

ISSN 1694-8335 (print)
ISSN 1694-8343 (online)

И. РАЗЗАКОВ АТЫНДАГЫ КЫРГЫЗ
МАМЛЕКЕТТИК ТЕХНИКАЛЫК
УНИВЕРСИТЕТИНИН

ЖАРЧЫСЫ
2025-жыл
№4(76)

Теориялык жана илимий-техникалык
колдонмо журнал

Жылына 4 жолу чыгат

Журналдын эсси: И.Раззаков атындагы Кыргыз
мамлекеттик техникалык университети

Редакциянын дареги: 720044, Кыргыз
Республикасы, Бишкек шаары,
Ч.Айтматов көчөсү 66. 1/254 каб.

Тел.:+996(312) 54-51-40

Журналдын сайты: <https://kstu.kg/bokovoe-menju/zhurnal-izvestija-kgtu-im-i-razzakova>
Электрондук почтасы:
journal@kstu.kg

Журнал Кыргыз Республикасынын юстиция
министрлигинде катталган.
Күбөлүктүн номру № 925, 16- январь, 2004-жыл

ISSN 1694-8335

Журнал Россиялык илимий цитата
индексине катталган.

Журналга келген бардык материалдар көз
карандысыз рецензиядан өткөрүлөт.

Басууга 2025-ж. кол коюлду.
Нускасы 50 даана.

«Калем» типографиясында басылып чыккан.

Башкы редактор: М.К. Чыныбаев, физика-
математика илимдеринин кандидаты, доцент,
И. Раззаков атындагы КМТУнун ректору
Тел.: (312)54-51-25
Электрондук почтасы: rector@kstu.kg

Башкы редактордун орун басары: А.М. Арзыбаев,
техника илимдеринин кандидаты, доцент,
КМТУнун илимий иштер проректору
Тел.: (312)54-51-40
Электрондук почтасы: arzybaev@kstu.kg

Жооптуу катчы: А.Б.Аманкулова
Тел.:0550-660-442
0505-660-442

РЕДКОЛЛЕГИЯ МУЧӨЛӨРҮ:

- С. А. Алымкулов - т. и. д., профессор
М. З. Алмаматов - т. и. д., профессор
М. К. Асаналиев – педагогика и. д., профессор
А. А. Акунов – тарых и. д., профессор
М. Б. Баткибекова – химия и. д., профессор
А.Б. Бакасова – т.и.д., профессор
Ж. И. Батырканов - т. и. д., профессор
И. В. Бочкарев - т. и. д., профессор
У. Н. Бirimкулов - т. и. д., профессор, КР УИАнын
корр. мүчөсү
Ж.Т. Галбаев – т.и.д.профессор
М. Дж. Джаманбаев – физ.-мат. и. д.,
профессор
М. С. Джуматаев – т. и. д., профессор, КР УИАнын
академиги
У. Р. Давлятов – т. и. д., профессор, КР УИАнын
корр.мүчөсү
Т. Б. Дуйшеналиев - физ.-мат. и. д., профессор
Т. Ш. Джунушалиева - химия и. д., профессор
К. М. Иванов - т. и. д., профессор, (Россия)
А. С. Иманкулова - т. и. д., профессор
Г. Дж. Кабаева - физ.-мат. и. д., профессор
К. Ч. Кожогулов - т. и. д., профессор, КР УИАнын
академиги
Т. Ы. Маткеримов - т. и. д., профессор
М. М. Мусульманова - т. и. д., профессор
А.Дж. Обозов – т. и. д., профессор, КР УИАнын
корр.мүчөсү
К. О. Осмонбетов - геология-минералогия и. д.,
профессор
Н. Д. Рогалев - т. и. д., профессор, (Россия)
А. Б. Салиев - физ.-мат. и. д., профессор
Р. М. Султаналиева- физ.-мат. и. д., профессор, КР
УИАнын корр.мүчөсү
А. Т. Татыбеков - т. и. д., профессор
Ж. Ж. Тургумбаев -т. и. д., профессор
А.С. Уметалиев - д.э.н., профессор

© И. Раззаков атындагы Кыргыз мамлекеттик
техникалык университети

ISSN 1694-8335 (print)
ISSN 1694-8343 (online)

ИЗВЕСТИЯ

КЫРГЫЗСКОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО
ТЕХНИЧЕСКОГО УНИВЕРСИТЕТА
им. И. РАЗЗАКОВА

2025 год
№4 (76)

Теоретический и прикладной
научно-технический журнал

Учредитель: Кыргызский государственный

технический университет им. И. Раззакова

Адрес редакции: 720044, Кыргызская Республика,
город Бишкек, г. Бишкек, пр. Ч.Айтматова 66,
каб 1/254

Тел.: +996(312) 54-51-40

Сайт: <https://kstu.kg/bokovoe-menju/zhurnal-izvestija-kgtu-im-i-razzakova>
email:
journal@kstu.kg

Журнал зарегистрирован в Министерстве юстиции
Кыргызской Республики
Свидетельство № 925 от 16 января 2004 года.

ISSN 1694-8335

Журнал зарегистрирован в Российском индексе
научного цитирования

Материалы журнала проходит независимое
рецензирование

Подписан в печать 2025 г.

Тираж 50 экз.

Отпечатано в типографии «Калем»

Главный редактор: М.К. Чыныбаев, кандидат
физико-математических наук, доцент, ректор КГТУ
им. И. Раззакова

Тел.: Тел.: (312)54-51-25

Электронная почта: rector@kstu.kg

Заместитель главного редактора: А.М. Арзыбаев,
кандидат технических наук, доцент,
проректор по научной работе КГТУ им. И.Раззакова

Тел.: (312)54-51-40

Электронная почта: arzybaev@kstu.kg

Ответственный секретарь: А.Б.Аманкулова
тел.: 0550-660-442
0505-660-442

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ:

- С.А. Алымкулов** - д. т. н., профессор
М.З. Алмаматов - д. т. н., профессор
М.К. Асаналиев – д. педаг. н. профессор
А.А. Акунов – д. истор. н., профессор
М.Б. Баткибекова – д. хим. н., профессор
А.Б. Бакасова – д.т. н., профессор
Ж.И. Батырканов - д. т. н., профессор
И.В. Бочкарев - д. т. н., профессор
У.Н. Бirimкулов - д. т. н., профессор, чл.-корр.
НАН КР
Ж.Т.Галбаев – д.т.н., профессор
М. Дж. Джаманбаев – д. физ.-мат. н. профессор
М.С. Джуматаев – д. т. н., профессор, академик
НАН КР
У.Р. Давлятов - д. т. н., профессор, член-корр. НАН КР
Т.Б. Дуйшеналиев - д. физ-мат. н., профессор
Т.Ш. Джунушалиева - д. хим. н., профессор
К.М. Иванов - д. т. н., профессор (Россия)
А.С. Иманкулова - д. т. н., профессор
Г.Дж. Кабаева - д. физ-мат. н., профессор
К. Ч. Кожогулов - д. т. н., профессор, акад. НАН КР
Т.Ы. Маткеримов - д. т. н., профессор
М.М. Мусульманова - д. т. н., профессор
А.Дж. Обозов – д.т.н., профессор, член-корр. НАН КР
К.О. Осмонбетов – д. геолого-минерал. н.,
профессор
Н.Д. Рогалев - д. т. н., профессор (Россия)
А.Б. Салиев - д. физ-мат. н., профессор
Р.М. Султаналиева - д. физ-мат. н., профессор,
член-корр. НАН КР
А.Т. Татыбеков - д. т. н., профессор
Ж.Ж. Тургумбаев - д. т. н., профессор
А.С.Уметалиев – д.э.н., профессор

© Кыргызский государственный технический
университет им. И. Раззакова, 2025

ISSN 1694-8335 (print)
ISSN 1694-8343 (online)

**THE BULLETIN
OF I. RAZZAKOV KYRGYZ
STATE TECHNICAL
UNIVERSITY**

2025
№4 (76)

Theoretical and Applied Scientific and
Technical Journal

The publisher: Kyrgyz State Technical University n.a.
I.Razzakov

Editorial office address: 720044, Kyrgyz Republic,
Bishkek city, No 66 Ch. Aitmatov Ave., room 1/254.
Tel.: +996(312) 54-51-40

Website: <https://kstu.kg/bokovoe-menju/zhurnal-izvestija-kgtu-im-i-razzakova>
email: journal@kstu.kg

The journal is registered with the Ministry of Justice of
the Kyrgyz Republic
Certificate No. 925; dated 16.01.2004.

ISSN 1694-8335

The journal has been registered with the Russian
Science Citation Index since
Journal content is independently reviewed

Chief editor: *M.K. Chynybaev*, Candidate of Physical
and Mathematical Sciences, Associate Professor,
Rector of KSTU I. Razzakov
Tel.: Tel.: (312)54-51-25
E-mail: rector@kstu.kg

Deputy Chief Editor: *A.M. Arzybaev*, candidate of
technical sciences, associate professor,
Vice-Rector for Scientific Work of KSTU I. Razzakov
Tel.: (312) 54-51-40
E-mail: arzybaev@kstu.kg

Executive secretary: *A.B. Amankulova*,
tel.: 0550-660-442
0505-660-442

EDITORIAL BOARD:

S.A. Alymkulov, D.Sc. (Engineering), Professor
M.Z. Almamatov, D.Sc. (Engineering), Professor
M.K. Asanaliev, D.Sc. (Pedagogic), Professor
A.A. Akunov, D. Sc. (Historics), Professor
Zh.I. Batyrkanov, D.Sc. (Engineering), Professor
A.B. Bakasova, D.Sc., Professor
M.B. Batkibekova, D.Sc (Chemistry), Professor
I.V. Bochkarev, D.Sc. (Engineering), Professor
U.N. Brimkulov, D.Sc. (Engineering), Prof.,
associate of the National Academy of Science
Zh.T. Galbaev, Doctor of Technical
Sciences, Professor
M. Dzh. Dzhamanbaev, Doctor of Phys.-
Math. n. Professor
M.S. Dzhumataev, D.Sc. (Engineering), Prof.,
Academician of the National Academy of Science
U.R. Davlyatov, Doctor of Technical
Sciences, Professor, associate of the National
Academy of Science
T.B. Duishenaliev, D.Sc. (Physical and Mathematical),
Professor
T.Sh. Dzhunushalieva, D.Sc (Chemistry),
Professor
K.M. Ivanov, D.Sc. (Engineering), Professor, (Russia)
A.S. Imankulova, D.Sc. (Engineering), Professor
G.Dzh. Kabaeva, D.Sc. (Physical and
Mathematical), Professor
K. Ch. Kozhogulov, Doctor of Technical
Sciences, Professor, Academician of the
National Academy of Sciences of the Kyrgyz
Republic
T.Y. Matkerimov, D.Sc. (Engineering), Professor
M.M. Musulmanova, D.Sc (Engineering), Professor
A.J. Obozov, Doctor of Technical Sciences,
Professor, associate of the National Academy
of Science
K.O. Osmonbetov, D.Sc. (Geological and
Mineralogical), Professor
N.D. Rogalev, D.Sc. (Engineering), Professor (Russia)
A.B. Saliev, D.Sc. (Physical and
Mathematical), Professor
R.M. Sultanalieva, D.Sc. (Physical and
Mathematical), professor, associate of the
National Academy of Science
J.J. Turgumbaev, D.Sc. (Engineering), Professor
A.T. Tatybekov, D.Sc. (Engineering), Professor
A.S.Umetaliev - Doctor of Economics, Professor

The journal is published quarterly
All materials that come to the Editorial Board of the
journal are subject to independent peer-review

СОДЕРЖАНИЕ

АРХИТЕКТУРА, СТРОИТЕЛЬСТВО

Каткова Н.С. Кыргызская школа реставрации и международный опыт.....	954
Кенешов Т. С., Абдуллаев А.Р. Теоретические основы регулятивных принципов и норм в градостроительной деятельности.....	961
Кенешов Т. С., Абдуллаев А.Р., Омурканова А.К. Исследование взаимосвязи регулятивных принципов и правовых норм в градостроительстве Кыргызстана.....	967
Калысбек К.А., Таштобаева Б.Э. Композиционное построение войлочной живописи на основе плановой раскладки.....	974

ГЕОДЕЗИЯ, КАРТОГРАФИЯ

Исмаилов И.А., Агамалиев Р.М., Сурхайлы С.Ф. Методика этимологического анализа имён картографических объектов и интеграции результатов в цифровую карту.....	981
Мустафазаде Наира Хансувар кызы. Автоматизировано-картографический метод создания геопространственной базы данных для мониторинга атмосферного загрязнения.....	988

ГОРНОЕ ДЕЛО

Несипбаев Д.А., Курманалиев К.З., Шамшиев О.Ш. Типизация руды дискретных подсистем, параметры, методы оценки и извлечения концентрационного типа руды.....	998
Несипбаев Д.А., Курманалиев К.З. Фрактальность и дискретность оруденения золотокварцевого месторождения Джеруй.....	1013

