственный водоем, водоток либо иной объект, постоянное или временное сосредоточение вод в котором имеет характерные формы

и признаки водного режима» [3]. При этом термин «водный режим» широко трактуется, согласно ГОСТ [2], как изменение во времени уровней, расходов и объемов воды в водных объектах и почвогрунтах.

Под данное определение могут попадать непосредственно реки и ручьи, постоянные или временные, так и эрозионные формы рельефа и техногенные объекты, как ложбины, овраги, балки, канавы и др.

Водоохранные зоны

Неоднозначное определение терминологии различных водных объектов и эрозионных форм рельефа в нормативных документах осложняется установлением границ водоохранных зон, определяемых в рамках проведения инженерно-гидрометеорологических, инженерно-геодезических и инженерно-экологических изысканий. Кроме существующей проблемы в нормативной документации, которая дублирует в различных видах изысканий нанесение границ водоохранных зон и «размывает» ответственность определения данных зон ограничения по видам изысканий, неоднозначное определение термина «водный объект», так и его границ приводит как к замечаниям при прохождении экспертизы проекта, так и к негативным экологическим и правовым последствиям. Существующее Постановление Правительства Российской Федерации № 377 от 29 апреля 2016 года предписывает «...Для установления местоположения береговой линии (границы водного объекта) применяется картометрический способ определения координат береговой линии (границы водного объекта) с использованием актуального картографического материала наиболее крупного масштаба, а также данных дистанционного зондирования Земли, имеющихся в отношении соответствующей территории в федеральном или ведомственных картографо-геодезических фондах» [4]. Используя данное определение, изыскатель рассматривает пересекаемый водоток/эрозионную форму рельефа как водный объект (рис. 1),

рассчитывая максимальные расходы, уровни, деформации и определяет водоохранную зону, руководствуясь принципом «наихудшие условия», т. к. при рекогносцировочном обследовании, анализируя картографический

материал и результаты полевого обследования, инженер видит признаки водного объекта, такие как: гидрологический режим, значительную площадь водосбора, меженное русло и обводнение в период повышенной водности.

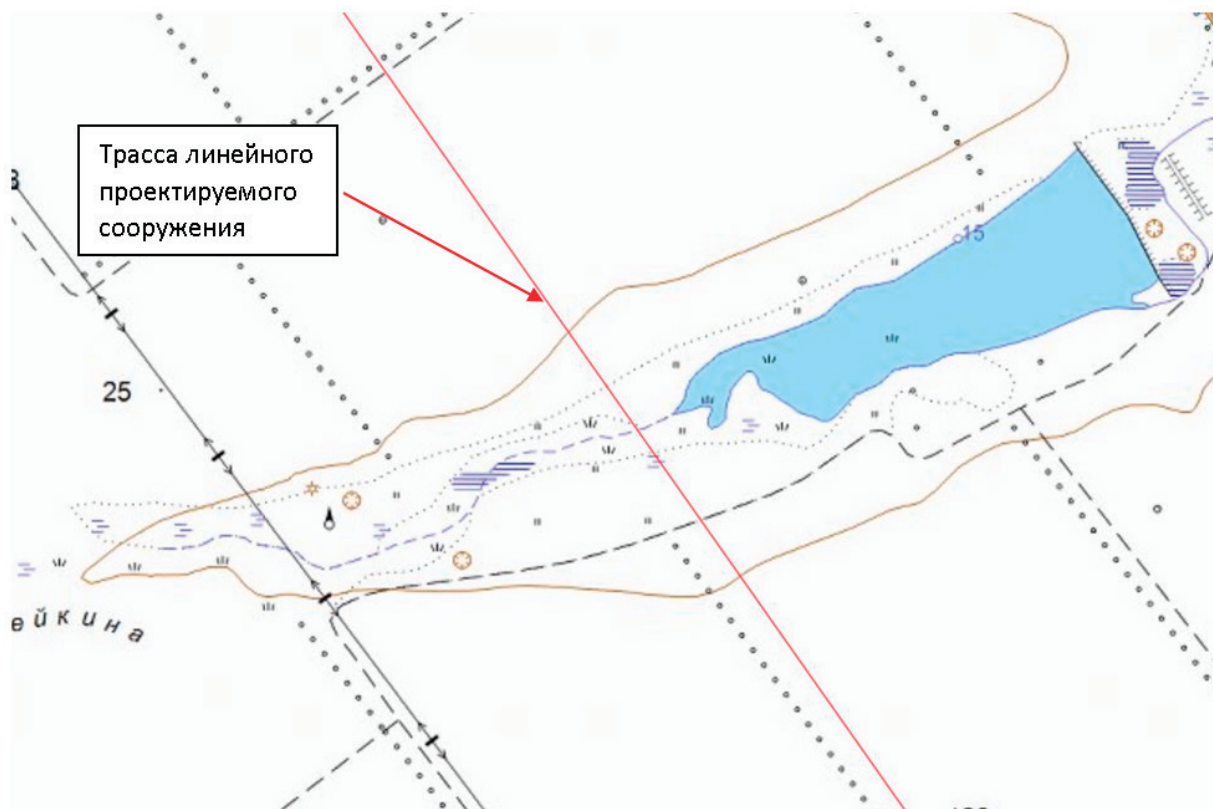


Рис. 1. Ситуационная схема

Но при этом зачастую получает замечание при прохождении экспертизы такого вида: «балки не являются объектом изучения в рамках ИГМИ. В рамках ИГМИ изучению подлежат только водотоки (временные и/или постоянные). Необходимо уточнить наименование водных объектов пересекаемых водных объектов, пересекаемых проектируемым сооружением».

Помимо определения непосредственно ширины водоохранной зоны, существует проблема определения длины водотока, от которой, согласно ст. 65 Водного Кодекса РФ [3] зависит ширина водоохранной зоны, т. к. государственный водный реестр не ведется в открытом доступе, при запросе данных в территориальные отделения Бассейновых Управлений нередко выдается стандартный ответ об отсутствии сведений о водном объекте. Кроме того, отсутствует стандартизированная карта с корректным нанесением водных объектов, обратившись к которой специалист мог бы измерить мор-

фометрические характеристики водотоков, водосборов и др.

Кроме проведения инженерных изысканий, данная проблема возникает при отводе земель, постановке на учет водного объекта, при оформлении разрешения на строительство и в других случаях.

Заключение

Таким образом, существующая практика проведения инженерно-гидрометеорологических изысканий не позволяет однозначно определить отличие водного объекта от эрозионной формы рельефа из-за различия терминологии в нормативных документах.

Решение данной проблемы предлагается в дальнейшем развитии нормативной документации с ясными критериями определения водных объектов/эрозионных форм рельефа/техногенных объектов и др.

Литература:

1. СП 47.13330.2016 «Инженерные изыскания для строительства. Основные положения» Актуализированная редакция СНиП 11-02-96. Росстандарт, Москва, 2016г. 83 с.
2. ГОСТ 19179-73 Гидрология суши. Термины и определения. Издательство стандартов, Москва, 1988. 6 с.

3. «Водный кодекс Российской Федерации» от 03.06.2006 N 74-ФЗ (ред. от 08.08.2024) (с изм. и доп., вступ. в силу с 01.09.2024).
4. Постановление Правительства Российской Федерации № 377 от 29 апреля 2016 года «Об утверждении Правил определения местоположения береговой линии (границы водного объекта), случаев и периодичности ее определения и о внесении изменений в Правила установления на местности границ водоохранных зон и границ прибрежных защитных полос водных объектов (с изменениями на 31 октября 2024 года)»

Влияние лазерного упрочнения на характеристики поверхности штампов из инструментальных сталей

Марущенко Никита Олегович, студент магистратуры

Научный руководитель: Грядунов Сергей Семенович, кандидат технических наук, доцент
Брянский государственный технический университет

Статья посвящена проблеме повышения износостойкости режущих элементов штампа. Изложено влияние лазерного упрочнения на характеристики штампов.

Ключевые слова: штампы, лазерное упрочнение.

Современная листовая штамповка представляет собой сложный комплекс различных технологических этапов, включающих раскрой материалов, выбор последовательности разделительных и формоизменяющих операций, проектирование штампов и т. д. Довольно большое внимание уделяется новым технологиям упрочнения поверхностей. Статистические данные показывают, что выход из строя инструментальной оснастки в результате поломки составляет примерно 30 %, износа — 18 %, неудачного подбора стали для штампов — 11 %, от несоблюдения режима термообработки — 6 % [1]

В процессе штамповки исходная форма заготовки изменяется под воздействием на нее инструмента — штампа. Поскольку пуансон и матрица являются ответственными за точность детали, то они должны быть долговечными и не изменять своих размеров в процессе штамповки [3]. Поэтому задача повышения долговечности режущих ча-

стей штампа при холодной листовой штамповки актуальна.

Лазерная термическая обработка является эффективным методом повышения износостойкости режущих элементов штампа, поскольку обеспечивает создание на рабочей поверхности структуры, обладающей высоким комплексом свойств, включая микротвердость, прочность, остаточная напряженность и параметры шероховатости. [2]

В данной работе в качестве примера инструментальной стали рассмотрена сталь X12M как наиболее часто применяемая. При этом лазерное упрочнение рассматривается в условиях исключения видимой оплаваемости поверхностей, при которых следы микроплавления по высоте не превышают величины исходной шероховатости.

Зависимость микротвердости поверхности стали X12M от плотности энергии лазерного упрочнения приведена на рис. 1.

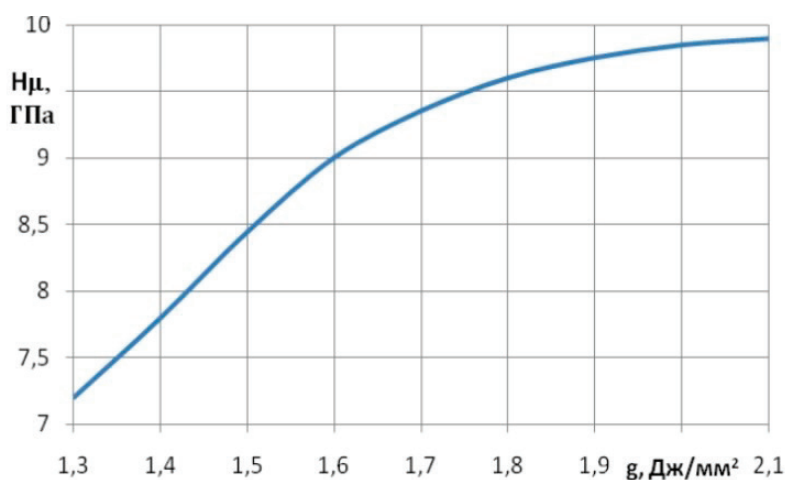


Рис. 1. Микротвердость поверхности стали X12M в зависимости от плотности энергии лазерного упрочнения

Выявлено, что для лазерного упрочнения с не перекрытыми зонами лазерного пятна микротвердость поверхностей возрастает. Установлено, что при обработке штамповых сталей с увеличением плотности энергии в перекрытых зонах микротвердость уменьшается. Поэтому при лазерном упрочнении режущих кромок инструментальных штампов для обеспечения высокой ми-

кротвердости целесообразна обработка с не перекрытыми зонами.