ИНФОРМАЦИОННЫЕ И ТЕЛЕКОММУНИКАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

Аскарбеков Р.Н., Байгазиев М.С., Раззаков М.И., Агибаев М.А. ИТ аудит методологиясы жана процесси.....	1025
Сагымбаев А.А., Сагымбаев Амантур А., Калматов Н.Т. Цифровая трансформация и социальная справедливость: опыт Кыргызстана в рамках проекта Digital-Casa.....	1033
Сагымбаев А.А., Кожомуратов З.К., Шадыханов К.Т., Сагымбаев А.А. О Цифровом кодексе Кыргызской Республики: цели, структура и перспективы применения.....	1044
Султанов Р.К., Шаршембаев Б.Д. Распознавание лица в 3D на основе метода опорных узлов.....	1052
Кожоголов К.Ч., Джакупбеков Б.Т., уулу Жыргалбек Э., Исагалиева С.У. Вопросы первоначального проектирование альтернативного туннеля через перевал Төө-Ашуу.....	1061
Йонг Санг Чо, С.К. Абдиева, З. Касымбекова. Reinforcement learning and mathematical economics: theoretical integration and simulation-based comparison with machine learning using open datasets	1069

ОБЩЕСТВЕННЫЕ НАУКИ

Чжао Хайцунь. Практика социальной ответственности в Кыргызской Республике.....	1077
---	------

ПРИКЛАДНАЯ МАТЕМАТИКА И МЕХАНИКА

Асанов А.А., Джаманкызов Н.К., Мекенбаев Б.Т. Көмүр пиролизинде жылуулук алмашуу процессинин параметрлерин сан-аналитикалык ыкманды колдонуу менен эсептөө.....	1084
--	------

Урдинов А. Метод стол в высшей математике с опорными сигналами.....	1091
Чечейбаев А.Б., Бийбосунов Б.И. Исследование устойчивости разностных схем метода крупных частиц для расчета оползней на основе теории мелкой воды.....	1097
Никольская О.В., Асильова З.А., Мокешова А.Т. Влияние угла склона на линейные размеры смещений прибортового массива в различных зонах.....	1106

ТЕХНОЛОГИЯ ПРОДУКТОВ ПИТАНИЯ

Барылбекова А. Т., Джамакеева А. Дж. Совершенствование технологии стейка из бааранины на основе комплексного исследования состава сырья и готовых изделий.....	1112
Борисова А.С., Элеманова Р.Ш., Кожобекова К.К., Коджегулова Да., Сагалиев К.Т. К вопросу обеспечения безопасности фасолевой пасты	1119
Ишенбаева Н.Н. Перспективы создания специализированных пищевых продуктов для спортсменов-борцов в Кыргызстане.....	1127
Сманалиева Ж. Н. Реологический анализ процесса производства кремообразного меда.....	1135
Урмамбетова Э.Т., Тынарбекова М.Т., Сманалиева Ж.Н. Разработка рецептуры кондитерских изделий с использованием сублимированных плодово-ягодных порошков.....	1143

ТРАНСПОРТ И МАШИНОСТРОЕНИЕ

Касенов Т.Б., Акунов Б.У., Сырбаков А.П. Влияние антифрикционных присадок на повышение износостойкости деталей двигателя при эксплуатации автомобиля в различных условиях.....	1150
---	------

ЭКОЛОГИЯ, РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ

Асанов А.А., Тараненко М.И. Новый автономный источник энергии для теплоснабжения коммунально-бытовых и промышленных объектов.....	1158
Супуева А.С., Орозобекова А.Ч., Нурбеков А.Н., Жумалиев Ж.Т. Повышение уровня тепловой защиты жилого дома в условиях города Бишкек с учетом использования солнечной энергии.....	1167
Супуева А.С., Имашов М.Б., Симбаева К.А. Подбор рационального количества шкафных газорегуляторных пунктов для обслуживания жилых массивов.....	1174
Токторалиев Э.Т. Минеральные воды и лечебные грязи Кыргызстана.....	1181
Токторалиев Э.Т. Освоенность туристско-рекреационных ресурсов Кыргызской Республики.....	1190

ЭКОНОМИКА, МЕНЕДЖМЕНТ

Асаналиев Т.М., Нурманбетов Н.Р., Темирбекова М. Бажы жүгүн жана унаа каражаттарын декларациялоонун мамлекеттин тышкы соода ишиндеги мааниси жана орду	1199
---	------

ЭНЕРГЕТИКА

Уметалиев С. Д. Ветроэнергетические установки юрточного типа с вертикальной осью вращения.....	1205
---	------

Н.С. Каткова

И. Раззаков атындагы КМТУ, Бишкек Кыргыз Республикасы
КГТУ им. И. Раззакова Бишкек, Кыргызская Республика

N. S. Katkova

I. Razzakov KSTU, Bishkek, Kyrgyz Republic
n.katkova@kstu.kg

КЫРГЫЗСКАЯ ШКОЛА РЕСТАВРАЦИИ И МЕЖДУНАРОДНЫЙ ОПЫТ

КЫРГЫЗСТАНДАГЫ РЕСТАВРАЦИЯЛЫК МЕКТЕПТИН ТАРЫХЫ ЖАНА ЭЛ АРАЛЫК ТАЖРЫЙБА

KYRGYZ SCHOOL OF RESTORATION AND INTERNATIONAL EXPERIENCE

Макалада Кыргыз Республикасында реставрация методикасынын калыптанышындагы негизги этаптар совет мезгилинен бүгүнкү күнгө чейинки тарыхый өнүгүүдө каралат. Кыргызстандагы реставрациялык практика менен Казакстан, Өзбекстан жана Россия сыйктуу КМШ өлкөлөрүндөгү ыкмалар салыштырылат. Методологиялык айырмачылыктар, тарыхый-маданий шарттар, кадрларды даярдоо жана курулуш материалдарын колдонуу боюнча талдоо жүргүзүлөт. Эл аралык тажрыйбаны улуттук өзгөчөлүктөрдү эске алуу менен айкалыштыруу зарылдыгы тууралуу жыйынтык чыгарылат.

Түйүндүү сөздөр: реставрация, маданий мурас, Кыргызстан, КМШ, архитектуралык эстеликттер, методика.

В статье рассмотрены ключевые этапы формирования методики реставрации в Кыргызской Республике, начиная с советского периода и до настоящего времени. Особое внимание уделено сравнению реставрационных практик Кыргызстана с подходами, применяемыми в других странах СНГ, таких как Казахстан, Узбекистан и Россия. Проанализированы методологические различия, историко-культурные условия, кадровая подготовка и использование строительных материалов. Сделаны выводы о необходимости синтеза международного опыта с учетом национальных особенностей.

Ключевые слова: реставрация, культурное наследие, Кыргызстан, СНГ, архитектурные памятники, методика.

The article examines the key stages in the development of restoration methodology in the Kyrgyz Republic, from the Soviet period to the present day. Special attention is given to the comparison of restoration practices in Kyrgyzstan with approaches used in other CIS countries such as Kazakhstan, Uzbekistan, and Russia. The study analyzes methodological differences, historical and cultural contexts, professional training, and the use of construction materials. Conclusions are drawn regarding the need to synthesize international experience while considering national specificities.

Key words: restoration, cultural heritage, Kyrgyzstan, CIS, architectural monuments, methodology.

Введение. Архитектурное наследие является не только отражением эстетических и инженерных достижений прошлого, но и важным элементом национальной идентичности. В условиях постсоветского пространства, где историческая и культурная память народа подвергалась различным идеологическим трансформациям, проблема сохранения и реставрации памятников приобретает особую актуальность. Кыргызстан, обладая уникальным архитектурным фондом, развивал реставрационную методику в тесной связи с общепроцессами, происходившими в СССР, а затем — в рамках национальной самостоятельности. Цель данной работы — исследовать путь формирования реставрационных подходов в Кыргызской Республике и провести сравнительный анализ с другими странами СНГ.

Формирование методики реставрации в Кыргызской Республике прошло длительный путь, отражающий как развитие научной мысли, так и политico-экономические изменения в стране. Исторически этот процесс можно условно разделить на несколько ключевых этапов.

Первый систематический подход к изучению и фиксации архитектурных памятников Кыргызстана относится к 1938 году. По поручению Союза архитекторов СССР архитектор В.Е. Нусов и техник-архитектор А.В. Прищепа провели обмеры и обследование памятников архитектуры в Чуйской и Таласской долинах. Именно тогда были документально зафиксированы башня Бурана и мавзолей Манаса. Эти работы, несмотря на ограниченность ресурсов и разрушенное состояние объектов, положили начало формированию научной базы реставрационной деятельности в республике. В те годы внимание к культурному наследию носило скорее первичный исследовательский, чем проектно-организационный характер, однако именно этот этап стал основой для последующих научных и методических разработок.

Следующий этап связан с более целенаправленной реставрационной деятельностью. В 1959 году проектный институт «Кыргызгипрострой» приступил к разработке проекта ремонта и реставрации гумбеза Манаса — одного из наиболее значимых архитектурных объектов XIV века. Несмотря на то, что проект, разработанный В.Е. Нусовым, имел ряд методологических упрощений и был сосредоточен преимущественно на декоративной составляющей, он стал важной вехой, т.к. появилась необходимость в научном обосновании реставрационных решений, привлечении специалистов, исследовании строительных

материалов и разработке технологических подходов. В 1961 году проект был утвержден, а в 1968 году началась непосредственная реставрация.

В это же время при Министерстве культуры Киргизской ССР создаются специальные научно-реставрационные производственные мастерские (СНРПМ), которые совмещали проектные и производственные функции. Они стали первой полноценной структурой, способной не только разрабатывать, но и реализовывать реставрационные проекты. Реставрация осуществлялась на научной основе: применялись ганчевые растворы, воссоздавались элементы терракотовой облицовки, осуществлялся контроль за конструктивными изменениями. Именно тогда формируются ключевые элементы методики — натурные исследования, историко-архивные изыскания, реставрационные решения на основе аналогий и научных данных.

В 1970–1980-е годы происходило стремительное расширение реставрационных практик. Реставрация башни Бурана (1973–1974),



Рисунок 1 - Процесс реставрации караван-сарай Таш-Рабат. Фото из архива НИПИ «Кыргызреставрация»

памятников Узгена, а также дальнейшие работы в Ошской и Таласской областях стали подтверждением того, что в республике сформировалась собственная научно-практическая школа. В проектной и строительной практике стали применяться геодезическая съемка, лабораторные методы, археологические исследования. Особое внимание уделялось сохранению визуального и художественного облика памятников.

В то же время наблюдается и критика определенных решений — например, чрезмерное применение цементных растворов или «шлифовка» кирпичных поверхностей, что противоречило принципам аутентичности. Несмотря на это, именно в этот период методика реставрации обрела полноту и системность. Реставрация включала семь этапов: 1) историко-архивное исследование, 2) натурное обследование, 3) фотофиксация, 4) лабораторный анализ, 5) проектирование, 6) апробация решений, 7) реализация под научным надзором.

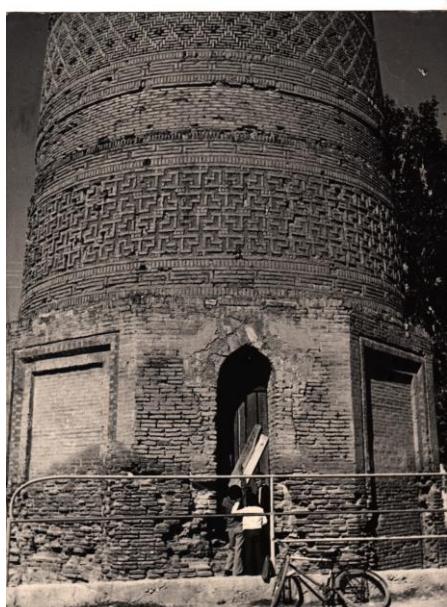


Рисунок 2 - Процесс реставрации Узгенского минарета. Фото из архива НИПИ «Кыргызреставрация»

В конце 1980-х годов СНРПМ были реорганизованы в объединение «Кыргызреставрация», а в 1989 году на его базе был создан Научно-исследовательский проектный институт «Кыргызреставрация» при Министерстве культуры Киргизской ССР, который занялся разработкой методик и обучением специалистов. Институт получил значительный объем работ и оснастился собственной лабораторией. Однако с начала 1990-х годов начался спад. После распада Советского Союза и перехода к рыночной экономике финансирование резко сократилось, научная база разрушалась, произошел отток квалифицированных кадров. Производственные цеха были частично приватизированы, а реставрационные проекты реализовывались спорадически и с пониженной научной нагрузкой. Это привело к резкому сокращению объемов реставрационных работ — восстанавливались лишь единичные объекты, причём преимущественно те, что находились в центральных городах или имели туристическую привлекательность. Большинство памятников, особенно в отдалённых регионах, оставались без внимания и постепенно разрушались. Вместо комплексных программ по сохранению исторической среды осуществлялись разрозненные и локальные вмешательства, не охватывавшие весь культурный ландшафт. Кроме того, из-за дефицита финансирования и сокращения штатов квалифицированных сотрудников сами реставрационные работы проводились в более сжатые сроки, с минимальной глубиной проработки и под давлением заказчиков, ориентированных прежде всего на внешний результат, а не на научную достоверность. Всё это снижало качество реставраций и подрывало принципы комплексного сохранения культурного наследия.

Тем не менее, некоторые инициативы конца 1990-х годов демонстрируют сохранение научного подхода. (примеры, может какие-то нереализованные проекты, которые остались на бумаге).

С приходом в 1999 году директора Д. Д. Иманкулова в НИПИ «Кыргызреставрация» научный подход в реставрации стал первоосновой любого проекта. Каждый объект тщательно изучался и фиксировался, после чего выдвигались научно обоснованные гипотезы, в которых обозначались наиболее эффективные и доступные методы и методики реставрации того или иного объекта. Вновь стали активно применяться лабораторные методы. К этому времени относятся реставрационные работы в Оше — на мавзолее Асаф-ибн-Бурхия и археологических остатках средневековой бани. К этому же периоду относятся и работы на городище Красная Речка в Чуйской долине, проводимые совместно с

археологическими изысканиями Института истории НАН КР. Заслугой Джумамеделя Джумабаевича можно считать его стремление работать в тандеме с научными организациями и институтами не только Кыргызстана, но и ближнего и дальнего зарубежья. В этот период НИПИ «Кыргызреставрация» активно сотрудничал с государственным предприятием «Казреставрация», Казанским федеральным университетом (Институт международных отношений, истории и востоковедения), Юго-Западным государственным университетом (г. Курск), Томским государственным архитектурно-строительным университетом, Западно-Саксонским университетом Цвикау (Германия), а также с рядом отечественных партнёров, включая МП «Бишкекглавархитектуру», проектный центр «Мемар» и Ошское специальное реставрационное управление. Кроме того, на базе Кыргызского государственного технического университета им. И. Рazzакова была создана собственная кафедра «Реставрации и реконструкции архитектурного наследия» с филиалами, включая один из них в самом НИПИ «Кыргызреставрация», что обеспечивало подготовку квалифицированных специалистов непосредственно в профессиональной среде.

Благодаря деятельности Иманкулова Д.Д. в 2009 году «Кыргызреставрация» вновь получила статус научно-исследовательского института. Это событие стало символом восстановления научной и методологической базы в области реставрации. Одной из ключевых задач института стало определение и разработка охранных зон историко-культурных памятников. Появились проекты, направленные на защиту от хаотичной застройки и сохранение исторической среды.

Однако одновременно усилилось влияние негативных факторов - вмешательство частного сектора, недостаточный государственный контроль, отсутствие единой реставрационной политики. Несмотря на это, усилиями специалистов удалось сохранить потенциал школы, а методика реставрации продолжила развиваться — уже с учетом международных рекомендаций ICOMOS и Венецианской хартии.

Сравнение подходов к реставрации архитектурного наследия в Кыргызстане и в других странах СНГ — таких как Россия, Казахстан и Узбекистан — позволяет не только выявить общее советское методологическое наследие, но и зафиксировать различия, обусловленные целым рядом факторов. В советский период на всей территории Союза применялись единые стандарты реставрации, основанные на централизованной научной и проектной базе, а также на типовых подходах к сохранению памятников. Однако после распада СССР каждая страна пошла своим путём, что обусловлено разным уровнем государственного финансирования, степенью институциональной преемственности, спецификой национального законодательства, а также внешними партнёрствами и международным влиянием.

В Кыргызстане реставрационная практика после 1991 года столкнулась с резким сокращением ресурсов и кадровым оттоком, что привело к локализации и частичной деградации системы. В то же время в Казахстане, благодаря государственной политике по укреплению национальной идентичности и целевым программам («Культурное наследие» и др.), реставрация получила мощный импульс, в том числе через международные гранты и привлечение зарубежных специалистов. Россия сохранила сильные научные школы и продолжила опираться на институты, унаследованные от советской системы, с широкой сетью специализированных НИИ и реставрационных мастерских. В Узбекистане акцент был сделан на сохранении исламского архитектурного наследия, особенно в исторических городах как Бухара, Самарканд и Хива, где активно работают международные миссии ЮНЕСКО и ICOMOS.

Во всех постсоветских республиках методологическая основа реставрации была заложена ещё в советский период. Особенno ярко это проявляется в российской практике, где с 1960-х годов формируется концепция так называемой «научной реставрации», основанной на тщательном изучении объекта, минимальном вмешательстве в оригинал и принципе обратимости. Наиболее полно эти подходы изложены в трудах В.И. Балдина [1], и Е.В. Михайловского [2], которые рассматривали реставрацию как форму научной и

художественной деятельности, предполагающую глубокий анализ подлинных конструкций, сохранение материальной структуры памятника и осознание его исторической ценности. Михайловский особенно подчёркивал необходимость документирования каждого этапа вмешательства и недопустимость стилизации под исторический образ без археологического и архивного обоснования.

Подобные взгляды разделяли и другие крупные специалисты, в частности, С.С. Подъяпольский, чьи работы касались критерии подлинности и исторической достоверности [3]. Щенков А.С. акцентировал внимание на том, что реставрация — это, прежде всего, продолжение научного исследования, а не попытка «достроить» или «улучшить» утраченные элементы памятника [4].

Примером реализации такого подхода можно считать реставрационные работы в Новгороде, Суздале и Пскове, где усилия были сосредоточены на консервации оригинальных материалов, укреплении несущих конструкций, расчистке исторических поверхностей и создании полной научной документации. Эти проекты проводились с минимальным уровнем реконструктивных вмешательств и стали эталонными для отечественной реставрационной школы.

В отличие от этого, в Узбекистане и Казахстане в постсоветский период утвердилась практика комплексной реконструкции, при которой большое значение придавалось восстановлению визуального облика памятника, даже в ущерб подлинности. Так, при реставрации ансамбля Регистана в Самарканде (XIV–XVII вв.) были почти полностью заменены декоративные элементы порталов, минаретов и куполов — в том числе мозаика, майолика и резьба по ганчевой штукатурке. Это вызвало критику со стороны международных экспертов за утрату аутентичности, несмотря на визуальный эффект [5].

Похожий подход наблюдался в Казахстане. Например, при реконструкции мавзолея Ходжи Ахмеда Ясави в Туркестане активно использовались современные материалы и технологии, включая цементные растворы и алюминиевые конструкции, что шло вразрез с нормами реставрации, утвержденными в международной практике. Однако в последние годы Казахстан делает шаги навстречу более интегративному подходу, активно сотрудничая с ЮНЕСКО, ICOMOS и турецкими реставрационными школами [6].

Вместо сохранения аутентичной материальной среды акцент в ряде случаев смещался в сторону визуальной реконструкции и адаптации памятника под туристические нужды.

Тем не менее, в последние годы Казахстан демонстрирует стремление к переосмыслению реставрационных практик и переходу к более научно обоснованному и комплексному подходу. Активизировалось сотрудничество с международными организациями — ЮНЕСКО, ICOMOS.

Кыргызстан, в этом контексте, занимает промежуточную позицию. С одной стороны, в республике сохраняется высокий уровень полевой и натурной работы, сформировавшийся еще в 1960–1980-е годы в рамках деятельности СНРПМ и НИПИ «Кыргызреставрация». Реставраторы традиционно уделяли большое внимание анализу строительных материалов, обмерным чертежам и фотофиксации, что позволило сохранить научную основу методики. В то же время, при ряде проектов — как, например, в случае с гумбезом Манаса или мавзолеями Узгена — имела место избыточная реконструкция с использованием цемента, бетонных блоков и стилизованных декоративных элементов.

На современном этапе реставрация в Кыргызстане сталкивается с проблемами, аналогичными тем, что испытывают и другие страны региона: отсутствие целостной государственной стратегии, ограниченность финансирования, вмешательство частных инвесторов, а также нехватка современных технических решений. Однако позитивной чертой остается наличие профессиональной школы с традицией полевых исследований, что выгодно отличает Кыргызстан от ряда соседних стран, где реставрационные работы часто проводятся в формате строительной реконструкции.

На сегодняшний день реставрационная практика в Кыргызской Республике переживает сложный период, сопряжённый с рядом проблем. Прежде всего, это естественное

старение и разрушение памятников под воздействием времени, климатических условий и сейсмической активности, особенно характерной для южных регионов страны. Значительная часть объектов культурного наследия находится в аварийном или предаварийном состоянии, а многие из них не имеют даже базовой технической документации, что усложняет возможность планирования консервационных мероприятий.

Одним из наиболее тревожных факторов является неконтролируемое вмешательство частного сектора, в том числе в зонах охраны памятников. В условиях слабой нормативной базы и отсутствия четко прописанных границ охранных территорий, предприниматели зачастую нарушают историко-градостроительный контекст, проводя реконструкции, не согласованные с профильными учреждениями. Это приводит к безвозвратной утрате оригинальных черт исторической среды, особенно в старых кварталах городов, таких как Бишкек, Ош, Узген, Каракол, Талас.

Серьезной проблемой остаётся и отсутствие устойчивой государственной программы в области охраны и реставрации культурного наследия. В стране не реализуется целенаправленная политика по распределению бюджетных средств на реставрационные проекты, отсутствует единая стратегия по приоритетизации объектов, а финансирование поступает в основном эпизодически — через международные гранты или благотворительные инициативы. Отсутствие стабильного гос. финансирования, приводит к тому, что подготовленные специалисты уходят из профессии в поисках заработка в иных местах, что в свою очередь приводит к дефициту профильных специалистов, особенно в регионах, а институциональные возможности НИПИ «Кыргызреставрация» всё ещё ограничены по сравнению с аналогичными институтами в других странах СНГ.

В условиях этих вызовов крайне актуальным становится внедрение современных технологий в реставрационную практику. В частности, это:

- 3D-сканирование и лазерное моделирование, позволяющее создать точные цифровые копии объектов для мониторинга и последующих работ;
- цифровые архивы и базы данных, которые могут служить открытым инструментом для архитекторов, историков и урбанистов;
- биоразлагаемые укрепители и обратимые (реверсивные) растворы, соответствующие международным принципам консервации, таким как «минимум вмешательства» и «сохранение аутентичности»;
- геоинформационные системы (ГИС) для учета памятников, охранных зон и аналитики рисков.

Не менее важным направлением в решении современных задач реставрационной отрасли является развитие кадрового и академического потенциала. В Кыргызстане существует собственная архитектурно-реставрационная школа, базирующаяся в Кыргызском государственном техническом университете имени И. Раззакова (КГТУ), где в рамках Института архитектуры и дизайна осуществляется подготовка специалистов по направлению «Реставрация и реконструкция архитектурного наследия».

КГТУ и НИПИ «Кыргызреставрация» на протяжении многих лет являются центром профессионального формирования архитекторов-реставраторов, предлагая фундаментальную подготовку, основанную как на отечественном опыте, так и на международных стандартах реставрационной практики. Выпускники кафедры активно участвуют в проектах по реставрации исторических памятников по всей республике — таких как мавзолей Шах-Фазиль в Алайском районе, археологический комплекс Ак-Бешим, архитектурные памятники Каражанаидского периода в Таласской долине, минарет Узгена, мавзолей Асаф ибн Бурхия в Оше — а также в совместных международных проектах на территории Центральной Азии.

За последние пять лет студенты института участвовали во многих престижных архитектурных и реставрационных конкурсах, где неоднократно становились победителями и обладателями дипломов. Среди них — международный смотр-конкурс дипломных проектов архитектурных школ СНГ, а также конкурсы в рамках форумов молодых

архитекторов и реставраторов, проходивших в Москве, Самарканде, Стамбуле и Ташкенте. Выпускники стали лауреатами международных конкурсов и были признаны лучшими в дипломных смотрах среди национальных архитектурных школ из Италии, Китая, Испании, Турции, Франции, Объединённых Арабских Эмиратов и других стран. Это свидетельствует о высоком уровне профессиональной подготовки, а также о конкурентоспособности кыргызской школы реставрации.

Однако, несмотря на наличие академической базы, Кыргызстан сегодня сталкивается с острой нехваткой квалифицированных специалистов в сфере реставрации. Причин тому несколько: миграция выпускников за границу, низкий уровень оплаты труда в государственных структурах, отсутствие долгосрочных карьерных программ и устойчивых проектных институтов. В результате многие реставрационные проекты либо не реализуются, либо осуществляются силами неспециализированных строительных организаций, что негативно сказывается на качестве работ и сохранности памятников.