При анализе исследований микрогеометрии упрочненных лазерным излучением поверхностей стали X12M установлено, что при обработке, исключаящей видимое оплавление, значения высотных параметров R_a и R_{max} уменьшаются (рис. 2).

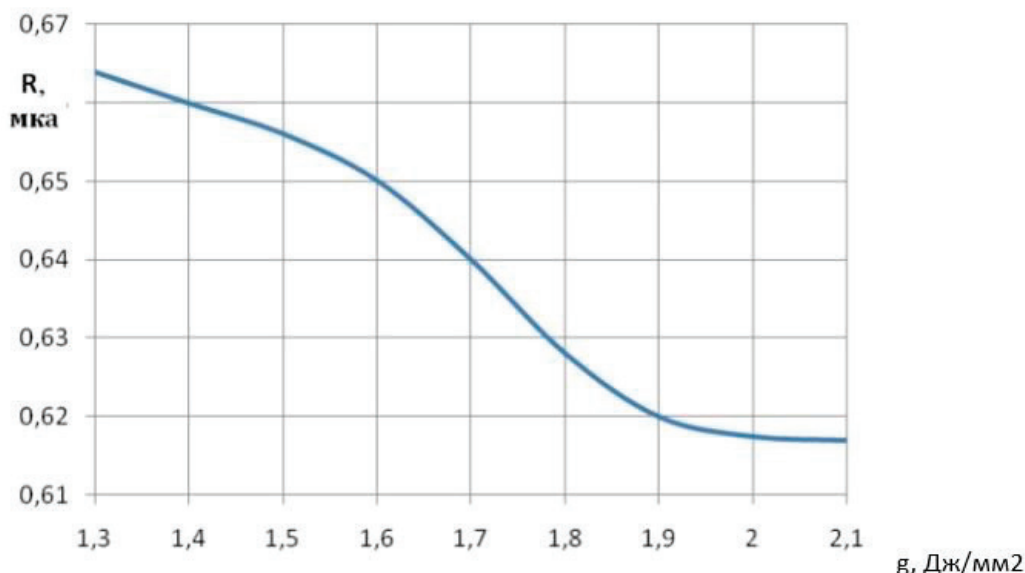


Рис. 2. Влияние плотности энергии на шероховатость стали X12M

При этом большое значение имеет плотность подводимой энергии. Увеличение плотности энергии с 1,3 до 2,0 Дж/мм² приводит к уменьшению параметров R_a и R_{max} . При приложении энергии менее 1,3 Дж/мм² заметного изменения исходных параметров шероховатости не наблюдается. Воздействие плотности энергии более 2 Дж/мм² может приводить к оплавлению поверхности стали X12M.

Связанные с этим выплески металла способствуют увеличению высотных показателей шероховатости в тем большей степени, чем большая энергия прикладывается при воздействии лазерного луча. Дальнейшее увеличение энергии приводит к полному оплавлению поверхностей,

при этом резко возрастают высотные параметры шероховатости и шаг микронеровностей.

Выводы:

1. Лазерное упрочнение режущих кромок штампов из инструментальных сталей является эффективным методом их упрочнения, поскольку изменяя параметры процесса упрочнения можно обеспечивать высокий комплекс характеристик поверхностного слоя.

2. Применительно к стали X12M для повышения микротвердости и уменьшения шероховатости поверхностных слоев режущих кромок целесообразно проводить лазерное упрочнение при плотности энергии в диапазоне 1,5–1,8 Дж/мм².

Литература:

1. Аверкиев Ю. А. Технология холодной штамповки / А. Ю. Аверкиев. — М.: Машиностроение, 1989.
2. Поляк М. С. Технология упрочнения. Технологические методы упрочнения: в 2 т. Т. 1 / М. С. Поляк. — М.: Машиностроение, 1995. — 832 с.
3. Упрочнение пуансонов и матриц для холодной штамповки. Гульцев Е. С., Заикин А. Н. Современные тенденции молодежной науки: сборник научных трудов национальной конференции 06–08 февраля 2020 г./ Под общ. ред. Е. Г. Цубловой. Брянск, Брянский гос. инженерно-технологический ун-т. 2020. С. 149–151.

Оценка рисков при производстве минераловатных изделий

Павлов Вячеслав Александрович, студент магистратуры

Научный руководитель: Иванова Татьяна Александровна, кандидат технических наук, доцент

Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет

В данной статье представлен анализ одних из самых распространенных рисков на предприятии по производству минераловатных изделий, которые различным образом могут повлиять на эффективную и бесперебойную работу завода. Проанализированы последствия, которые может получить предприятие, если заблаговременно не принять меры по устранению рисков. Особое внимание уделено оценке возможных рисков, так как данный показатель напрямую влияет на весомость.

Ключевые слова: минеральная вата, риски при производстве минеральной ваты, утеплитель, минераловатные плиты, теплоизоляционные свойства, сбои в транспортировке сырья, вата, риски минваты, падения рыночного спроса.

Риск — это возможность наступления для субъекта случайного события, обусловленного объективно существующей неопределенностью и проявляющегося в благоприятных или неблагоприятных последствиях, характеризующихся отклонением от ожидаемого результата или события [1].

На основе международного опыта в сфере управления рисками был разработан и внедрен в практику многих организаций стандарт по управлению рисками ГОСТ Р 58771–2019 «Менеджмент риска. Технологии оценки риска», который направлен на поддержку в реализации всего цикла управления рисками на предприятиях различных отраслей промышленности [2]. Такой цикл включает в себя все стадии управленческого решения.

Ввиду своей простоты для оценки рисков наибольшее практическое значение имеют различные индексы риска, которые представляют собой метод количественной оценки производственного риска, который получен с применением балльных оценок на основе выбранных шкал. Индексы риска помогают упорядочить значения критериев риска таким образом, чтобы их можно было сравнивать между собой, то есть привести их к общей базе. Балльные оценки зачастую применяют ко всем рассматриваемым элементам возникновения рисков ситуации.

Классифицировать предпринимательские риски не просто, что обусловлено прежде всего их многообразием: от чрезвычайных ситуаций и аварий на производстве до изменений в законодательстве, регулирующих данный вид предпринимательской деятельности [1].

Экономическое и политическое развитие современного мира порождает новые виды рисков, которые весьма трудно определить и оценить количественно.

Производство минераловатных изделий является важной частью строительной индустрии. Основой технологии является плавление минерального сырья, с последующим формированием волокнистой структуры и добавлением связующих компонентов. Однако данный процесс характеризуется высокой сложностью и зависимостью от множества факторов — от качества сырья до стабильности работы оборудования и логистики. В условиях конкурентного рынка и строгих требований к качеству

продукции управление рисками становится ключевым элементом обеспечения устойчивости производства.

Риски в промышленности могут быть классифицированы по различным признакам: технологические, организационные, рыночные и человеческие факторы [3]. Их влияние варьируется от незначительных задержек до полной остановки производственного цикла, что влечет финансовые потери и снижение репутации предприятия. В научной литературе вопросы оценки и управления рисками при производстве минераловатных изделий ранее уже рассматривались, но современный мир стремительно развивается, а значит появляется новая, ранее неизвестная информация. Это обуславливает актуальность исследования, целью которого является идентификация и анализ наиболее значимых рисков, а также разработка подходов к их минимизации.

В настоящей работе рассматриваются следующие ключевые риски, выявленные на основе анализа технологических и организационных особенностей производства минераловатных изделий: поставка некачественного сырья, порча продукции на складе, сбои в транспортировке сырья, нарушение технологии из-за спешки, ошибки в настройке оборудования, поломка оборудования, перебои с подачей электроэнергии, падение рыночного спроса на минеральную вату и пропуск смены работником.

Эти риски выбраны как наиболее характерные для отрасли и обладающие значительным потенциальным воздействием на производственный процесс. Далее каждый из них будет подробно рассмотрен с учетом вероятности возникновения, последствий и возможных мер предотвращения.

Анализ рисков

1. Поставка некачественного сырья

Нестабильный химический состав сырья, например, избыток примесей, ухудшает свойства волокон, повышая ломкость или снижая теплоизоляцию. Вероятность выскока при отсутствии контроля поставщиков. Меры: сертификация сырья, входной контроль. Дополнение рейтинга поставщика таким показателем, как степень доверия,

станет хорошей страховкой от наступления негативных событий и позволит вовремя воспользоваться возникающими положительными возможностями для развития и совершенствования [4].

2. Порча продукции на складе

Неправильное хранение, например, влажность или пыль, портит минвату, делая ее непригодной. Риск возрастает при плохой вентиляции складов, некачественной кровле и недостаточной уборке предприятия. Здесь обязательно необходимо соблюдать условия хранения, а также проводить регулярные проверки во избежание получения убытков и репутационных рисков.

3. Сбои в транспортировке сырья

Задержки или повреждения при доставке нарушают график производства. Причина — логистические ошибки или форс-мажоры. Меры: диверсификация поставщиков, резервные маршруты.

4. Нарушение технологии из-за спешки

Ускорение процесса (например, сокращение времени плавления) ведет к дефектам продукции. Риск растет при сжатых сроках заказов. Меры: строгий контроль параметров, обучение персонала.

5. Ошибки в настройке оборудования

Неправильная калибровка линий (температура, скорость) вызывает брак. Человеческий фактор усиливает

риск. Меры: автоматизация настроек, инструктажи операторов.

6. Поломка оборудования

Износ печей или любых других элементов производственной линии останавливает производство. Высокая вероятность при интенсивной эксплуатации. Меры: плановый ремонт, мониторинг состояния.

7. Перебои с подачей электроэнергии

Отключения нарушают непрерывность процесса, повреждая технику и продукцию. Риск зависит от региона и поставщика электроэнергии. Меры: резервные генераторы.

8. Падение рыночного спроса на минвату

Снижение спроса (кризис в строительстве, изменений трендов) ведет к затовариванию. Риск связан с внешними факторами. Меры: анализ рынка, диверсификация продукции.

9. Пропуск смены работником

Отсутствие ключевого сотрудника замедляет работу линии, но если этот работник является рядовым — событие не сильно влияет на производство в целом. Риск выше при нехватке кадров. Меры: взаимозаменяемость, резервный персонал.

На рисунке 1 представлены риски при производстве минераловатных изделий, степень их влияния и вероятность возникновения.

Относительный вес вероятности	Вероятность возникновения (1-10)	Риски	Степень влияния										Весомость	Весомость, %
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10		
0,08	3	Поставка некачественного сырья	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	30	10,34
0,05	2	Порча продукции на складе	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	16	5,52
0,11	4	Сбои в транспортировке сырья	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	32	11,03
0,08	3	Нарушение технологии из-за спешки	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	27	9,31
0,19	7	Ошибки в настройке оборудования	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	70	24,14
0,08	3	Поломка оборудования	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	30	10,34
0,08	3	Перебои с подачей электроэнергии	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	21	7,24
0,11	4	Падение рыночного спроса на минвату	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	40	13,79
0,22	8	Пропуск смены работником	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	24	8,28

Рис. 1 Оценка рисков при производстве минеральной ваты

С помощью анализа рисков было выявлено, что наибольшую весомость для предприятия представляют ошибки в настройке оборудования, потому что они могут появляться часто во время производства, а также имеют наибольшую степень влияния. Для предотвращения появления ущерба, важно всегда следить за квалификацией и внимательностью персонала.

Вторым важнейшим риском идет «падение рыночного спроса» на минеральную вату, которое ставит под вопрос существование предприятия в целом, если производство продукции не диверсифицировано. Если продукцию предприятия перестали покупать, то соответственно на прибыль организации рассчитывать не придется. Для конкурентноспособной позиции на рынке всегда важно производить различную продукцию, ко-

торая будет отличаться друг от друга по хотя бы нескольким параметрам.

Третьим риском по весу является «сбои в транспортировке сырья», потому что без материала на начальном этапе в дальнейшем не может работать производство в целом. Здесь чрезвычайно важно всегда иметь каких-либо других поставщиков, а также резервные маршруты для подачи сырья.

Следующими рисками с одинаковой весомостью являются «поставка некачественного сырья» и «поломка оборудования». Всегда есть вероятность, что поставщик может привезти некачественное сырье, поэтому на предприятии необходим тщательный входной контроль, чтобы в оперативном порядке требовать заменить поставку. Либо же, в случае необходимости, в срочном моменте де-

лать заказ у других поставщиков. Для предотвращения поломок оборудования, необходимо всегда производить плановый ремонт, а также всегда иметь на предприятии работающую службу, которая будет заниматься мониторингом состояния.

Рисками с весомостью менее 10 % являются «нарушение технологии из-за спешки», «пропуск смены работником», «перебои с подачей электроэнергии» и «порча продукции на складе».

Для предотвращения нарушения технологии из-за спешки необходим строгий контроль на каждом этапе производства, чтобы бракованные части всегда были за-

метны сразу. По независящим от предприятия причинам всегда какие-то работники могут пропускать смены, поэтому для снижения ущерба от этих случаев необходимо всегда иметь взаимозаменяемых сотрудников и небольшой резервный персонал.

Перебои с подачей электроэнергии быстро решаются с помощью установки резервного генератора, который будет включаться во время перебоев для предотвращения остановки производства. Избегать порчи продукции на складе помогают соблюдение условий хранения, а также проведение регулярных проверок во избежание получения убытков и репутационных рисков.

Литература:

1. Фоминых А. И. Системная классификация предпринимательских рисков сбыта производственных предприятий // Экономика и управление. 2013. № 7 (93). URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/sistemnaya-klassifikatsiya-predprinimatelskih-riskov-sbyta-proizvodstvennyh-predpriyatiy> (дата обращения: 17.04.2025).
2. ГОСТ Р 58771–2019 Менеджмент риска. Технологии оценки риска
3. Ростова Е. П. Анализ подходов к определению промышленного риска и их классификация // Вестник Самарского университета. Экономика и управление. 2020. № 1. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/analiz-podhodov-k-opredeleniyu-promyshlennogo-riska-i-ih-klassifikatsiya> (дата обращения: 17.04.2025).
4. Андреев А. В. Риск-ориентированный подход к оценке поставщиков в рамках системы менеджмента качества // Промышленность: экономика, управление, технологии. 2018. № 2 (71). URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/risk-orientirovannyu-podhod-k-otsenke-postavschikov-v-ramkah-sistemy-menedzhmenta-kachestva> (дата обращения: 17.04.2025).

Проблемы получения износостойких цементобетонных покрытий

Сиразов Ренат Имаматович, студент магистратуры;
Амелина Анна Александровна, студент магистратуры
Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет

Данная работа посвящена анализу факторов, определяющих износостойкость бетона, применяемого в отраслях, где он подвергается воздействию механических нагрузок, в частности в дорожном строительстве. Исследование включает анализ того, как состав бетонной смеси, методы ее укладки и эксплуатационные факторы (климатические условия и механические нагрузки) влияют на износостойкость дорожных покрытий. Особое внимание уделяется методам повышения износостойкости через добавление специальных добавок, армирование и оптимизацию технологических процессов укладки.

Ключевые слова: износостойкость бетона, механическое истирание, бетонные покрытия, добавки для повышения износостойкости, технология укладки бетона, долговечность конструкций, бетонные сооружения, материалы для дорожного строительства.

Problems of obtaining wear-resistant cement concrete coatings

Sirazov Renat Imamatynovich, student master's degree;
Amelina Anna Aleksandrovna, student master's degree
Saint-Petersburg State University of Architecture and Civil Engineering (St. Petersburg)

This work is devoted to the analysis of factors affecting the wear resistance of concrete used in road construction and other areas subject to mechanical abrasion. The study includes consideration of the influence of the composition of the concrete mix, the technology of laying, as well as external operating conditions such as climatic influences and mechanical stress. Special attention is paid to methods of increasing wear resistance through the addition of special additives, reinforcement and optimization of technological

processes of laying. The results of the work allow us to identify the main directions for improving the durability of concrete coatings and developing more wear-resistant materials that meet the requirements of modern road and construction industries.

Keywords: wear resistance of concrete, mechanical abrasion, concrete coatings, additives to increase wear resistance, concrete laying technology, durability of structures, concrete structures, materials for road construction

Введение

В последнее время всё больше проектов дорожного строительства возвращаются к монолитному цементобетону: специалисты считают, что он позволяет снизить суммарные расходы на содержание покрытия (строительство, ямочный ремонт, фрезерование) и существенно замедляет рост колеи под тяжелыми грузовиками. Однако уже в первый зимний сезон после завершения укладки цементобетонного покрытия на многих участках наблюдается интенсивное шлифование поверхности, что сопровождается увеличением пылевых выбросов и локальным снижением сцепных свойств.

Становится очевидным, что одной только высокой прочности цементного камня недостаточно. Необходимо всесторонне рассмотреть совокупность эксплуатационных, климатических и технологических факторов, влияющих на истираемость дорожного покрытия, чтобы выработать комплекс мер повышения его долговечности.

1. Факторы, влияющие на истираемость

Абразивный износ цементобетонного покрытия формируется под действием контактных напряжений колеса, микрорельефа заполнителя и переносимых твердых частиц. В странах Евросоюза и США удельное динамическое давление давно стабилизировано за счет строгих норм осевых нагрузок и широкого применения регулируемых шинных давлений. На российской дорожной сети наблюдается значительный разброс фактической нагрузки, что подтверждается результатами нивелирования деформаций плит, приведенными в отчете ООО «Автодор-Инжиниринг», где зафиксирован рост суммарной колеи на скоростной трассе М-4 до 4 мм за четыре года эксплуатации даже при щебеночном заполнителе марки 1200 [2].

Ключевое отличие российского трафика — массовое использование шипованной резины. В северных штатах США шипы разрешены лишь эпизодически, во Франции и Германии введены почти повсеместные запреты, тогда как в Российской Федерации, по данным Росавтодора, доля легковых автомобилей со шипами в зимний период достигает 70 %. Исследования Шведского национального института автодорожных и транспортных исследований фиксируют среднесезонное снятие материала с поверхности цементобетона $0,25 \text{ кг}\cdot\text{м}^{-2}$ при интенсивности потока 8000 автомобилей в сутки, что эквивалентно углублению рельефа на 0,15 мм.

Хотя сама Швеция имеет строгий лимит объема материала, снимаемого шипованными шинами и абразивным действием за один зимний сезон, приведенные значения сопоставимы с измерениями на участке КАД Санкт-Пе-

тербурга, где за одну зиму 2022–2023 гг. прибором RST зафиксировано уширение микротекстуры на 0,18 мм.

В США в опытном дорожном коридоре в штате Миннесота бетонная плита, уложенная по рецептуре с воздухововлечением 6 % и щебнем из диабазы, показала потерю высоты всего 5 мм после двадцати лет работы под выборочной шипованной нагрузкой. Российские плиты с аналогичной минеральной композицией демонстрируют тот же результат через семь-восемь лет, что косвенно указывает на более агрессивную среду.

Существенное влияние оказывает минеральный состав крупного заполнителя. В. А. Максимов и В. В. Ушаков подчеркивают, что для гранитов марки 1200 и выше рост коэффициента истираемости замедляется почти вдвое по сравнению с известняками марки 800 [1].

Условия шлифования усиливаются тонкими твердыми частицами смеси кварцевого песка и металлического абразива, выделяемыми непосредственно из шипов. Американское исследование Transportation Research Board показало, что при содержании частиц крупностью более 150 мкм потери массы бетона растут нелинейно и уже при концентрации $1 \text{ г}\cdot\text{м}^{-2}\cdot\text{км}$ достигают 5 % от сезонного объема износа [3].

Наконец, важную роль играет начальная текстура. Методические рекомендации Росавтодора фиксируют увеличение стойкости на 30 % при наличии рифления глубиной не менее 1 мм благодаря лучшему отводу частиц из зоны контакта. Однако при крупном отрицательном рельефе следует учитывать вероятность преждевременного скола вершинок.

2. Совместное воздействие климата и шипов в России

Российская дорожно-климатическая зона характеризуется частыми переходами температуры через ноль, сочетанием внезапных обледенений и использованием твердых химических реагентов. М. М. Косухин и соавторы указывают, что в центральных регионах России цементобетон испытывает от 100 до 150 циклов замораживания — оттаивания ежегодно, тогда как в Швеции аналогичная величина не превышает 80 [5]. Повторное насыщение пор влагой приводит к усталостному разрушению поверхности, а последующее движение шипованной шины действует как ручная шлифовальная машина.