Таким образом, актуальной задачей является поддержка и развитие профильного образования, в том числе за счёт расширения бюджетных мест, создания программ академической мобильности, международных стажировок и повышения статуса профессии реставратора в обществе. При комплексном подходе Кыргызская академическая школа архитектурной реставрации может стать не только базой для внутреннего рынка, но и признанной региональной площадкой для подготовки специалистов в сфере охраны архитектурного наследия.

Список литературы

1. Балдин, В. А. Теория и практика реставрации [Текст] / В. А. Балдин. - М.: Стройиздат, 1987.
2. Михайловский, Е. В. Реставрация памятников архитектуры (развитие теоретических концепций) [Текст] / Е. В. Михайловский. - М.: 1971.
3. Подъяпольский, С. Реставрация памятников архитектуры [Текст] / С. Подъяпольский. - М.: Стройиздат, 1988.
4. Щенков, А. С. Памятники архитектуры в Советском Союзе: Очерки истории архитектурной реставрации [Текст] / А. С. Щенков. - М.: 2003.
5. Шахобудинов, Х. Архитектурное наследие Самарканда [Текст] / Х. Шахобудинов. - Ташкент: Фан, 2009.
6. Ордабаев, А. Проблемы изучения, охраны и реставрации памятников архитектуры на примере Мавзолея Ходжи Ахмеда Ясави [Текст] / А. Ордабаев // Видео лекция [Электронный ресурс] – Режим доступа:<https://vlast.kz/gorod/22023-problemy-izucenia-ohrany-i-restavraci-pamatnikov-architektury-na-primer-mavzolea-hodzi-ahmeda-asavi.html> (дата обращения: 24.09.2025).
7. Фото из архива НИПИ «Кыргызреставрация».

Т. С. Кенешов, А.Р. Абдуллаев

И. Рazzakov атындағы КМТУ, Бишкек, Кыргыз Республикасы
КГТУ им. И. Рazzакова, Бишкек, Кыргызская Республика

T. S. Keneshov, A.R. Abdullaev

I. Razzakov KSTU, Bishkek, Kyrgyz Republic
tkeneshov@kstu.kg, abdullaev.28.09.00.123@gmail.com

ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ РЕГУЛЯТИВНЫХ ПРИНЦИПОВ И НОРМ В ГРАДОСТРОИТЕЛЬНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ

ШААР КУРУУ ИШИНДЕГИ ЖӨНГӨ САЛУУЧУ ПРИНЦИПТЕРДИН ЖАНА ЧЕНЕМДЕРДИН ТЕОРИЯЛЫК НЕГИЗДЕРИ

THEORETICAL FOUNDATIONS OF REGULATORY PRINCIPLES AND NORMS IN URBAN PLANNING ACTIVITIES

Макала Кыргыз Республикасындагы заманбап шаар куруудагы ролуна басым жасоо менен шаар куруу чөйрөсүндөгү ченемдик укуктук принциптердин жана ченемдердин теориялык негиздерин терең талдан чыгууга арналган. Изилдөөдө шаар куруу практикасын жетектөөчү негизги принциптер, ошондой эле аймакты жана архитектуралык чечимдерди пайдаланууну жөнгө салуучу эрежелер деталдуу каралат. Макаланын негизги бағыты шаарды түрүктүү өнүктүрүү жана шаардык чөйрөнү жасашиштуу контекстинде бул жөнгө салуучу аспекттердин ролун аныктоо болуп саналат. Макала ошондой эле учурдагы ченемдик укуктук актыларга байланыштуу көйгөйлөрдү ачып берет жана аларды чечүүнүн мүмкүн болгон жолдорун сунуштайт. Обзор шаар куруудагы жөнгө салуучу принциптердин жана нормалардын таасирин түшүнүүнү кеңейтүүгө бағытталган, бул өз кезегинде гармониялуу жана функционалдык шаардык мейкиндикти түзүүгө өблөгө түзөт. Бул аспекттер Кыргызстандын шаар куруу практикасын өнүктүрүү үчүн да негиз боло алат. Ошентип, макалада заманбап шаар куруудагы ченемдик-укуктук актылардын мааниси жана таасири комплекстүү түрдө каралып, алардын шаарлардын келечектеги өнүгүүсү үчүн актуалдуулугу көрсөтүлөт.

Түйүндүү сөздөр: жөнгө салуу принциптери, жөнгө салуу ченемдери, шаар куруу иши, юридикалык система, укуктук жөнгө салуу, укуктук система, мыйзамдар, шаар куруу процесстери, шаар куруу кодекси.

Статья посвящена глубокому анализу теоретических основ регулятивных принципов и норм в области градостроительной деятельности, с акцентом на их роль в современном градостроительстве в Кыргызской Республике. Исследование подробно рассматривает основные принципы направляющие градостроительную практику, а также нормы регулирующие использование территории и архитектурные решения. Основной фокус статьи - выявление роли этих регулятивных аспектов в контексте устойчивого развития городов и улучшения городской среды. В статье также раскрываются проблемы, связанные с текущими регулятивными нормами, и предлагаются возможные пути их решения. Обзор призван расширить понимание влияния регулятивных принципов и норм в градостроительстве, что в свою очередь способствует созданию гармоничных и функциональных городских пространств. Эти аспекты могут также послужить основой для развития градостроительной практики в Кыргызстане. Таким образом, статья предоставляет всесторонний взгляд на важность и влияние регулятивных норм в современном градостроительстве, подчеркивая их значимость для будущего развития городов.

Ключевые слова: регулятивные принципы, регулятивные нормы, градостроительная деятельность, юридическая система, правовое регулирование, правовая система, законы, градостроительные процессы, градостроительный кодекс.

The article is devoted to an in-depth analysis of the theoretical foundations of regulatory principles and norms in the field of urban planning, with an emphasis on their role in modern urban planning in the Kyrgyz Republic. The study examines in detail the basic principles guiding urban planning practice, as well as the rules governing the use of territory and architectural solutions. The main focus of the article is to identify the role of these regulatory aspects in the context of sustainable urban development and improvement of the urban environment. The article also reveals problems associated with current regulations and suggests possible solutions to them. The review aims to expand understanding of the influence of regulatory principles and norms in urban planning, which in turn contributes to the creation of harmonious and functional urban spaces. These aspects can also serve as a basis for the development of urban planning practice in Kyrgyzstan. Thus, the article provides a comprehensive look at the importance and impact of regulations in modern urban planning, highlighting their relevance for the future development of cities.

Key words: regulatory principles, regulatory norms, urban planning activity, legal system, legal regulation, legal system, laws, urban planning processes, urban planning code.

Проблема в градостроительной деятельности в Кыргызской Республике. Первоочередной задачей для страны это реформа и укрепление Градостроительной и архитектурной законодательных и нормативных документов. Первым можно выделить не соответствие и противоречие в нормативных документах, также отмененный основной закон «Проект Градостроительного кодекса Кыргызской Республики от 30 декабря 2013 года № 711», что влияет на все этапы Градостроительной деятельности [1]. Таким образом можно сделать вывод что регулятивные принципы и нормы в градостроительстве играют ключевую роль в формировании устойчивых и развитых городов. Благодаря принципам и нормам города становятся функциональными, безопасными, экологически устойчивыми и социально развитыми. Важно отметить, что соблюдение регулятивных принципов и норм способствует эффективному использованию городской территории, оптимизации инфраструктуры и рациональному использованию ресурсов. Вместе с тем, соблюдение регулятивных принципов и норм способствует сохранению культурного наследия и уникальности каждого города, сохраняя его историческую и архитектурную ценность.

Нормы и принцип в юридической системе обретает существенное значение в контексте правового регулирования представляя собой ключевые элементы, формирующие правовую систему и определяющие ее структуру и функции. **Нормы** - это конкретные правовые предписания, устанавливающие права и обязанности субъектов, а также регулирующие их поведение в рамках определенных отношений. Нормы имеют четкую и конкретную формулировку, обязательны к исполнению и могут предусматривать санкции в случае нарушения. **Принципы** - это общие идеи, лежащие в основе правовой системы, направленные на обеспечение справедливости, законности и устойчивости отношений. Принципы представляют собой нормы более высокого порядка, обладающие абстрактностью и универсальностью. Они охватывают широкий круг правовых отношений и служат ориентиром при создании и толковании конкретных норм. Принципы не всегда имеют прямое законодательное закрепление, однако они лежат в основе формулирования и изменения нормативных актов. Влияя на формирование законов, принципы обеспечивают единообразие и стабильность правовой системы, а также содействуют адаптации правовых норм к изменяющимся условиям общества. Таким образом, можно сделать вывод, что правовые принципы представляют собой отдельную разновидность нормативно-правовых предписаний, в наиболее общей форме отражая социально-правовые цели и ценности, с которыми законодателю необходимо соотносить всё соответствующее правовое регулирование. Правовые принципы императивны и безусловны; отражают не только существующие устои общества, но и историческое развитие государства; принципы придают

единообразие всей системе регулирования, определяют применение общего базательных правил. Принципы могут не только влиять на содержание иных норм права, но и самостоятельно выступать в качестве источника регулирования – в отраслях частного права содержание принципов используется при разрешении пробелов в отсутствии возможности применить аналогию закона [2].

Градостроительная деятельность регулируется многоуровневой системой правовых актов и нормативных документов, которые образуют иерархическую структуру. Эта иерархия необходима для обеспечения согласованности и эффективности градостроительной политики, а также для создания благоприятных условий жизни и деятельности населения. Правовая и нормативная база включает в себя Конституцию, законы, подзаконные акты, государственные нормативы и стандарты, градостроительную документацию и локальные нормативные акты. Каждый уровень играет свою роль в обеспечении целостности и эффективности градостроительной деятельности.

Иерархия Кыргызской Республики регулируется законом КР от 20 июля 2009 года № 241 «О нормативных правовых актах Кыргызской Республики» (Рис. 1).

Глава 1, Статья 4. Виды нормативных правовых актов:

1. Нормативные правовые акты подразделяются на следующие виды:

- Конституция - нормативный правовой акт, имеющий высшую юридическую силу и закрепляющий основополагающие принципы и нормы правового регулирования важнейших общественных отношений, создающий правовую основу для принятия законов и других нормативных правовых актов;

- конституционный закон - нормативный правовой акт, принимаемый Жогорку Кенешем Кыргызской Республики (далее - Жогорку Кенеш) в установленном Конституцией Кыргызской Республики (далее - Конституция) порядке и по определенным ею вопросам;

- кодекс - нормативный правовой акт, обеспечивающий системное регулирование однородных общественных отношений;

- закон - нормативный правовой акт, принимаемый Жогорку Кенешем в установленном порядке и регулирующий наиболее важные общественные отношения в соответствующей сфере;

- указ Президента Кыргызской Республики - нормативный правовой акт, издаваемый Президентом Кыргызской Республики (далее - Президент) и соответствующий требованиям, указанным в настоящем Законе;

- постановление Жогорку Кенеша - нормативный правовой акт, принимаемый Жогорку Кенешем по вопросам, отнесенным к его ведению Конституцией, и соответствующий требованиям, указанным в настоящем Законе;

- постановление Правительства Кыргызской Республики - нормативный правовой акт, принимаемый Правительством Кыргызской Республики (далее Правительство), на основе и во исполнение нормативных правовых актов, имеющих более высокую юридическую силу, соответствующий требованиям, указанным в настоящем Законе;

- постановление Национального банка Кыргызской Республики (далее Национальный банк) - нормативный правовой акт, принимаемый Правлением Национального банка на основе и во исполнение нормативных правовых актов, имеющих более высокую юридическую силу, в пределах своей компетенции, и соответствующий требованиям, указанным в настоящем Законе;

- постановление Центральной комиссии по выборам и проведению референдумов Кыргызской Республики - нормативный правовой акт, принимаемый Центральной комиссией по выборам и проведению референдумов Кыргызской Республики (далее - Центральная комиссия по выборам и проведению референдумов) на основе и во исполнение нормативных правовых актов, имеющих более высокую юридическую силу, в пределах своей компетенции, и соответствующий требованиям, указанным в настоящем Законе;

- постановления представительных органов местного самоуправления нормативные правовые акты, принимаемые на основе и во исполнение нормативных правовых актов, имеющих более высокую силу, в пределах компетенции представительных органов местного

самоуправления, с целью решения вопросов местного значения, и имеющие обязательную юридическую силу на соответствующей территории.

2. Акты иных наименований (инструкции, положения, правила и другие) утверждаются предусмотренными настоящим Законом нормативными правовыми актами [3].