Одновременно на сцепную плоскость попадает песко-соляная смесь. Лаборатория МАДИ установила, что смесь $\text{NaCl} : \text{CaCl}_2 = 3 : 1$ снижает микротвердость цементного камня на 10 % после 24 циклов, в результате чего толщина выкрашивания у кромки шва возрастает с 0,3 до 0,6 мм.

Морозное пучение основания дополнительно усиливает абразивное действие. При подъеме плиты на 0,1 мм

образуется мостик, шина наносит концентрированный удар по краевой зоне и откалывает частицу заполнителя. ODM 218.3.028 фиксирует, что скорость развития шелушения при комбинации отрицательных температур и интенсивного шипованного трафика в первый год эксплуатации дорожного покрытия вдвое выше, чем при голом отрицательном температурном воздействии.

Климатическая неоднородность Российской Федерации порождает и разнообразие реагентов. В северо-западных областях преобладает фрикционный песок, в Сибири — мелкий гранит, на Урале — шлаковый абразив. Размеры зерна варьируются от 0,5 до 2 мм, что согласуется с данными шведского эксперимента VTI о максимальной агрессивности частиц крупностью именно 1 мм.

Совместное проявление температурных градиентов и абразивной среды приводит к ускоренному формированию колеи даже на бетоне. Мониторинг участка Р-254 «Иртыш» показал, что глубина продольного углубления достигла 6 мм к концу пятого года эксплуатации при средней интенсивности тяжелых осевых нагрузок 1400 автомобилей в сутки. Для сравнения, опытный участок Falkenberg с аналогичной рецептурой бетона, но без постоянных температурных переходов и без шипов сохранил ровность с суммарным износом 5 мм за 20 лет.

Таким образом, российский климат в комбинации с шипованной резиной увеличивает темп истирания в четыре-пять раз по сравнению с умеренными неагрессивными условиями. Проблема усугубляется тем, что текущие нормативы по шероховатости заставляют эксплуатантов применять грубую текстурную обработку, а это увеличивает площадь контакта зерен и ускоряет шлифование.

3. Необходимость повышения истираемости и пути ее обеспечения

Совокупный анализ показывает, что традиционные подходы к формированию композиции цементобетона не удовлетворяют российской эксплуатации.

М. М. Косухин демонстрирует, что использование модифицированного вяжущего с удельной поверхностью $500 \text{ м}^2\cdot\text{кг}^{-1}$ и полифункциональной добавкой позволяет достичь морозостойкости до 1000 циклов и тем самым уменьшить скорость абразивного износа на 25 % [5]. Одновременно необходимо перераспределить зерновой состав крупного заполнителя. Лабораторные пробы МАДИ показывают, что переход от щебня фракции 20 мм на смесь 12 + 16 мм повышает равномерность распределения напряжений и снижает интенсивность выкрашивания. Подтверждение на сети «Автодора»: секция с комбинированной фракцией после трех зим продемонстрировала колею на 3 мм меньше.

Литература:

1. Максимов В. А., Ушаков В. В. Обоснование технологии содержания цементобетонных покрытий автомобильных дорог // Автомобиль. Дорога. Инфраструктура. — 2022 — № 2 (32). — С. 64–70.

Следующей линией защиты становится применение тонкослойных шероховатых покрытий. Методика, описанная в пособии по ремонту, предусматривает устройство полиминерального слоя толщиной 20 мм с расходом смеси 50 кг/кв. м. Такой слой принимает начальное абразивное воздействие шипов и легко обновляется, сохраняя тело плиты.

Нельзя игнорировать и системные меры. Комплексное исследование Чалмерского университета [8] показало, что общий баланс вреда и пользы от шипов в городах отрицателен; при переходе на фрикционные нешипованные зимние шины совокупная потеря жизни, выраженная в человеко-годах, сокращается более чем вдвое. Для России это означает, что стимулирование отказа от шипов способно уменьшить дорожную пыль и снизить износ бетонных плит без капитальных затрат.

Кроме того, актуален контроль за реальным осевым давлением. По статистике Федерального дорожного агентства, каждый четвертый грузовик в зимний период выходит за пределы разрешенных нагрузок, что многократно увеличивает локальное давление шипов. Введение весогабаритных пунктов контроля с автоматическим штрафом уже в первый год работы на обходе Вологды позволило сократить среднюю глубину шлифования почти на 20 %.

Совокупность названных мер следует закрепить на уровне ведомственных норм. Уровень пористости цементного камня должен лимитироваться показателем водопоглощения не выше 4 %, морозостойкость — не ниже F800, а структура текстуры — комбинированной. Только при одновременной реализации описанных направлений возможно достичь плановых тридцатилетних сроков без капитального ремонта.

Заключение

Износ цементобетонных покрытий в России определяется прежде всего тремя взаимозависимыми факторами: шипованной нагрузкой, климатическим циклическим замораживанием и недостаточной адаптацией материала к абразивной среде. Международная практика подтверждает, что при оптимальной рецептуре и умеренных условиях бетон способен сохранять ровность свыше двух десятилетий, однако российские дороги сталкиваются с многократным ускорением процессов.

Повышение истираемости возможно лишь при комплексном подходе, сочетающем использование высокопрочного заполнителя, модифицированных вяжущих, защитных тонкослойных слоев и административные меры по ограничению перегруза и частичному отказу от шипов. Реализация этих шагов позволит выйти на расчетные интервалы службы, снизить затраты на содержание и уменьшить экологические риски, связанные с пылевыведением.

2. Отчет ООО «Автодор-Инжиниринг». Опыт применения цементобетонных покрытий при строительстве автомобильных дорог. Москва. 2021.
3. Frith, D. J., Morian, D. A., Stoffels, S. M. & Saboundjian, S. (2004). Hard Aggregate Resistance to Studded Tires. Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board, 1874, 19–28. PDF: <https://onlinepubs.trb.org/onlinepubs/trr/2004/1874/1874.pdf>
4. Методические рекомендации по ремонту и содержанию цементобетонных покрытий автомобильных дорог. ОДМ 218.3.028-2013. — М., 2015.
5. Обеспечение долговечности, эксплуатационной надежности, комфортности и экологической безопасности улично-дорожной сети путем использования цементобетонных дорожных покрытий на модифицированном вяжущем / М. М. Косухин, А. М. Косухин, Ю. А. Шарапова, О. Н. Шарапов // Вестник БГТУ им. В. Г. Шухова. — 2016. — Т. 1. № 3.
6. Concrete pavement Falkenberg Sweden — a 20 year review. Swedish Concrete Roads Association. 2016.
7. Studded tire wear on concrete pavements. Highway Research Record 331. Transportation Research Board. 1970.
8. Furberg A., Molander S., Arvisson R. Public health impact of studded winter tires. Chalmers University of Technology. 2018.

ГЕОЛОГИЯ

Проведение рекогносцировочных работ при геологоразведке на месторождениях твердых полезных ископаемых

Любичев Александр Владимирович, студент

Научный руководитель: Назарова Зинаида Михайловна, доктор экономических наук, профессор, зав. кафедрой
Российский государственный геологоразведочный университет имени Серго Орджоникидзе (г. Москва)

Проведение рекогносцировочных работ при производстве работ на объектах твердых полезных ископаемых (ТПИ) является начальным этапом реализации поисковых и разведочных проектов на ТПИ на континентальной части суши, в том числе за пределами Российской Федерации.

Определение порядка проведения рекогносцировочных работ направлено на стандартизацию проведения рекогносцировочных работ при осуществлении поисковых и разведочных работ на твердые полезные ископаемые.

Перечень нормативных документов, в соответствии с которыми определены требования к порядку проведения рекогносцировочных работ:

- Трудовой кодекс Российской Федерации;
- Гражданский кодекс Российской Федерации;
- Земельный кодекс Российской Федерации;
- Лесной кодекс Российской Федерации;
- Водный кодекс Российской Федерации;
- Федеральный закон от 04.12.2006 № 201-ФЗ «О введении в действие Лесного кодекса Российской Федерации»;
- Федеральный закон от 13.07.2015 № 218-ФЗ «О государственной регистрации недвижимости»;
- Федеральный закон от 30.12.2015 № 431-ФЗ «О геодезии, картографии и пространственных данных и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации»;
- Инструкции по топографо-геодезическому и навигационному обеспечению геологоразведочных работ, утвержденные приказом МПР России от 30.11.1998 № 249;
- Правила безопасности при геологоразведочных работах. ПБ 08–37–2005;
- Инструкции по маркшейдерским и топографо-геодезическим работам в нефтяной промышленности. РД 39–0147139–101–87, 1987

В данной статье используются следующие термины, определения и сокращения:

Бездорожье — труднопроходимые места, лишенные дорог.

Заболоченность — наличие переувлажнённых почв, заболоченных земель и болот (порознь или в совокупности) на той или иной территории.

Климатические пояса — широтные полосы земной поверхности, имеющие относительно однородный климат, изменяющиеся от экватора к полюсам зонально. Пояса отличаются друг от друга температурой воздуха и преобладающими воздушными массами, которые определяют основные черты климата пояса. Различают 7 основных климатических поясов: это один экваториальный пояс и парные (северные и южные) тропические, умеренные и полярные (арктический и антарктический).

Пересечение рек — преодоление водной преграды.

Переправа — естественное или искусственное сооружение для преодоления водной преграды.

Природные зоны — районы, сходные по преобладающим типам ландшафтов — природно-территориальным комплексам, обладающим общностью климата, почв, растительности и животного мира. Внутри каждой климатической зоны может располагаться несколько природных зон. Основные природные зоны: арктическая пустыня, тундра, тайга, смешанные леса, широколиственные леса, степи, пустыни и полупустыни, субтропики.

Проект — комплекс геологоразведочных работ (мероприятий), состоящий из совокупности нескольких скоординированных и управляемых видов деятельности, организованный для выполнения государственного или коммерческого контракта.

Рекогносцировка — (от лат. *reconosco* — осматриваю) обследование местности (территории) выполнения предполагаемых ГРП в целях получения актуальных сведений об особенностях ее геологического строения, степени транспортной доступности, условиях и рисках выполнения работ.

Руководитель проекта — работник общества «Холдинг», который отвечает за организацию и управление Проектом в соответствии с утвержденными регламентными документами.

Тип местности по степени пересеченности — подразделение местности по степени пересеченности оврагами, балками, реками, озерами и другими естественными препятствиями, ограничивающими свободу передвижения техники.

Местность подразделяют на:

- слабопересеченную;
- среднепересеченную;
- сильнопересеченную.

Слабопересеченная местность — представляет собой пространство, хотя и снижающее скорость движения, но легко преодолеваемое машинами повышенной проходимости (вездеходами и др.) и автотракторной техникой в любом направлении. На такой местности естественные препятствия составляют менее 10 % от всей площади. Рельеф обычно равнинный, реже холмистый.

Среднепересеченная местность — имеет около 20 % площади, занятой естественными препятствиями. Рельеф местности обычно холмистый, реже равнинный.

Сильнопересеченная местность — отличается большим количеством труднопроходимых естественных препятствий — оврагов, промоин, канав, насыпей, рек, каналов и т. п. Естественные препятствия занимают более 30 % такой местности.

Тип местности по условиям проходимости:

- легкопроходимая;
- проходимая;
- труднопроходимая;
- непроходимая.

Легкопроходимая — местность не ограничивает скорость и направление движения колесных и гусеничных машин, допускает беспрепятственное применение различных видов техники и движение без усиления грунта.

Проходимая — местность почти не ограничивает скорость, направление движения и допускает повторное движение по одному следу гусеничных машин, отдельные места необходимо обходить или усиливать (оборудовать проходы). Движение колесных машин обычной проходимости несколько затруднено.

Труднопроходимая — местность доступна для движения гусеничных машин с небольшой скоростью, ограничивает свободу и движение нескольких машин по одному следу. Движение колесных машин обычной проходимости почти невозможно. Движение возможно только по дорогам. Труднопроходимая местность оказывает отрицательное влияние на скорость и возможность передвижения техники и сотрудников при выполнении ими производственных задач.

Непроходимая — местность недоступна для движения гусеничных и колесных машин без выполнения значительных работ по оборудованию и усилению дорог.

Удаленность — протяженность пути до участка, в километрах.

ТПИ — твердые полезные ископаемые.

ГРР — геологоразведочные работы.

ТЗ — техническое задание.

ООПТ — особо охраняемые природные территории.

Теория

Целью проведения Рекогносцировки является предметное изучение условий конкретного проекта в рамках технического задания и определение наиболее эффективных путей достижения целей и задач на месте проведения ГРР.

Виды проведения Рекогносцировки: Камеральная и Полевая рекогносцировка.

Камеральная рекогносцировка — комплекс мероприятий, проводимый без посещения территории предполагаемых к выполнению ГРР в целях углубленного анализа информации о местности и условиях проведения работ по выполнению задач проекта.

Определяются следующие данные, характеризующие участок местности, на котором исполняется данный проект:

- высота над уровнем моря;
- климатический пояс;
- длительность зимнего периода;
- абсолютный минимум температуры;
- абсолютный максимум температуры;
- средняя температура в зимний период;
- длительность летнего периода;
- абсолютный минимум температуры;
- абсолютный максимум температуры;
- средняя температура в летний период;
- наличие топографической основы;
- удаленность от ближайшего населенного пункта;
- удаленность от ближайшей автодороги до полевой базы (лагеря);
- уровень бездорожья;
- пересечение рек на маршруте следования, их глубина;
- наличие расчлененного рельефа и крутизна склонов на участке работ;
- наличие переправ (оборудованных и необорудованных бродов);
- заболоченность;
- иные имеющие значения сведения.

Данные показатели обязательно включаются в паспорт проекта.

Полевая рекогносцировка — комплекс мероприятий, выполняемых в рамках выезда на место предполагаемых работ по маршруту, определенному во время камеральной рекогносцировки. В случае реализации проектов в отдаленных, сложных условиях, имеющих высокорискованную логистику, полевую рекогносцировку целесообразно выполнить до оценки стоимости, рисков проекта и заключения договорных обязательств.

Целями проведения Полевой рекогносцировки является получение достоверных данных о возможной транспортной доступности полевого участка, об условиях выполнения проекта (климатических и геологических), определяет наиболее эффективные методы проведения легких полевых работ, ГПР (горнопроходческие работы) и бурения, определяет оптимальный состав техники, оборудования и обслуживающего персонала для выполнения задач проекта.

Полевая рекогносцировка выполняется с обязательным выездом на участок выполнения работ.

Порядок проведения **Полевой рекогносцировки**.

На этапе выполнения полевой рекогносцировки и подготовки Акта (отчета) о рекогносцировке ответственный руководитель группы — Руководитель проекта выполняет следующие мероприятия:

1. Знакомится с материалами предварительного обоснования объекта (участка проведения работ), ТЗ, договорной документацией (при наличии).
2. Изучает результаты камеральной рекогносцировки.
3. Опрашивает работавших ранее на данном или соседних участках работников и компаний.
4. Выезжает на участок проведения работ и выполняет задачи, предусмотренные в период проведения полевой рекогносцировки.
5. Составляет Акт (отчет) по форме, представленной в приложении к Регламенту.
6. Информировывает всех заинтересованных лиц о результатах рекогносцировки и заполняет/актуализирует реестр рисков.
7. При необходимости вносит изменения в порядок выполнения работ, план-график проекта и иные документы проекта.

Ответственным за проведение полевой рекогносцировки является руководитель по производству работ или назначенный в установленном порядке Руководитель проекта.

Решение о проведении полевой рекогносцировки принимает руководитель Общества. Основаниями для не проведения полевой рекогносцировки являются транспортная/иная недоступность полевого участка без

специальной техники и работ или детальное знание условий выполнения работ на участке.

Все работы в рамках выполнения рекогносцировочных работ выполняются с соблюдением норм и правил, установленных в трудовом законодательстве.

При проведении полевой рекогносцировки Руководитель проекта составляет подробную карту с маршрутом движения, определяет продолжительность рекогносцировки с датой возврата основной и резервной. Обеспечивает группу системой спутниковой связи, сигнальными средствами, оружием, аптечками, необходимым снаряжением (палатки, спальные мешки, спецодежда и пр.), топливом для техники и продуктами из расчета 2-кратной расчетной необходимости. Комплектует персонал из физически здоровых работников, без риска непредвиденных осложнений. Перед выходом подписывает Акт выхода, с указанием даты выхода, поименного количества персонала и даты возврата.

Выводы

Рекогносцировка — критический драйвер обеспечения успешности проекта, позволяющий существенно снизить риски и проблемы в ходе его дальнейшей реализации.

В случае реализации проектов в отдаленных, сложных условиях, имеющих высокорискованную логистику, полевую рекогносцировку целесообразно выполнить до оценки стоимости, рисков проекта и заключения договорных обязательств.

Автор выражает благодарность за предоставленную информацию Калачеву Д. А., директору дирекции по управлению проектами Блока ТПИ АО «Росгео».

Литература:

1. Положение о системе управления рисками ОАО «Росгеология» // Совет Директоров АО «Росгеология» 2015. 11 ноября протокол № 26.- 10с.
2. Регламент проведения рекогносцировочных работ при производстве работ на ТПИ и ПВ АО «Росгео».
3. Дейников Р. Т. Риски и точки бифуркации как ключевые факторы сценарности стратегии компании с преобладающим государственным участием (на примере АО «Росгеология») // Modern Economy Success. 2020.No 4. С. 42–46.

Совершенствование методов проектного управления путем создания единого информационного пространства для повышения эффективности управления геологоразведочными работами (на примере АО «Росгео»)

Любичев Александр Владимирович, студент

Научный руководитель: Назарова Зинаида Михайловна, доктор экономических наук, профессор, зав. кафедрой
Российский государственный геологоразведочный университет имени Серго Орджоникидзе (г. Москва)

Ключевые слова: минерально-сырьевой комплекс, стратегическая цель, система управления проектами, цифровая модель недропользования, цифровая трансформация, интегрированная информационная система.

Одной из основных целей государственной программы РФ «Воспроизводство и использование природных

ресурсов», определяющие стратегию и направления развития геологической отрасли страны на ближайшую пер-

спективу, является обеспечение экономики страны запасами минерального сырья и геологической информацией о недрах. Масштабная цифровизация в недропользовании позволит существенно сократить себестоимость наиболее затратных составляющих — геологоразведки, бурения, транспортировки, и обеспечить рациональное недропользование.

При рассмотрении реально функционирующей модели системы управления проектами геологического предприятия выявлены недостатки действующей системы и доказана необходимость совершенствования методов проектного управления путем внедрения информационных технологий для повышения эффективности управления геологоразведочными работами. Рассмотрены проекты цифровой трансформации бизнес-процессов АО «Росгеология», как уже успешно функционирующие в рамках модели управления бизнес-процессами геологического предприятия, так и находящихся в процессе реализации.

Были использованы методы количественного и качественного анализа: аналитический метод исследования, сравнительный метод, метод ключевых показателей эффективности, методы бизнес-планирования.

Информационная база собрана путем изучения статей, книг, учебных пособий, монографий. Данные для практической части работы были получены в АО «Росгеология» путем изучения предоставленных локальных нормативных актов компании, частичной финансовой отчетности, общедоступной информации об Обществе в сети Интернет.

АО «Росгеология» непосредственно решает производственные задачи воспроизводства минерально-сырьевой базы в рамках государственной Программы. Однако деятельность Холдинга имеет ряд специфических особенностей, одной из которых является неопределенность [2]. Предлагаемые изменения существующей системы управления проектами АО «Росгеология» позволят снизить специфические риски, обусловленные уникальной характеристикой объектов, а проектно-ориентированная система управления геологоразведочными работами, меняющаяся в зависимости от внешней среды, позволит наиболее эффективно осуществлять функции государственного регулирования в минерально-сырьевой сфере.

Теория

В конце марта 2022 года президент Владимир Путин подписал указ, ограничивающий использование иностранного программного обеспечения для госорганов и госзаказчиков начиная с 1 января 2025 года, запрещающий использовать иностранное ПО на объектах критической инфраструктуры. Кроме того, уже с 31 марта 2022 года госорганы не могут закупать иностранный софт без специального разрешения правительства [4]. В 2021 году «Росгеология» совместно с Минцифры создала отраслевой технологический акселератор для импортозамещения

иностранного ПО в геологоразведке. По решению Правительства РФ председателем индустриального центра компетенций ««Недропользование. Геологоразведка» стала компания Росгеология [5]. Для Росгеологии тема цифровизации является крайне актуальной: холдинг реализует в этой области целый ряд проектов.

В частности, разрабатываются системы дистанционного зондирования Земли, ведется оцифровка поверхности территории страны с высокой степенью детализации, создается «Геоплатформа»- интегрированная информационная система обеспечивающая многостороннее взаимодействие государства и недропользователей по обмену информацией и ценностями. На базе платформы планируется создать единую по России базу данных по разведанным полезным ископаемым.