Глава 2, Статья 6. Иерархия нормативных правовых актов:

1. По степени юридической силы нормативные правовые акты располагаются в следующей иерархии:

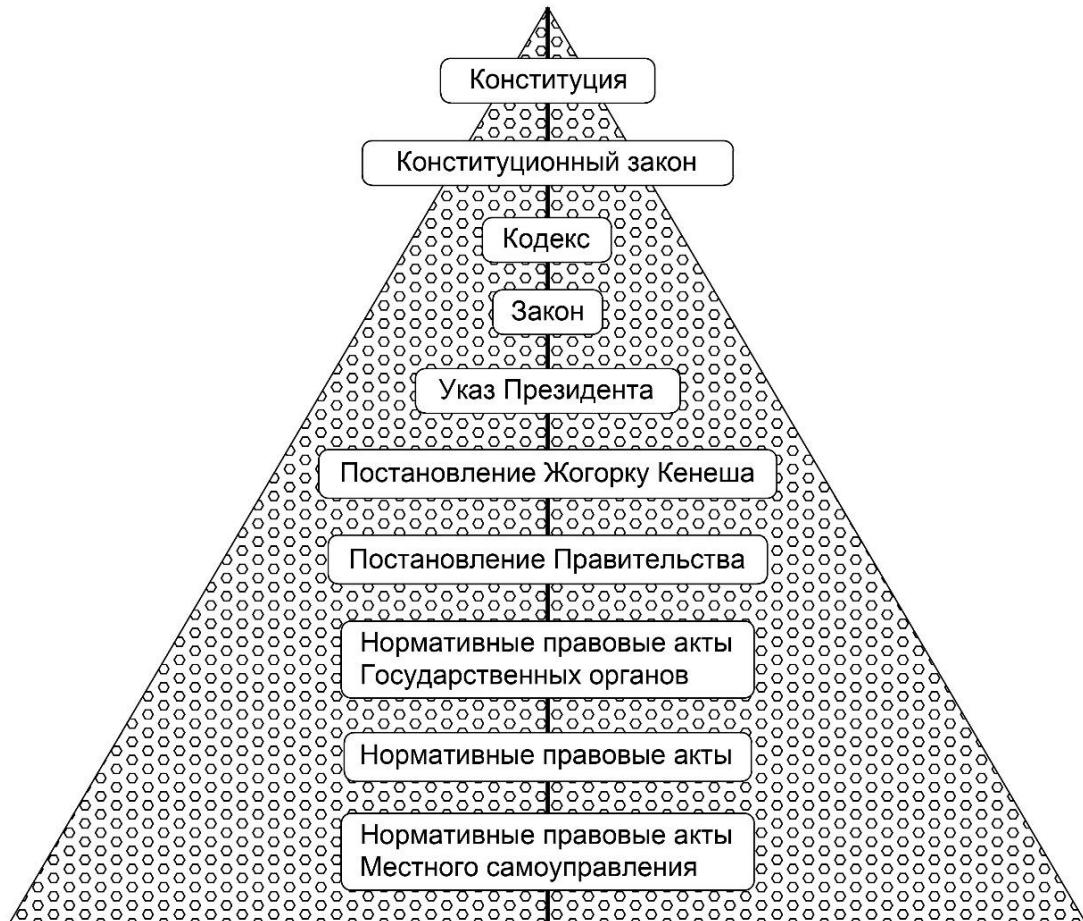


Рисунок 1 - Иерархия нормативных правовых актов Кыргызской Республики

2. Нормативный правовой акт не должен противоречить нормативному правовому акту, имеющему по сравнению с ним более высокую юридическую силу.

3. В случае расхождения текста Конституции и иных нормативных правовых актов Кыргызской Республики на государственном языке с текстом на официальном языке, текст на государственном языке считается оригиналом, за исключением случаев, предусмотренных частью 4 настоящей статьи [3]. Для всех типов иерархических систем характерны основные принципы построения внутренних связей, обеспечивающие эффективный синтез функционирования отдельных уровней системы в ее практической деятельности: принцип высокой связанности уровней, принцип равномерности переходов между уровнями, принцип относительной автономности уровней, принцип очередности реализации целей [4].

Понятие «Градостроительная деятельность» в Кыргызской Республике впервые было описано в Законе КР от 11 января 1994 года № 1372-ХII «О градостроительстве и архитектуре Кыргызской Республики»

Градостроительство и архитектура как составная часть духовной и материальной культуры общества отражает общественные идеалы, реальные исторические условия и является результатом творческой созидательной деятельности. Непрерывность и многообразие градостроительное-архитектурного процесса зависит от экономических факторов, социально-политических изменений общества и государственного устройства.

Градостроительство и архитектура как искусственно созданная и эстетически осмысленная среда, обеспечивает необходимые условия для труда, быта и отдыха людей.

Закон "О градостроительстве и архитектуре Кыргызской Республики" регулирует правоотношения в градостроительстве, архитектуре Кыргызской Республики и направлен на создание условий для возрождения, расцвета и сохранения национальной архитектуры кыргызского народа [3]. Этот закон был принят с изменившимся экономическими и geopolитическими положениями Кыргызской Республики. В стране много аспектов влияющий на градостроительную деятельность такие как природно-климатические и ландшафтные особенности, политическая ситуация и культурные особенности. Но можно выделить законодательные аспекты такие как Земельный Кодекс и Закон об индивидуальном жилищном строительстве, существенно влияющий на реализации градостроительных проектов. В настоящее время в Кыргызстане система землепользования имеет сложный характер, в силу действия Земельного Кодекса и Закона об индивидуальном жилищном строительстве, которые предоставляют право гражданину на индивидуальное жилищное строительство, что и отразилось в строительстве многочисленных жилых массивах индивидуальной застройки в городах и селах. Идет активная трансформация сельскохозяйственных земель для строительства жилья или производства. Для градостроительных целей земли выделялись для строительства города Асман, изменения административных границ городов Бишкека, Оша, Жалал-Абада и других [5].

Е.А.Махотенко дает следующее определение градостроительной деятельности (градостроительство) представляет собой согласованную деятельность органов государственной власти и органов местного самоуправления по организации разработки, разработке документов и реализации принятых решений по планированию развития территории, осуществляющую в виде территориального планирования, градостроительного зонирования, планировки территории, архитектурно-строительного проектирования, строительства, капитального ремонта, реконструкции объектов капитального строительства, а также деятельность по принятию нормативно-правовых актов в сфере градостроительства и контроль за их исполнением. Это также деятельность физических и юридических лиц, способствующих разработке и принятию правовых актов в области градостроительства, иных документов градостроительного регулирования и реализация принятых градостроительных решений [6].

Градостроительная деятельность в Кыргызской Республики основывается на целом комплексе принципов, законов и норм, направленных на обеспечение устойчивого развития территорий и создание благоприятных условий для жизни граждан.

Основными регулирующими законами в градостроительной деятельности являются:

- Земельный Кодекс Кыргызской Республики от 2 июня 1999 года № 45
- «Жилищный кодекс Кыргызской Республики» от 9 июля 2013 года №117
- Закон КР от 11 января 1994 года № 1372-XII «О градостроительстве и архитектуре Кыргызской Республики»
- Закон Кыргызской Республики от 16 июня 1999 года № 53 «Об охране окружающей среды»
- Закон КР от 13 июля 2011 года № 95 «Об основах градостроительного законодательства Кыргызской Республики»
- СН КР 30-02:2020 «Система нормативных документов в строительстве состав, порядок разработки, согласования и утверждения градостроительной документации в Кыргызской Республике» от 25 января 2021 года № 41
- Строительные нормы Кыргызской Республики 30-01:2020 от 24 марта 2020 года № 39-нпа «Система нормативных документов в строительстве планировка и застройка городов и населенных пунктов городского типа»
- «Об утверждении положения о порядке проектирования и установления красных и других линий в городах, населенных пунктах на территории Кыргызской Республики» от 31 декабря 2015 года №1-нпа
- «Свод правил по планировке и застройке территорий сельских населенных пунктов в кыргызской республике» от 20 сентября 2016 года №7-нпа

- «Положение о водоохранных зонах и полосах водных объектов в Кыргызской Республике» от 7 июля 1995 года №271
- "Санитарно-защитные зоны и санитарная классификация предприятий, сооружений и иных объектов" от 11 апреля 2016 года №201

Основные регулятивные принципы и нормы в градостроительстве представляют собой взаимосвязанные технологической основой, правила и принципы направлены на регулирование и управление территории. Эти нормы призваны обеспечить устойчивого, эффективного и гармоничного развития городов и населенных пунктов. Они охватывают широкий спектр аспектов, включая зонирование, строительные стандарты, охрану окружающей среды, планировку территории, транспортную инфраструктуру, социокультурные и экологические аспекты. Эти принципы и нормы служат основой для обеспечения безопасности, устойчивости и качественного облика городской среды, а также для регулирования взаимодействия градостроительных процессов и интересов общества.

В то время, при предварительном анализе нормативных основ описанных выше наблюдается в противоречие между ними, или недосказанность определенных позиций, в других случаях превышение отдельных требований. Такое обстоятельства возможно связана, творческим подходом архитекторов-градостроителей. Как правило зная правовые и нормативно-технические требования ищут оригинальных, неповторяющихся композиционных решений в процессе проектирование объектов-пространственно-территориальных градостроительных проектов.

Список литературы

1. Проект Градостроительного кодекса Кыргызской Республики: Постановление от 30 декабря 2013 года № 711 Министерство юстиции [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://cbd.minjust.gov.kg/94935/edition/734557/ru> (дата обращения: 09.01.2014).
2. Мохов, А. Ю. Нормы-принципы как разновидность правовых предписаний: сущность и виды [Текст] / А. Ю. Мохов. – Москва: Аграрное и земельное право, 2023. – № 11(227). – 33-36 с. – DOI 10.47643/1815-1329_2023_11_33 [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://cyberleninka.ru/article/n/normy-prinzipy-kak-raznovidnost-pravovyh-predpisaniy-suschnost-i-vidy> (дата обращения: 03.11.2023).
3. О нормативных правовых актах Кыргызской Республики: Закон Кыргызской Республики от 20 июля 2009 года № 241 Министерство юстиции [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://cbd.minjust.gov.kg/202591/edition/1086595/ru> (дата обращения: 07.08.2009).
4. Мазаев, Г. В. Теоретические основы управления градостроительной деятельностью и ее особенности в условиях современной России [Текст] / Г. В. Мазаев, А. Г. Мазаев. – Екатеринбург: Академический вестник УралНИИпроект РААСН, 2011. – № 1. – 7-13 с [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://cyberleninka.ru/article/n/teoreticheskie-osnovy-upravleniya-gradostroitelnoy-deyatelnosti-i-ee-osobennosti-v-usloviyah-sovremennoy-rossii> (дата обращения: 25.06.2024).
5. Омурканова, А. К. Особенности градостроительного проектирования в Кыргызстане: международный опыт и отечественные реалии [Текст] / А. К. Омурканова, С. Дж. Усенов // Известия КГТУ, 2023. – № 4 (68). – 1658-1665 с. – ISSN 1694-8335.
6. Махотенко, Е. А. Правовое понятие градостроительной деятельности [Текст] / Е. А. Махотенко. – Ставрополь: Общество и право, 2009. – № 1 (23). – 127-128 с [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://cyberleninka.ru/article/n/pravovoe-ponyatie-gradostroitelnoy-deyatelnosti> (дата обращения: 25.06.2024).

Т. С. Кенешов, А.Р. Абдуллаев, А.К.Омурканова
 И. Рazzаков атындагы КМТУ, Бишкек, Кыргыз Республикасы
 КГТУ им. И. Рazzакова, Бишкек, Кыргызская Республика

T. S. Keneshov, A.R. Abdullaev, A.K. Omurkanova
 I. Razzakov KSTU, Bishkek, Kyrgyz Republic
 tkeneshov@kstu.kg, abdullaev.28.09.00.123@gmail.com, aizaada.omurkanova@kstu.kg

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЗАИМОСВЯЗИ РЕГУЛЯТИВНЫХ ПРИНЦИПОВ И ПРАВОВЫХ НОРМ В ГРАДОСТРОИТЕЛЬСТВЕ КЫРГЫЗСТАНА

КЫРГЫЗСТАНДЫН ШААР КУРУУСУНДА ЖӨНГӨ САЛУУЧУ ПРИНЦИПТЕР МЕНЕН УКУКТУК ЧЕНЕМДЕРДИН ӨЗ АРА БАЙЛАНЫШЫН ИЗИЛДӨӨ

THE STUDY OF THE RELATIONSHIP BETWEEN REGULATORY PRINCIPLES AND LEGAL NORMS IN URBAN PLANNING IN KYRGYZSTAN

Макалада түрүктүү жана төң салмактуу шаардык чөйрөнү калыптандыруу учун негиз катары Кыргыз Республикасынын шаар куруу ишиндеги жөнгө салуучу принциптер менен укуктук ченемдердин өз ара байланышы каралат. Урабанизациялык басым жана аймактык ассиметрия шарттарында өнүгүүнүн стратегиялык багыттары менен конкреттүү укуктук механизмдердин ортосундагы ырааттуулук жана аларды ишке ашируу өзгөчө мааниге ээ болот. Теориялык негиздердин, "принцип" жана "норма" түшүнүктөрүнүн өз ара байланышы, Кыргызстанда шаар курууну долбоорлоодо алардын көрүнүштөрүнүн өзгөчөлүктөрү каралат. Колдонуудагы ченемдик актылар талданы, мыйзамдардын фрагменттүүлүгүнүн, укук колдонуу практикасынын начардыгынын жана бирдиктүү шаар куруу концепциясынын жоктугунун көйгөйлөрү аныкталды. Туруктуулукка, экологиялык коопсуздуулукка жана функционалдуулукка багытталган шаар куруу чечимдеринин натыйжалуулугун баалоо көрсөткүчтөрү жана негизделген долбоордук принциптер өзүнчө изилденет. Практикада жөнгө салуучу түзүлүштөрдү ишке аширууга тоскоолдук кылган институттук жана системалык тоскоолдуктар аныкталды. Жыйынтыгында жөнгө салуу системасын жасаширтуу, анын ичинде бирдиктүү шаар куруу концепциясын түзүү, координациялоо механизмдерин өнүктүрүү жана коомдун катышуусун күчтүү жолдору сунушталды. Алынган жыйынтыктар Кыргызстандагы шаардык чөйрөнү өнүктүрүүнүн туруктуу моделдерин иштеп чыгууга негиз боло алат.