Как было указано Афанасенковым А. П. в «Стратегических инициативах геологоразведки АО «Росгеология» [3], создание цифровой геоэкосистемы «Геология 4.0» позволяет использовать возможности современных цифровых технологий для повышения эффективности бизнеса Холдинга: построение облака BigData — комплексной распределенной платформы сбора, хранения и первичного анализа всех видов геологических данных; построение системы анализа и обработки геологической информации для повышения качества прогнозов и оценок; обеспечения дистанционного контроля работы оборудования в режиме реального времени; обеспечение прозрачности операций и развитие программно-аппаратной среды (рисунк 1).

Геологические партии работают в условиях, где отсутствуют любые виды связи, в том числе и Интернет. Предполагается обеспечить буровые партии связью с покрытием в диаметре 40 км. Передача информации осуществляется с помощью радиорелейной связи. Контроль за спецтехникой осуществлять с помощью системы ГЛОНАСС. Объекты контроля: Буровое оборудование, погрузчики, бульдозеры, экскаваторы. Для работы персонала создать WI-FI купол диаметром 0,5 км. Контроль осуществлять с помощью видеонаблюдения, геопозиционирования, датчиков и мобильных устройств. Сбор данных осуществляется по каналам спутниковой связи в Центр обработки данных (ЦОД). Таким образом, предполагается единый контур программных продуктов предприятия.

Также успешно внедрены два проекта: «Платформа документирования геологической информации» и «Платформа проектирования месторождений», реализуемые на базе решений отечественных компаний «Автоматизация геологоразведочных работ (АГР)» и «Геомикс». Проекты были поддержаны Министерством природных ресурсов и Министерством цифрового развития, признаны особо значимыми Правительством Российской Федерации и получили гранты Российского фонда развития информационных технологий (РФРИТ) для внедрения на предприятиях Росгео и дальнейшего тиражирования по отрасли.



Рис. 1. Цифровизация геолого-геофизической информации и рабочих процессов геологоразведочных работ (ГРР)

Реализация этих проектов позволит не только в кратчайшие сроки заменить зарубежные прикладные программные продукты в сфере геологоразведки твердых полезных ископаемых, но и чувствительно повысить показатели операционной эффективности геологоразведочных работ за счет глубокой автоматизации производственных процессов и организации полностью электронного документооборота в части обмена геологической информацией. По словам директора по информационным технологиям Росгео Павла Соловьева, практика применения платформы в полевых условиях показала, что продукт получается крайне удачным [6].

Кроме того, на базе решений отечественной компании «АГР» предлагается к внедрению автоматизированная система управления геологоразведочными буровыми работами DrillGeo, в результате внедрения которой Холдинг получит автоматизированный сбор телеметрии на буровой геологоразведочной установке, что приведет к повышению качества и скорости получаемой информации. Наличие интегрированной системы высокоточного позиционирования позволит сразу же получать координаты текущей скважины, записывать их в файл и использовать в ГИС системах, не дожидаясь результатов маркшейдерской съемки. Наличие автоматизированного контроля положения бурового снаряда повысит точность измерения положения каждого рейса в скважине и глубины скважины на момент окончания бурения, уменьшит нагрузку на оператора буровой установки, позволит ему сосредоточиться на контроле режима бурения. Система «механического каротажа», позволит получать более качественную информацию о разрезе и более точно проводить геологические границы, а также даст реальную картину диапазона изменений параметров бурения [1].

Росгеология идет по пути постоянного развития, поиска новых решений и применения современных ИТ-технологий во всех областях геологоразведочной отрасли.

Выводы

Режим «самоизоляции», обусловленный пандемией, введенными санкциями в отношении РФ, наглядно продемонстрировал актуальность и преимущества цифровых технологий по сравнению с традиционными средствами связи, коммуникаций, производства и обмена. Важнейшим ресурсом холдинговой структуры является информация. Основной принцип новой промышленности — переход от фрагментарной автоматизации отдельных стадий или производств к полностью автоматизированному цифровому производству, управляемому интеллектуальными системами в режиме реального времени. Все эти задачи решаются путем создания единого информационного пространства.

В рамках цифровой трансформации холдинга последовательно автоматизируется весь спектр производственных процессов геологоразведки, целью является построение комплексной производственной системы, позволяющей повысить операционную эффективность всей деятельности. Задача, которая последовательно решается — не просто перейти с зарубежных решений на отечественные аналоги, а построить комплексную интегрированную платформу, отвечающую современным требованиям к автоматизации производственных процессов [6].

Автор выражает благодарность за предоставленную информацию Афанасенкову А.П., заслуженному геологу России, заслуженному работнику АО «Росгео», Узюнокяну Артуру Акоповичу, заместителю генерального директора — руководителю Блока геологии и развития АО «Росгео».

Литература:

1. Автоматизированная система управления геологоразведочными буровыми работами DrillGeo // Официальный сайт RIT Automation. [Электронный ресурс]. — Режим доступа: — <https://rit-it.com/reshenija/geologorazvedka/drii-geo/> (дата обращения: 12.03.2025)
2. Анисимова А. Б. Особенности управления проектной деятельностью в геологической отрасли. // Естественно-гуманитарные исследования № 33(1), 2021. С.25–26. DOI: 10.24412/2309-4788-2021-10825 / <https://cyberleninka.ru/article/n/osobennosti-upravleniya-proektnoy-deyatelnostyu-v-geologicheskoy-otrasli-1/viewer/> (дата обращения: 05.03.2025)
3. Афанасенков А. П., Стратегические инициативы геологоразведки АО «Росгеология» [Электронный ресурс]. — Режим доступа: https://karpinskyinstitute.ru/ru/conf/summary/karpinsky21/presentations/17-11-21_4.pdf / (дата обращения: 05.03.2025)
4. Синцова Н. Глава «Росгеологии» оценил сроки замены иностранного софта. Война санкций // Официальный сайт РБК. 22.06.2022. — URL: <https://www.rbc.ru/business/22/06/2022/62b075009a794749b8cb60a6/> (дата обращения: 05.03.2025)
5. Росгеология провела первый демодень ИЦК «Геологоразведка. Недропользование» // АНО «Цифровая экономика» — главная платформа взаимодействия бизнеса и государства по развитию цифровой экономики в России. 2023. 08 августа. [Электронный ресурс]. — Режим доступа: — <https://d-economy.ru/news/rosgeologija-provela-pervyj-demoden-ick-geologorazvedka-nedropolzovanie/> (дата обращения: 10.03.2025)
6. Росгео — победитель Конкурса кейсов цифровой трансформации МайнДиджитал // Официальный сайт АО «Росгеология». 11.10.2023. [Электронный ресурс]. — Режим доступа: — <https://rusgeology.ru/press/news/rosgeo-pobeditel-konkursa-keysov-tsifrovoy-transformatsii-mayndidzhital/?ysclid=lq5f1qa26a902222819> / (дата обращения: 05.03.2025)

ЭКОЛОГИЯ

Основные проблемы применения методик мониторинга земель

Иванова Анастасия Валерьевна, студент магистратуры
Научный руководитель: Шепелева Антонина Васильевна, кандидат технических наук, доцент
Санкт-Петербургский государственный университет

В статье автор систематизирует основные сложности применения методик по мониторингу земель и приводит их возможные последствия.

Ключевые слова: мониторинг земель, методики по проведению мониторинга земель, земельные ресурсы, ущерб почвам.

В настоящее время с растущим антропогенным воздействием на земельные ресурсы повышается значимость вопроса об их сохранении и восстановлении. Важную роль здесь играет мониторинг земель, направленный на получение достоверной информации о качественных и количественных характеристиках земель [1]. Для проведения мониторинга земель в Российской Федерации разработана целая система, в которой выделяется мониторинг земель сельскохозяйственного назначения и мониторинг земель иных категорий. Ключевые направления этой деятельности связаны с расчетом ущерба, причиненного землям в результате хозяйственной и иной

деятельности, и естественных природных процессов, восстановлением (рекультивацией) нарушенных и деградированных земель и предотвращением негативного воздействия на земли. В свою очередь, нормативно-методическая база по проведению мониторинга земель подразделяется на документы, регламентирующие порядок отбора проб почв, грунтов и отходов и проведение их лабораторных исследований; документы и нормативно-правовые акты, регламентирующие обязательность, порядок и сумму возмещения ущерба землям; документы и методики по определению степени деградации, нарушения, загрязнения земель (рис. 1).

Система мониторинга земель в Российской Федерации

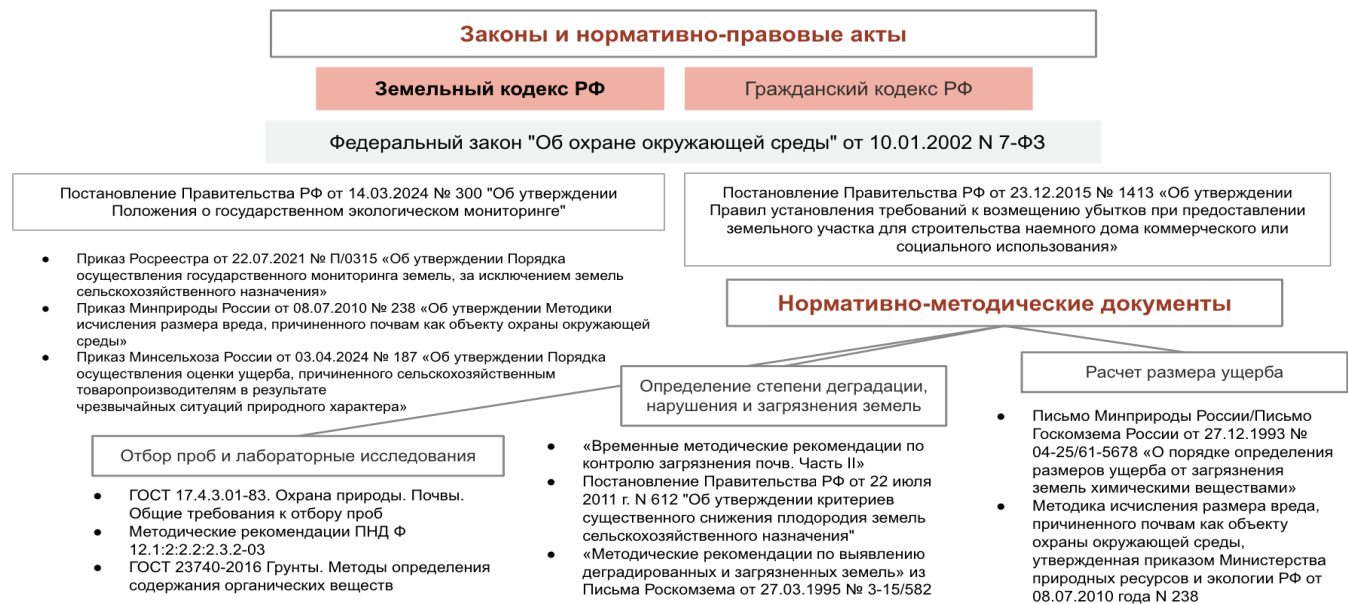


Рис. 1. Система мониторинга земель в Российской Федерации

Автором был проведен комплексный анализ нормативно-методической базы по проведению мониторинга земель, а также открытой судебной практики в области земельных споров [8, 9], в результате чего выделены следующие основные проблемы применения методик мониторинга земель и их последствия (рис. 2).