Түйүндүү сөздөр: жөнгө салуу принциптери, жөнгө салуу ченемдери, шаар куруу иши, түрүктүү өнүгүү, аймактык пландаштыруу, шаар куруу процесстери укук колдонуу практикасы, шаардык чөйрө.

В статье рассматривается взаимосвязь регулятивных принципов и правовых норм в градостроительной деятельности Кыргызской Республики как основа для формирования устойчивой и сбалансированной городской среды. В условиях урбанизационного давления и территориальных асимметрий, особую значимость приобретает согласованность между стратегическими ориентирами развития и конкретными правовыми механизмами и их реализации. Рассматриваются взаимосвязь теоретических основ, понятий «принцип» и «норма», особенности их проявления в градостроительной проектирование в Кыргызстане. Проанализированы существующие нормативные акты, выявлены проблемы фрагментарности законодательства, слабой правоприменительной практики и отсутствия единой градостроительной концепции. Отдельно исследуются показатели оценки эффективности градостроительных решений и обоснованные проектные принципы,

ориентированные на устойчивость, экологическую безопасность и функциональность. Выявлены институциональные и системные барьеры, препятствующие реализации регулятивных установок в практике. В заключение предложены пути совершенствования системы регулирования, включая формирование единой градостроительной концепции, развитие механизмов координации и усиление участия общества. Полученные выводы могут служить основой для разработки устойчивых моделей развития городской среды в Кыргызстане.

Ключевые слова: регулятивные принципы, регулятивные нормы, градостроительная деятельность, устойчивое развитие, территориальное планирование, градостроительные процессы, правоприменительная практика, городская среда.

The article examines the relationship between regulatory principles and legal norms in urban development in the Kyrgyz Republic as a basis for the formation of a sustainable and balanced urban environment. In the context of urban pressure and territorial asymmetries, consistency between strategic development guidelines and specific legal mechanisms and their implementation is of particular importance. The interrelation of the theoretical foundations, the concepts of "principle" and "norm", and the features of their manifestation in urban planning in Kyrgyzstan are considered. The existing regulations are analyzed, the problems of fragmented legislation, weak law enforcement practice and the lack of a unified urban planning concept are identified. Separately, the indicators for evaluating the effectiveness of urban planning decisions and sound design principles focused on sustainability, environmental safety and functionality are investigated. Institutional and systemic barriers preventing the implementation of regulatory guidelines in practice have been identified. In conclusion, ways to improve the regulatory system are proposed, including the formation of a unified urban planning concept, the development of coordination mechanisms and increased public participation. The findings can serve as a basis for the development of sustainable models of urban environment development in Kyrgyzstan.

Key words: regulatory principles, regulatory norms, urban planning, sustainable development, territorial planning, urban planning processes, law enforcement practice, urban environment.

Градостроительство в Кыргызской Республике сталкивается с необходимостью достижения устойчивого, сбалансированного и функционального развития территорий. В этом контексте важнейшую роль играют регулятивные принципы и правовые нормы, которые служат основой для формирования градостроительных процессов, их эффективного управления и нормативного регулирования. Взаимосвязь этих элементов является ключевым фактором для успешной реализации градостроительных проектов, поскольку она позволяет обеспечить гармонию между законодательством, экономическими реалиями, экологическими требованиями и потребностями общества. Впрочем, современная практика градостроительного регулирования демонстрирует несогласованность между нормативными актами, слабую правовую реализацию и ограниченное участие заинтересованных сторон в планировании. Это выражается в стихийной застройке, несоблюдении экологических требований, перегрузке инфраструктуры и нарушении градостроительного баланса между столицей и регионами. Данная ситуация требует системного анализа взаимосвязи между принципами и нормами, их роли в формировании эффективной градостроительной политики и разработке решений, способствующих устранению нормативных пробелов.

Современное развитие территорий городских поселений требует не только нормативной базы и теоретических установок, но и конкретных показателей, позволяющих оценивать эффективность градостроительных решений. В этом контексте важным элементом являются индикаторы, отражающие социально-экономическое состояние, соблюдение градостроительных регламентов и экологическую устойчивость городской среды. (таблица 1.)

Таблица 1 - Индикаторы развития городских территорий

Социально-экономические	Градостроительные регламенты	Экологические показатели
Достоверный расчет парковочных мест вблизи жилых массивов и административно-деловых центров, учитывая демографическое и экономическое развитие городского поселения	Должно быть установлено функциональное назначение каждого квартала	Учет концентрации загрязняющих веществ в окружающей среде
Размещение каждого объекта должно быть обосновано с точки зрения востребованности	Выбор транспортной инфраструктуры должен быть приемлемым с экологической точки зрения	Учет влияния загрязнения на население и снижение качества окружающей среды
Создание транспортной инфраструктуры в радиусе размещения социального объекта должно быть обосновано	Создание эффективной системы водоснабжения и водоотведения	Учет состояния флоры и фауны и запасов природных ресурсов
Реконструкция объектов культурно наследия должна обосновываться	Архитектурный облик зданий согласовывается с особенностями местного ландшафта	Формирование прогнозных карт состояния окружающей среды

Таким образом, развитие территорий основывается на целенаправленной деятельности государства, органов местного самоуправления, населения по формированию благоприятной среды жизнедеятельности населения, развитию систем расселения городских агломераций в соответствии с долгосрочными целями социально-экономического и пространственного развития, с учетом исторически сложившегося расселения, природных, национально-этнических и иных местных особенностей. То есть градостроительным регулированием которая представляет собой систему организационно-правовых механизмов, направленных на управление развитием территорий, обеспечением устойчивости городской среды и сбалансированного функционирования всех её элементов. Центральным звеном этой системы выступает взаимодействие регулятивных принципов и правовых норм, определяющих как стратегический курс, так и конкретные правила деятельности в данной сфере. Но современное градостроительное регулирование в Кыргызской Республике сталкивается с острой проблемой - нарушением баланса между урбанизированными центрами и остальными территориями. Это связано с несогласованностью регулятивных норм и принципов, направленных на устойчивое пространственное развитие. Регулятивная система пока не в полной мере обеспечивает скоординированную урбанизацию и развитие регионов: столица и крупные города стремительно растут, тогда как периферийные районы деградируют. Согласно исследованиям, «одной из главных проблем пространственного развития в Кыргызстане является централизация ресурсов в Бишкеке, в то время как остальная территория остается вне стратегического внимания» [Садыков Б.К., 2022]. Такой перекос порождает как перегрузку инфраструктуры городов, так и деградацию сельских поселений, усиливая социально-экономические и территориальные диспропорции. При этом действующие правовые нормы (например, Закон КР «О градостроительстве и архитектурной деятельности») содержат общие положения, но недостаточно конкретизируют механизмы координации урбанизации и территориального развития на практике. В результате, регулятивные принципы устойчивости, сбалансированности и интеграции остаются формальными и не воплощаются в конкретных инструментах планирования. **Правовые нормы**, в свою очередь, представляют собой конкретные юридически обязательные предписания, закреплённые в законах, кодексах, подзаконных

актах, строительных и санитарных нормативах. Эти нормы детализируют содержание принципов, определяют допустимые границы застройки, процедуры согласования, правила размещения объектов, требования к качеству среды и соблюдению общественных интересов. Эффективность градостроительного регулирования напрямую зависит от согласованности между этими двумя элементами. Отсутствие механизма перехода от принципов к практическим инструментам приводит к формализму в применении нормативных актов, снижению качества городской среды и утрате управляемости процессов урбанизации. Так, принцип устойчивого развития требует закрепления в нормах, касающихся энергоэффективности зданий, охраны окружающей среды, рационального использования земельных ресурсов и обеспечения экологического баланса.

Анализ взаимосвязи регулятивных норм и принципов в градостроительстве Кыргызстана невозможен без обращения к историческим примерам. Один из таких значимых опытов - проекты реконструкции городов Фрунзе (ныне Бишкек) и Джалаал-Абада, разработанные в 1930-х гг. архитектором В.П. Калмыковым. Эти проекты знаменательны тем, что предпринималась попытка «синтеза» европейских планировочных подходов с традиционными пространственными моделями расселения кыргызского народа. Калмыков стремился сохранить «локальный колорит» в структуре жилой среды, адаптируя квартальную застройку под ориентированность киргизского жилища на внутренний двор и его связь с природой. В частности, планировки учитывали привычную для местного населения ориентацию улиц, открытые пространства, а также социальную и хозяйственную роль махаллей. Таким образом, реализовался один из важнейших регулятивных принципов - принцип культурной преемственности и контекстуального градостроительства. «Архитектор Калмыков пытался соединить рациональные приёмы социалистического планирования с пространственной логикой кочевой и полукочевой культуры, что делает его проекты уникальным опытом раннего контекстуального проектирования в Средней Азии» (Исмагулов Р.А., 2019. Историческая урбанистика Кыргызстана). Однако из-за идеологического давления и последующего ужесточения типизации застройки, многие его решения не были реализованы в полном объеме. Тем не менее, эта практика демонстрирует возможность интеграции правовых и проектных норм с учетом традиционных основ.

По мнению Г. С. Жумашовой, становление градостроительной политики в Кыргызстане проходило в несколько этапов, где советский период (особенно 1930-1950-е гг.) сыграл ключевую роль в формировании первых градостроительных норм, часто навязанных извне, но всё же частично адаптированных под местные реалии. В частности, исследовательница отмечает: «Проекты реконструкции, разработанные в 1930-х гг. для Фрунзе и Джалаал-Абада, демонстрировали уникальный подход: попытку адаптировать классические принципы соцгорода к культурной структуре кочевой и полукочевой среды» (Жумашова Г. С., 2018. Комплексное исследование и история городов Киргизской Республики). Эти проекты закладывали основы будущих регулятивных норм в градостроительной сфере республики - норм, которые сегодня требуют переосмысления с учетом современных вызовов: урбанизационного давления, необходимости устойчивого развития и сохранения культурной идентичности территорий.

Взаимосвязь регулятивных принципов и правовых норм в градостроительстве является динамичным процессом, в котором каждый из этих элементов влияет на другой, создавая основу для эффективного регулирования градостроительных процессов. Регулятивные принципы служат ориентиром для формирования правовых норм, определяя стратегические цели и направления развития городских территорий. В свою очередь, правовые нормы обеспечивают реализацию этих принципов в практической плоскости, предоставляя инструменты для их внедрения и контроля. Так, например, принцип устойчивости, как основной регулятивный ориентир в градостроительстве, находит свое воплощение в правовых нормах, касающихся экологических стандартов, норм строительства и управления природными ресурсами. В Кыргызстане это выражается через такие нормативные акты, как законы о защите окружающей среды и строительные нормы, которые

определяют требования к экологической безопасности застройки. Принцип комплексности, охватывающий разнообразие аспектов городской среды, находит своё отражение в правовых нормах, которые регулируют взаимодействие различных сфер градостроительной деятельности - от проектирования и строительства до эксплуатации объектов и их воздействия на окружающую среду. Правовые нормы, касающиеся использования земельных участков, охраны культурных ценностей, социальной инфраструктуры и транспорта, являются проявлением этого принципа на законодательном уровне.

Проблемы взаимосвязи регулятивных принципов и правовых норм в градостроительстве Кыргызстана многогранны и многоуровневые, что затрудняет их эффективное решение и гармоничное развитие городской среды. Прежде всего, необходимо отметить отсутствие единой, системной концепции регулирования градостроительства, которая бы объединяла все аспекты территориального развития, архитектурного планирования и правового регулирования. Фрагментарность законодательства усугубляется слабой реализацией уже существующих норм. Во многих случаях регулятивные принципы, формально закреплённые в нормативных документах, не имеют реального механизма применения. Контролирующие органы, призванные обеспечивать соблюдение градостроительных требований, нередко демонстрируют институциональную слабость, ограниченные полномочия или отсутствие эффективных инструментов воздействия. Это создает благоприятную среду для нарушений в распределении земель, согласовании проектов и реализации строительных работ, что, в свою очередь, приводит к ухудшению качества городской инфраструктуры и снижению уровня жизни населения. Кроме того, значимой проблемой является игнорирование традиционных архитектурных и строительных принципов, которые учитывают особенности местного климата, культурное наследие и обычаи народа. Традиционные методы строительства, которые на протяжении веков служили основой для устойчивого развития жилой среды, часто не находят своего отражения в современных проектах. Это приводит к утрате культурной идентичности и разрушению гармонии городской среды. Важно отметить, что научная работа, направленная на интеграцию этих традиционных принципов с современными градостроительными подходами, в Кыргызстане развивается недостаточно активно. Отсутствие должной научной поддержки тормозит развитие новых нормативных документов, которые могли бы учитывать эти традиции и использовать их для создания более гармоничной городской среды. Одним из существенных препятствий является также слабое взаимодействие между государственными и частными структурами, что порождает конфликты интересов, коррупционные схемы и нарушение стандартов. Эти проблемы часто усугубляются недостаточной координацией между различными уровнями власти, что сказывается на реализации градостроительных проектов и соблюдении нормативных требований. В результате города часто сталкиваются с перегрузкой инфраструктуры, хаотичным ростом жилых районов, а также с недостаточной инфраструктурной и социальной обеспеченностью. Наконец, одним из важнейших аспектов является недостаточная ориентированность научных исследований на практическую плоскость. Множество градостроительных проектов реализуются без учета научных данных о развитии городской среды, что приводит к ошибочным решениям, ухудшающим качество жизни горожан. Неэффективное использование научных разработок в градостроительстве препятствует созданию долгосрочных стратегий, направленных на устойчивое развитие и улучшение качества городской среды в контексте быстро изменяющихся экономических и социальных условий. Все эти элементы наглядно представлены в схеме "Модель взаимодействия регулятивных принципов и правовых норм в системе градостроительного управления" (см. рис. 1), где показана логика перехода от стратегических ориентиров к нормативной конкретике и проектной документации, а также обратное влияние практики на корректировку норм и принципов.



Рисунок 1 - Модель взаимодействия регулятивных принципов и правовых норм в системе градостроительного управления

Таким образом, проблемы в взаимосвязи регулятивных принципов и правовых норм в градостроительстве Кыргызстана комплексны и тесно связаны с недостаточной координацией нормативно-правовых актов, игнорированием традиционных строительных принципов, слабой правоприменительной практикой и отсутствием должной научной поддержки. Для решения этих проблем необходимо выработать единую концепцию градостроительного регулирования, которая учла бы как современные требования, так и традиционные ценности, что позволило бы достигнуть гармоничного и устойчивого развития городской среды.

Для повышения эффективности градостроительного регулирования в Кыргызской Республике необходимо выработать комплексный подход к усилению взаимосвязи между регулятивными принципами и правовыми нормами. Это возможно только при условии реализации ряда ключевых направлений реформирования. Прежде всего, требуется усиление роли научных исследований и систематизации практического опыта при разработке новых нормативных актов и обновлении существующих. Научно обоснованные методики планирования, основанные на междисциплинарном анализе, позволяют учитывать сложные взаимосвязи между социальной, экологической и экономической составляющей городской среды. В настоящее время градостроительные решения зачастую принимаются без достаточной аналитической базы, что приводит к стратегическим просчётам. Укрепление научной поддержки позволит обеспечить качество и обоснованность норм, их адаптацию к

меняющимся условиям и вызовам. Вторым важным направлением является совершенствование системы территориального планирования. Она должна выйти за рамки формального зонирования и включать механизмы долгосрочного прогнозирования, способные учитывать демографические тенденции, развитие транспортной инфраструктуры, доступность ресурсов и требования устойчивого развития. Территориальное планирование должно стать не только инструментом пространственной организации, но и механизмом реализации стратегических принципов - таких как устойчивость, комплексность, экологическая безопасность и доступность. Третьим приоритетом следует считать выстраивание эффективного взаимодействия между всеми участниками градостроительного процесса. Это включает в себя координацию между различными государственными структурами, органами местного самоуправления, специалистами (архитекторами, урбанистами, инженерами), представителями бизнеса и гражданским обществом. Только совместная работа и обмен знаниями позволяют разрабатывать интегрированные, сбалансированные и реалистичные градостроительные решения. Для этого необходимо создание устойчивых диалоговых платформ и экспертных советов, обеспечивающих прозрачность, участие и подотчётность в принятии решений. Внедрение механизмов общественного контроля, публичных обсуждений и оценки последствий принимаемых решений повысит доверие к градостроительной политике и её результатам, а также обеспечит соответствие нормативных положений реальным потребностям населения.

Список литературы

1. Мохов, А.Ю. Нормы-принципы как разновидность правовых предписаний: сущность и виды [Текст] / А.Ю. Мохов- Москва: Аграрное и земельное право, 2023. - № 11(227). 33-36 с. - DOI 10.47643/1815-1329_2023_11_33 // с сайта CYBERLENINKA [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://cyberleninka.ru/article/n/normy-prinzipy-kak-raznovidnost-pravovyh-predpisaniy-suschnost-i-vidy> (дата обращения: 03.04.2025).
2. О нормативных правовых актах Кыргызской Республики: Закон Кыргызской Республики от 20 июля 2009 года № 241: Министерство юстиции [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://cbd.minjust.gov.kg/202591/edition/1086595/tu> (дата обращения: 07.05.2025).
3. Мазаев, Г. В. Теоретические основы управления градостроительной деятельностью и ее особенности в условиях современной России [Текст] / Г. В. Мазаев, А. Г. Мазаев. - Екатеринбург: Академический вестник УралНИИпроект РААСН, 2011. - №1. 7-13 с. // с сайта CYBERLENINKA [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://cyberleninka.ru/article/n/teoreticheskie-osnovy-upravleniya-gradostroitelnoy-deyatelnosti-ee-osobennosti-v-usloviyah-sovremennoy-rossii> (дата обращения: 25.04.2025).
4. Омурканова, А.К. Особенности градостроительного проектирования в Кыргызстане: международный опыт и отечественные реалии [Текст] / А.К. Омурканова, С.Дж. Усенов. - Бишкек: Известия КГТУ, 2023. - № 4 (68). - С. 1658-1665.
5. Садыков, Б.К. Пространственная политика и региональные диспропорции в Кыргызстане [Текст] / Б.К. Садыков // Экономика и региональное развитие. - 2022. - № 2. - С. 57-63.
6. Исмагулов, Р.А. Историческая урбанистика Кыргызстана [Текст] / Р.А. Исмагулов. - Бишкек: Институт архитектуры и дизайна, 2019. - 102 с.

Калысбек К.А.¹, Б.Э. Таштобаева²
 И. Рazzakov атындағы КМТУ, Бишкек Кыргыз Республикасы
 КГТУ им. И. Рazzакова Бишкек, Кыргызская Республика

Kalysbek K.A.¹, Tashtobaeva B.E.²

¹ Master's Student, ² Professor

Razzakov Univeristy, Bishkek, Kyrgyz Republic
 kalysbekyzy@gmail.com

КОМПОЗИЦИОННОЕ ПОСТРОЕНИЕ ВОЙЛОЧНОЙ ЖИВОПИСИ НА ОСНОВЕ ПЛАНОВОЙ РАСКЛАДКИ

КИЙИЗГЕ САЛЫНЧУ СҮРӨТТҮН КОМПОЗИЦИЯСЫН ТҮЗҮҮДӨ ПЛАНДУУ ЖАЙГАШТАРЫРУУ ЫКМАСЫН КОЛДОНУУ

COMPOSITIONAL CONSTRUCTION OF FELT PAINTING USING THE PLANAR LAYOUT METHOD

Бул макалада кийиз сүрөтүндө колдонулуучу «пландуу жайгаштыруу» ыкмасы көңири талданат. Ыкманын маңызы сүрөттү арткы пландан алдыга карай ырааттуу түзүүдө болуп, бул ыкма композициянын тереңдигин, көркөмдүүлүгүн жана бүтүндүгүн камсыз кылат. Ар бир этап түстүк жана тондогу акценттерди так бөлүштүрүүгө, фон менен алдыңкы пландардын ортосундагы гармонияны сактоого, ошондой эле элементтердин бири-бирин каптап кетишин алдын алууга багытталган. Бул метод технологиялык жана көркөм ыкмаларды айкалыштырат: негизди даярдоо, кийизди композициянын багыты боюнча так жайгаштыруу жана акыркы декоративдик иштетүү. Натыйжада чыгарма фактура, тус жана форма жасынан шайкеш келип, иштин сапаты менен көркөм баалуулугүн жсогорулайт.

Түйүндүү сөздөр: кийиз сүрөтчүлүгү, пландуу жайгаштыруу, композиция, арткы план, орто план, алдыңкы план, декоративдик элементтер, ырааттуулук.

В статье подробно раскрывается метод «плановой раскладки» в войлочной живописи как последовательный и системный способ построения художественной композиции. Он основан на принципе послойного формирования изображения — от заднего к переднему плану, что позволяет добиться пространственной глубины, выразительности и целостности картины. Каждый этап работы направлен на точное распределение цветовых и тональных акцентов, сохранение равновесия между фоном, средним и передним планами, а также на предотвращение перекрытия или смещения деталей. Методика сочетает технологические и художественные приёмы: тщательную подготовку основы, выверенную раскладку волокон по направлению композиции и финальную декоративную отделку. Такой подход способствует созданию гармоничных, живописных полотен, где сочетаются фактура, цвет и форма, а последовательность действий обеспечивает контроль над процессом и высокое качество готового произведения.

Ключевые слова: войлочная живопись, плановая раскладка, композиция, задний план, средний план, передний план, декоративные элементы, последовательность.

This article provides a detailed analysis of the “planned layout” method in felt painting, presented as a systematic and sequential approach to building a composition. The method is based on the step-by-step formation of the image - from the background to the foreground - which ensures

spatial depth, expressiveness, and compositional integrity. Each stage focuses on the precise distribution of color and tonal accents, maintaining harmony between background, middle, and foreground layers, and preventing overlap of details. The methodology combines both technological and artistic techniques: careful preparation of the base, accurate placement of wool fibers according to the direction of the composition, and final decorative finishing. As a result, the artwork achieves harmony in texture, color, and form, while the sequence of actions ensures control over the process and high artistic quality of the finished piece.

Key words: *felt painting, plan layout, composition, background, middle ground, foreground, decorative elements, sequence.*

Введение. Целью настоящего исследования является обоснование и разработка методики применения плановой раскладки в войлочной живописи как эффективного способа композиционного построения изображения, обеспечивающего глубину пространства, чёткость передачи планов и гармоничную целостность художественного произведения.

Анализ литературы по вопросам плановой раскладки шерсти демонстрирует, что данная тема изучалась как зарубежными, так и российскими исследователями, однако системного подхода к её организации до сих пор не разработано. По мнению Мой Макай [1], плановая раскладка является важным этапом подготовки шерстяных волокон, влияющим на качество конечного изделия. Мой Макай подчёркивает, что точное распределение шерсти по поверхности обеспечивает равномерность толщины материала и предсказуемость визуального эффекта, особенно при создании сложных декоративных композиций. Он отмечает, что именно внимательное соблюдение последовательности раскладки позволяет мастеру контролировать плотность и направление волокон, что в конечном итоге влияет на эстетические и технологические свойства изделия [1].

Айвс Дж. [2] рассматривает исторические и технологические аспекты подготовки шерсти, отмечая, что традиционные методы включали ручную сортировку и хаотичное распределение волокон. Он подчеркивает, что такие подходы зависели от мастерства исполнителя и не обеспечивали стабильности качества. Вместе с тем Айвс Дж. указывает на современные технологии, позволяющие использовать вспомогательные инструменты, которые сокращают время работы и улучшают однородность покрытия. При этом, по его мнению, остаётся проблема стандартизации процесса и выработки единых критериев оценки результатов.

Мэттсон Р. [3] акцентирует внимание на художественном измерении плановой раскладки, выделяя способность мастера прогнозировать композиционный эффект. Он подчеркивает, что неправильное распределение волокон может привести к визуальным и технологическим дефектам, особенно в крупномасштабных проектах. Мэттсон Р. также отмечает, что различные схемы расположения волокон описываются в литературе, но они не объединены в единую методику, что затрудняет системное обучение и практическое применение.

Хантер Т. [4] исследует процесс стандартизации технологий текстильного производства, в том числе распределение волокон, и отмечает, что отсутствие единой методики плановой раскладки снижает эффективность обучения новых специалистов и качество конечного продукта. Он предлагает рекомендации по адаптации существующих схем для различных типов шерсти, но признаёт, что методика остаётся фрагментарной и не интегрирована в общую систему подготовки материала.