Стоит начать с того, что большинство методик не обновлялись с момента их издания, то есть более 20–30 лет, что привело к значительному устареванию методической базы и используемых формул расчета. На практике может отсутствовать возможность определения отдельных показателей. Например, толщины плодородного слоя при высокой захламленности участка отходами; или отбора фоновой пробы с исследуемого участка при общем загрязнении его территории и невозможности отбора фоновой пробы с прилегающего участка, относящегося к другой категории земель и имеющего иной вид разрешенного использования. При возникновении таких ситуаций берутся средние региональные значения показателей, не учитывающие реальных данных по местности.

Следующий недостаток методик вытекает из вышеуказанного, а именно недоучета фактических показателей на местности. Так, например, Методика исчисления размера вреда, причиненного почвам [3], не учитывает различные факторы, которые могут повлиять на протекание негативных процессов в почвах и содержание в них химических веществ: типа почвы и ее физических и химических свойств, географического положения, характера миграции химических веществ и т. д.

Неточность терминологии в методиках выражается в отсутствии разграничения понятий “почва” и “грунт” по глубине залегания. Кроме того, на практике встречаются ситуации, когда при расчете ущерба землям в него включают ущерб болотам, хотя согласно Водному кодексу РФ болота являются водными объектами. Закрепленное в ГОСТе 23740–2016 понятие “органического вещества” не конкретизирует состав органических соединений

в грунте, в результате чего на практике под “органическим веществом” могут пониматься и сравниваться разные вещества (например, продукты разложения гумуса и продукты разложения углерода).

Двойственность возмещения вреда почвам, предусмотренная ст. 77 и 78 Федерального закона “Об охране окружающей среды” выражается в том, что землепользователю приходится компенсировать ущерб, рассчитанный по методическим рекомендациям, а также проводить рекультивацию земель за свой счет.

Отсутствие актуальной информации на публичной кадастровой карте является косвенной проблемой проведения мониторинга земель, но тем не менее на практике имеет место быть и довольно часто приводит к ситуациям, когда отбор проб проводится вне границ исследуемого земельного участка или на участке иной категории земель.

К последствиям перечисленных недостатков методик можно отнести возникновение судебных споров по вопросам оспаривания рассчитанного ущерба и легитимности процедуры отбора проб, к занижению или завышению суммы реального ущерба, дополнительным расходам на повторное привлечение экспертных организаций и проведение лабораторных исследований, судебным расходам, трудностям перевода земель из одной категории в другую (например, при переводе сельскохозяйственных земель в земли промышленности для целей недропользования с предварительным проведением работ по снятию плодородного слоя), ошибкам в определении кадастровой стоимости земельного участка вследствие недоучета фактического состояния земель. Все эти последствия негативно сказываются на эффективности проводимого мониторинга земель, и, как следствие, вызывают сложности привлечения нарушителей природоохранного законодательства к ответственности и компенсации ущерба, а также приводят к росту площадей загрязненных и деградированных земель.



Рис. 2. Основные проблемы применения методик по проведению мониторинга земель

Литература:

1. Земельный кодекс Российской Федерации от 25.10.2001 N 136-ФЗ
2. Федеральный закон «Об охране окружающей среды» от 10.01.2002 N 7-ФЗ
3. Приказ Минприроды России от 08.07.2010 N 238 «Об утверждении Методики исчисления размера вреда, причиненного почвам как объекту охраны окружающей среды»
4. ГОСТ 27593–88 Почвы. Термины и определения
5. ГОСТ 23740–2016 Грунты. Методы определения содержания органических веществ
6. ПНД Ф 12.1:2.2.2.3.2–03 Отбор проб почв, грунтов, осадков биологических очистных сооружений, шламов промышленных сточных вод, донных отложений искусственно созданных водоемов, прудов-накопителей и гидротехнических сооружений
7. «Временные методические рекомендации по контролю загрязнения почв. Часть II», опубликованные 01.01.1984 г. Госкомгидрометом
8. Решение № 12–261/2021 от 15 июня 2021 г. по делу № 12–261/2021 // Судебные и нормативные акты РФ. URL: <https://sudact.ru/regular/doc/ETibPEom2Bl8/>
9. Решение от 13 февраля 2020 г. по делу № А45–14620/2019 // Судебные и нормативные акты РФ. URL: <https://sudact.ru/arbitral/doc/ShbM2epxHiZP/>

Сравнительный анализ проб снегового покрова в городской среде

Элькинд Полина Александровна, студент

Научный руководитель: Каурова Злата Геннадьевна, кандидат биологических наук, доцент
Санкт-Петербургский государственный университет ветеринарной медицины

В статье приведены результаты сравнительного химического анализа и анализа методом биотестирования проб снегового покрова Московского района г. Санкт-Петербург. Выявлена корреляция между содержанием оксида азота, диоксида азота и ростом, и развитием растений. Избыточная концентрация оксида азота и диоксида азота в атмосферных осадках негативно влияет на всхожесть семян, замедляет рост и развитие корневой системы растений, что приводит к уменьшению массы проростков и их нежизнеспособности.

Ключевые слова: атмосферные осадки, снеговой покров, антропогенная среда, загрязнение атмосферы, геоэкология

Comparative analysis of samples of snow cover in urban environment

Elkind Polina Aleksandrovna, student

Scientific advisor: Kaurova Zlata Gennadevna, candidate of biological sciences, associate professor
Saint Petersburg State University of Veterinary Medicine (St. Petersburg)

The article presents the results of comparative chemical analysis and biotesting of snow cover samples from the Moskovsky district of St. Petersburg. The correlation between the content of nitric oxide and nitrogen dioxide and the growth and development of plants has been revealed. Excessive concentration of nitric oxide and nitrogen dioxide in atmospheric precipitation negatively affects seed germination, slows down the growth and development of the root system of plants, which leads to a decrease in the mass of seedlings and their non-viability.

Keywords: precipitation, snow cover, anthropogenic environment, atmospheric pollution, geoecology

Введение

Атмосферные осадки являются важным показателем при проведении мониторинга атмосферного воздуха [13]. Учитывая розу ветров, можно определить источник антропогенного загрязнения и его влияние на окружающую среду. Наиболее значимыми показателями в исследовании атмосферных осадков служат кислотность, общая минерализация и содержание тяжелых металлов, оказывающих пагубное воздействие на здоровье человека.

Кислотные дожди, образующиеся в результате загрязнения атмосферного воздуха промышленными выбросами оксидов серы и азота, наносят существенный экономический урон агропромышленному сектору: повреждают посевы, разрушают покрытие сельскохозяйственной техники, нарушают микробиом водоёмов и почвы [13].

В зимний сезон атмосферные осадки в виде снега накапливаются, выступая в роли депонирующей среды. Анализ снегового покрова позволяет оценить степень антропогенного загрязнения [9].

Материал и методы исследований

Отбор проб снегового покрова был проведен 18.02.2025 согласно ГОСТ 17.1.5.05–85 «Общие требования к отбору проб поверхностных и морских вод, льда и атмосферных осадков».

Оценка химического состава талой воды осуществлена путем колориметрических методов, изложенных в РД 52.04.186–89 «Руководство по контролю загрязнения атмосферы». Полученные данные были проанализированы с нормативными показателями ГН 2.1.6.3492–17 «Предельно допустимые концентрации (ПДК) загрязняющих веществ в атмосферном воздухе городских и сельских поселений».

Для оценки влияния антропогенного загрязнения на состояние газонов, использован метод биотестирования по методике ГОСТ Р ИСО 22030–2009 «Качество почвы. Биологические методы. Хроническая фитотоксичность в отношении высших растений».

Результаты исследований

Часть 1. Оценка химического состава снегового покрова

С целью сравнительной оценки химического состава снегового покрова в городской среде 18.02.2025 были отобраны две пробы: проба № 1 была взята во внутреннем дворе университета (условно чистый снег) (59.89381 с.ш. 30.32398 в.д.), проба № 2 возле обочины Московского проспекта (загрязненный снег) (59.89268 с.ш. 30.31976 в.д.). Масса нетто каждой пробы составила 3160 г. Условия отбора проб описаны в Таблице 1.

Таблица 1. Условия отбора проб

Температура атмосферного воздуха (°C)	Атмосферное давление (мм рт.ст.)	Облачность	Влажность (%)	Ветер (м/с)	Высота снежного покрова (см)
-6	757	кучево-снеговые облака	84	3 м/с, ЮЗ	11

19.02.2025 был проведен анализ химического состава талой воды. Результаты исследования представлены в Таблице 2.

Таблица 2. Сравнительная оценка химического состава пробы № 1 и № 2

Контролируемый показатель	ПДК, мг/м³	Фактическое содержание пробы № 1, мг/м³	Фактическое содержание пробы № 2, мг/м³
pH	6.5–6.8	6.89	6.53
азота диоксид	0.2	0	0.4
азота оксид	0.4	0	0.6
железа оксид	0.04	0	0
карбонатная жесткость	10	1	2
хлор	0.1	0	0
суммарное солесодержание	13–66	42,6	62,1

Результаты сравнительного анализа свидетельствуют о незначительном превышении ПДК оксида и диоксида азота в пробе № 2, что обуславливается близким нахождением к источнику антропогенного загрязнения и адсорбирующим свойством снега. Химический состав пробы № 1 находится в пределах нормы.

Часть 2. Оценка антропогенного загрязнения снегового покрова методом биотестирования

В качестве тест-объекта были выбраны семена горчицы желтой (*Brassia juncea* L.). В стерильные ёмкости с биогрунтом поместили по 40 семян. Ёмкость № 1 полили 100 мл талой водой пробы № 1, ёмкость № 2 полили 100 мл талой воды пробы № 2, ёмкость № 3 полили 100 мл дистиллированной воды в качестве контроля всхожести.

На седьмые сутки после посева был проведён анализ всхожести семян, длины и массы ростков. В ёмкости № 1 проросло 26 семян из 40 (65 % всхожести), в ёмкости № 2 проросло 21 семя из 40 (52,5 % всхожести), в ёмкости № 3 проросло 30 семян из 40 (75 % всхожести). Результаты сравнительного анализа среднего значения длины надземной и подземной частей проростков опытных растений представлены на рис. 1.

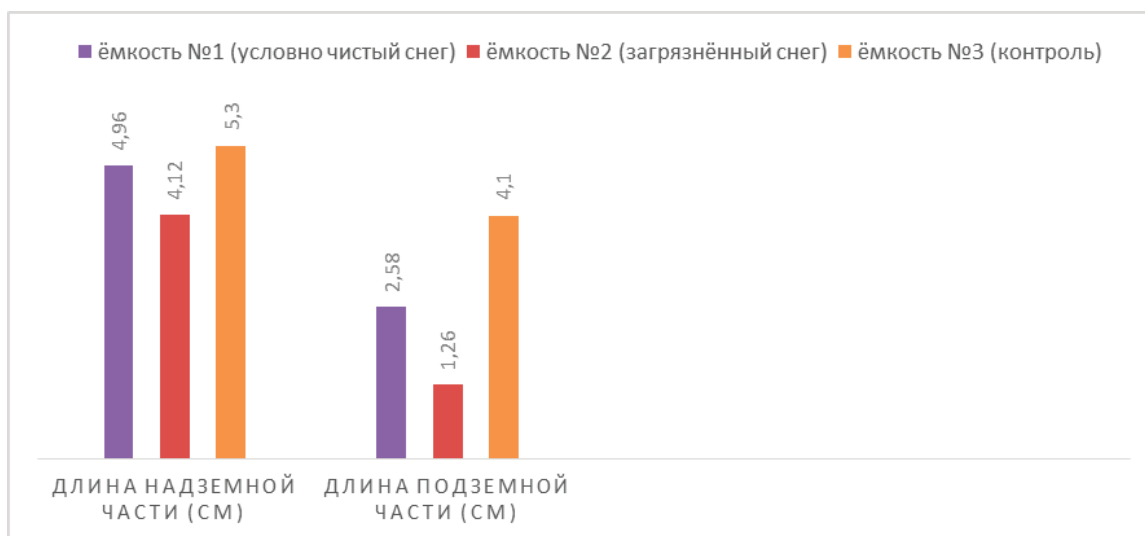


Рис. 1. Сравнительные результаты анализа среднего значения длины надземной и подземной частей проростков опытных растений емкостей № 1, № 2 и № 3

Результаты сравнительного анализа среднего значения массы проростков опытных растений представлены на диаграмме 2.

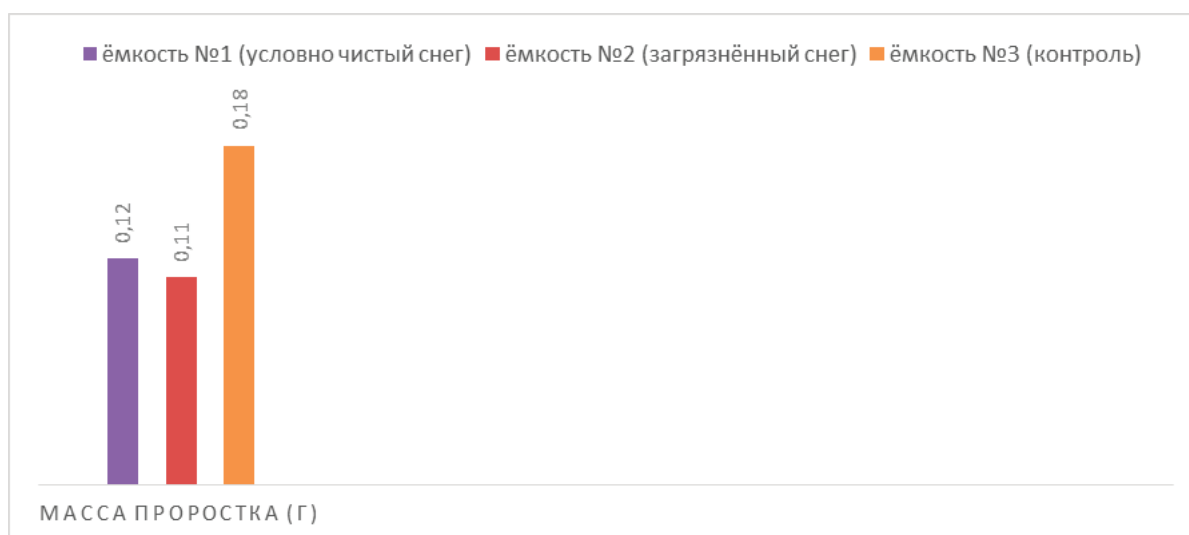


Рис. 2. Сравнительные результаты анализа среднего значения массы проростков опытных растений емкостей № 1, № 2 и № 3

Фитотоксический эффект среды для пробы № 1 и пробы № 2 был рассчитан по формуле:

$$\text{ФЭ} = M_k \times \frac{M_k - M_x}{100\%}, \text{ где}$$

ФЭ — фитотоксический эффект;

M_k — средняя масса контрольного растения;

M_x — средняя масса растения, выращенного на предположительно фитотоксичной среде.

Таким образом, фитотоксический эффект среды для пробы № 1 составил 33,3 %, для пробы № 2 38,8 %.

Заключение

Снеговой покров является депонирующей средой для газообразных антропогенных выбросов. Результаты сравнительного анализа проб чистого и загрязнённого снега свидетельствуют о незначительном превышении ПДК оксида и диоксида азота в пробе загрязнённого снега.

Результаты проведённого анализа выявили корреляцию между содержанием оксида азота, диоксида азота и ростом, и развитием растений. Всхожесть семян *Brassia juncea L.*, политых талой водой чистого снега, составила 65 %, политых талой водой загрязнённого снега 52,5 %.

Длина наземной части проростков, политых талой водой чистого снега, оказалась в среднем на 0,34 см меньше длины проростков контроля, но на 0,84 см выше проростков загрязнённой пробы. Длина подземной части проростков, политых талой водой чистого снега, оказалась в среднем на 1,52 см меньше длины проростков контроля, но на 1,32 см больше длины подземной части проростков загрязнённой пробы.

Масса проростков, политых талой водой чистого снега, на 0,06 г меньше массы проростков контроля, но на 0,01 г больше массы проростков, политых талой водой загрязнённого снега.

Таким образом, избыточная концентрация оксида азота и диоксида азота в атмосферных осадках негативно влияет на всхожесть семян, замедляет рост и развитие корневой системы растений, что приводит к уменьшению массы проростков и их нежизнеспособности.

Литература:

1. ГОСТ 17.1.5.05–85 «Общие требования к отбору проб поверхностных и морских вод, льда и атмосферных осадков»
2. ГОСТ Р ИСО 22030–2009 «Качество почвы. Биологические методы. Хроническая фитотоксичность в отношении высших растений»
3. ГОСТ 12038–84 «Семена сельскохозяйственных культур. Методы определения всхожести»
4. РД 52.04.186–89 «Руководство по контролю загрязнения атмосферы»
5. РД 52.24.868–2017 «Использование методов биотестирования воды и донных отложений водотоков и водоёмов»
6. ГН 2.1.6.3492–17 «Предельно допустимые концентрации (ПДК) загрязняющих веществ в атмосферном воздухе городских и сельских поселений»
7. Ковалевский В. Е., Михайлов В. В., Серов Д. А., Шафранский Н. В. Создание автоматизированной системы мониторинга метеообстановки в Санкт-Петербурге // SAEC. 2021. № 3. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/sozдание-avtomatizirovannoy-sistemy-monitoringa-meteoobstanovki-v-sankt-peterburge> (дата обращения: 11.03.2025).
8. Герасимов А. О., Чугунова М. В. Оценка действия противогололедных реагентов разного химического состава на рост травянистых растений и почвенное дыхание // Биосфера. 2018. № 4. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/otsenka-deystviya-protivogolodnyh-reagentov-raznogo-himicheskogo-sostava-na-rost-travyanistykh-rasteniy-i-pochvennoe-dyhanie> (дата обращения: 11.03.2025).
9. Е. М. Нестеров, Л. М. Зарина, М. А. Маркова, И. В. Грачева, А. В. Воронцова, Ю. А. Макарова Исследования состояния снегового покрова Санкт-Петербурга // Экология урбанизированных территорий. 2019. № 1. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/issledovaniya-sostoyaniya-snegovogo-pokrova-sankt-peterburga> (дата обращения: 11.03.2025).
10. Воронцова А. В., Нестеров Е. М. Геохимия снегового покрова в условиях городской среды // Известия РГПУ им. А. И. Герцена. 2012. № 147. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/geohimiya-snegovogo-pokrova-v-usloviyah-gorodskoy-sredy> (дата обращения: 11.03.2025).
11. Лебедев С. В., Агафонова Е. К. Эколого-геохимическая оценка загрязнения окружающей среды по данным мониторинга содержания тяжёлых металлов в почвогрунтах и снежном покрове (на примере Василеостровского района Санкт-Петербурга) // Вестник СПбГУ. Науки о Земле. 2017. № 4. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/ekologo-geohimicheskaya-otsenka-zagryazneniya-okruzhayuschey-sredy-po-dannym-monitoringa-soderzhaniya-tyazhyolykh-metallor-v> (дата обращения: 11.03.2025).
12. Петров Д. С. Сравнительный анализ подходов к оценке состояния и изменений среды с использованием биоиндикации // Инновационная наука. 2015. № 5–3. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/sravnitelnyy-analiz-podhodov-k-otsenke-sostoyaniya-i-izmeneniy-sredy-s-ispolzovaniem-bioindikatsii> (дата обращения: 11.03.2025).
13. Зарина Л. М., Гильдин С. М. Геоэкологический практикум: Учебно-методическое пособие. СПб.: Изд-во РГПУ им. А. И. Герцена, 2011. — 60 с ISBN 978–5–8064–1662–0.

Молодой ученый

Международный научный журнал

№ 19 (570) / 2025

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

За достоверность сведений, изложенных в статьях, ответственность несут авторы.
Мнение редакции может не совпадать с мнением авторов материалов.
При перепечатке ссылка на журнал обязательна.
Материалы публикуются в авторской редакции.

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

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

ISSN-L 2072-0297

ISSN 2077-8295 (Online)

Учредитель и издатель: ООО «Издательство Молодой ученый». 420029, Республика Татарстан, г. Казань, ул. Академика Кирпичникова, д. 25.

Номер подписан в печать 21.05.2025. Дата выхода в свет: 28.05.2025.

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

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

Фактический адрес редакции: 420029, Республика Татарстан, г. Казань, ул. Академика Кирпичникова, д. 25.

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

Отпечатано в типографии издательства «Молодой ученый», 420029, Республика Татарстан, г. Казань, ул. Академика Кирпичникова, д. 25.