Кокарева [5] рассматривает психологический аспект работы мастера с шерстяными волокнами, подчёркивая необходимость концентрации внимания и предвидения результата на ранних этапах подготовки. Она отмечает, что традиционные подходы к раскладке формировались интуитивно и передавались устно, без систематизации, что ограничивает воспроизводимость и эффективность работы.

Зайцева [6] анализирует технологические элементы процесса, уделяя внимание инструментам и приёмам, применяемым при распределении шерсти. Она утверждает, что

эффективность раскладки зависит от сочетания ручных и механических приёмов и способности мастера адаптировать процесс к различным типам волокон. В своих работах Зайцева описывает отдельные приёмы распределения материала, однако комплексной методики, объединяющей все эти элементы, не представлено.

Лапина [7] акцентирует внимание на образовательных аспектах подготовки специалистов. Она отмечает, что отсутствие систематизированного подхода затрудняет обучение и не формирует у студентов целостного понимания процесса. Лапина делает вывод о необходимости создания методических рекомендаций, которые могли бы служить единым ориентиром для практики и учебного процесса.

Метелькова И. [8] подчеркивает исследовательский пробел в области систематизации методов плановой раскладки. Она указывает, что несмотря на обширную литературу и практические руководства, до настоящего времени не существует единой схемы или методики, которая позволяла бы стандартизировать процесс и обеспечивать повторяемость результатов. Это подтверждает актуальность дальнейшего изучения и необходимость разработки методики, объединяющей существующие подходы в одну целостную систему.

Таким образом, анализ трудов ведущих зарубежных и российских исследователей показывает, что методы раскладки шерсти рассматривались с разных сторон - технологической, художественной, психологической и образовательной.

Однако никто из авторов не предложил системной методики плановой раскладки как отдельной композиционной системы. Это создаёт необходимость проведения исследования, направленного на разработку последовательной и воспроизводимой методики плановой раскладки, что и станет целью дальнейшей работы.

Методы исследования. В данной работе применялись методы исследования, обеспечивающие комплексное изучение особенностей плановой раскладки в войлочной живописи с опорой на достижения современных зарубежных и российских авторов. Цель состояла в том, чтобы не просто описать процесс, но и научно обосновать его эффективность и художественную выразительность.

Аналитический метод применялся для изучения и обобщения опыта мастеров войлочной живописи и декоративно-прикладного искусства на основе анализа литературы [1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8].

Теоретические и исторические аспекты: Учитывались работы Мой Макай («Art in Felt & Stitch») и Дани Айс («Painting with Wool»), которые раскрывают базовые принципы работы с волокнами, создания основы и выбора инструментов для различных эффектов. Анализ их книг позволил понять, как формировались современные подходы к "рисованию шерстью" [4, 5].

Художественное и технологическое измерение: Исследования Яны Мэттсон («Landscapes in Wool») и Андреа Хантер («Creating Felt Pictures»), посвящённые пейзажной живописи войлоком, использовались для анализа методов создания глубины, перспективы и детализации. Это позволило составить целостное представление о современных художественных подходах [3, 4, 6].

Российский опыт: Работы И.А.Кокаревой («Живописный войлок»)и Анны Зайцевой («Войлок и фетр. Большая иллюстрированная энциклопедия») предоставили данные о технологических и образовательных аспектах работы с волокнами, что позволило составить целостное представление о современных подходах в контексте российской школы валяния [5, 6].

Практический эксперимент реализовался через поэтапное создание войлочных картин с использованием плановой раскладки, что позволило проверить эффективность метода на практике и зафиксировать технологические особенности процесса.

Последовательность этапов: Опыт, описанный в литературе, использовался для обоснования порядка и последовательности этапов раскладки — от фона к переднему плану.

Это позволило подтвердить, что строгое следование плану минимизирует ошибки и обеспечивает предсказуемый результат [6, 8].

Фиксация процесса: В ходе эксперимента фиксировались параметры, такие как плотность укладки шерсти на разных планах, выбор игл для валяния (№36, №38, №40) в зависимости от необходимой степени детализации и толщины волокон, а также время, затраченное на каждый этап.

Композиционный анализ применялся для детального изучения структурных особенностей изображения при делении работы на задний, средний и передний планы, что позволяло оценить влияние раскладки на визуальное восприятие композиции.

Прогнозирование эффекта: Данный подход опирается на рекомендации Яны Мэттсон по прогнозированию композиционного эффекта [3]. Оценивалось, как выбор цвета и направления волокон на разных планах создает иллюзию объема и глубины, характерную для живописи.

Метод сравнения заключался в сопоставлении результатов плановой (системной) и хаотичной раскладки шерсти, что позволило выявить преимущества системного подхода.

Оценка качества: Сравнивались такие параметры, как равномерность распределения шерсти, прочность сцепления волокон, четкость деталей и общая выразительность изделия. Этот метод опирается на исследования, где обсуждается влияние упорядоченного распределения волокон на качество изделия и достижение желаемого визуального результата [1, 4].

Для проведения практической работы использовались следующие инструменты и материалы, выбор которых был обоснован рекомендациями мастеров в области фелтинга [4,8]:

- основа: поролон толщиной 3-5 см, размер которого подбирался в зависимости от габаритов будущей картины. Поролон обеспечивает достаточную упругость для работы иглой.
- ткань: хлопковая, светлого оттенка, предпочтительно бязь натурального цвета, служащая подложкой для шерсти. Ткань натягивалась максимально равномерно, чтобы исключить складки.
- шерсть: цветная, непряденая, используемая для формирования изображения (предпочтительно меринос 18-21 микрон или кардочес для основного объема). Для создания ярких акцентов использовалась тонкая шерсть различных оттенков.
- игла для валяния: фальцевальная (фелтинговая) игла с зазубринами, обеспечивающая закрепление волокон в процессе сухого валяния. Использовались иглы разного сечения (трехгранные, четырехгранные) и номеров (№36 для сваливания основных объемов и №40 для финишной, ювелирной детализации и прорисовки мелких элементов).

Методика плановой раскладки в войлочной живописи предполагает последовательное наполнение композиции слоями, начиная с заднего плана и завершая декоративными штрихами. Такой подход основывается на теоретических и практических рекомендациях современных зарубежных и российских исследователей и подчёркивает важность системного и упорядоченного распределения волокон для достижения гармоничного и выразительного результата. В частности, шотландская художница Мой Макай (Moy Mackay), которую считают пионером в технике «живописи войлоком», в своих работах и книгах, вдохновляет на использование широкой палитры шерсти и других волокон, отмечая важность послойной организации для равномерного распределения материала и контроля над плотностью и направлением шерсти [4, 6].



Рисунок 2 - Создание эскиза



Рисунок - Подготовка основы

Работа начинается с подготовки основы. На рисунках 1 и 2 приведены первые 2 этапа создания эскиза и основы.

Хлопковую ткань (например, бязь) аккуратно натягивают на поролоновую подложку и надежно закрепляют, чтобы исключить деформацию материала в процессе работы. Такой подход обеспечивает стабильность и предотвращает смещение волокон, что критически важно для технологической точности работы в технике сухого валяния [5]. Американская художница Дани Айвс своих работах детально описывает этот подготовительный этап, подчеркивая, что прочная фиксация основы является фундаментом для дальнейшего послойного наращивания изображения и предотвращает нарушения визуального баланса композиции на последующих этапах. Стабильная основа позволяет мастеру сосредоточиться на художественных аспектах, минимизируя технические риски.

После подготовки основы создаётся эскиз, который учитывает композиционное решение и деление изображения на планы: задний, средний и передний. Эскиз задаёт пространственную структуру будущей картины и позволяет просчитать расположение объектов, тональные и цветовые решения, а также перспективу и пропорции, обеспечивая логичное построение композиции [4, 8].

Второй этап: Детальная проработка композиции с акцентом на последовательность планов



Рисунок 3 - Начало работы заднего плана

Строгое соблюдение порядка работы по планам обеспечивает гармонию и глубину изображения, что подтверждается технологическими наблюдениями исследователей в области работы с текстилем. Последовательность слоев позволяет мастеру контролировать плотность и направление волокон, что напрямую влияет на выразительность композиции.

Задний план (рис.3.) формируется первым и задаёт общую основу всей композиции. Здесь закладываются основные тональные и цветовые решения, создающие атмосферу и фон для всех последующих слоёв. Работа с приглушенными и мягкими оттенками создаёт ощущение глубины и пространственности. Волокна укладываются

тонкими, полупрозрачными прядями перекрёстно, в разных направлениях, что обеспечивает равномерность слоя и прочную основу для средних и передних планов. Для достижения плавных тональных переходов используются смеси различных оттенков шерсти (блэнды), создавая сложные и живописные градации цвета [4, 8]. Этот подход позволяет избежать хаотичного наложения волокон и обеспечивает контроль над общим настроением работы.

Работа над средним планом (Объем и детализация второго уровня): Средний план связывает фон с передним планом, добавляя полутона, тени и второстепенные объекты, такие как деревья, холмы или архитектурные элементы на горизонте. Постепенное увеличение плотности и насыщенности цветов позволяет создать плавный переход между слоями, избегая резких границ и сохраняя гармонию композиции. Направление и плотность укладки волокон контролируются для формирования объёма и перспективы, а детали среднего плана усиливают эффект глубины и пространственности, делая картину живой и выразительной [4,8]. Эта техника соответствует принципам прогнозирования визуального эффекта, описанным в профильной литературе. Использование волокон средней плотности, иногда слегка скрученных, повышает сцепление между слоями и предотвращает резкие переходы тона [3, 4].

Передний план (рис.4) формируется после завершения среднего слоя и включает яркие и детализированные объекты, которые привлекают основное внимание зрителя. Волокна укладываются тонкими слоями, точечно или штрихово, а цвет становится более насыщенным и контрастным. Работа с передним планом позволяет подчеркнуть форму, рельеф и текстуру объектов, создавая фокус композиции. Для точной проработки деталей применяются тонкие иглы для сухого валяния, что позволяет «вбивать» отдельные волокна, создавать мелкие блики и шерстинки, усиливая выразительность работы [4, 8].



Рисунок 4 – Завершение переднего плана

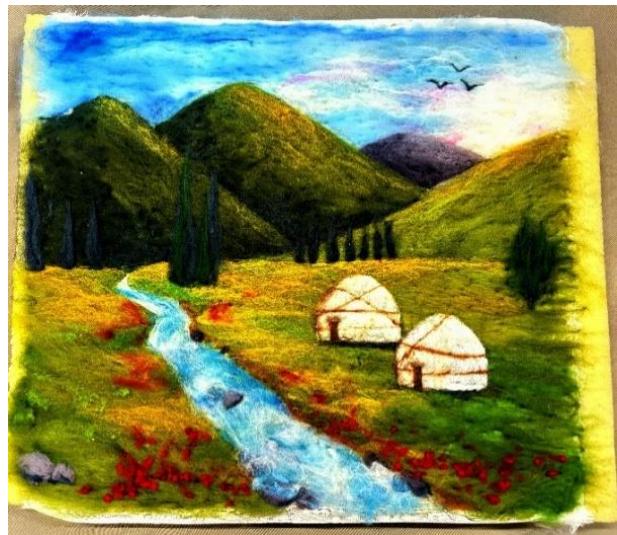


Рисунок 5 - Детализация

На завершающем (рис.5) этапе добавляются декоративные элементы, подчёркивающие индивидуальность работы и усиливающие её эстетическую выразительность. Это могут быть блестки, вискоза, шелковые или декоративные нити, а также тонкая проработка фактурных деталей. Декоративные штрихи завершают композицию, обеспечивают её целостность и предотвращают перекрытие ранее выполненных слоев [4, 8].

Заключение этапов методики. Таким образом, методика последовательного наполнения планов, с финальным добавлением декоративных элементов, обеспечивает создание произведения с глубиной, объёмом и гармонией. Последовательная работа — сначала задний, затем средний и передний план — предотвращает перекрытие деталей, сохраняя выразительность композиции, а завершающие декоративные штрихи подчёркивают

индивидуальность работы. Данный метод согласуется с выводами Мой Макая [1], Хантера Т. и Метельковой И. о необходимости упорядоченного распределения шерсти для достижения предсказуемого и качественного художественного результата [4, 8].

Выводы: Таким образом, рекомендуемый в данной работе метод «плановой раскладки» позволяет создавать композиции с глубиной и объёмом, начиная с заднего плана.

Соблюдение порядка планов предотвращает перекрытие деталей и сохраняет выразительность элементов.

Добавление декоративных штрихов на последнем этапе усиливает целостность, завершенность и индивидуальность работы.

Список литературы

1. Mackay M. Art in Felt & Stitch. – London: Search Press, 2012.
2. Mackay M. Flowers in Felt & Stitch. – London: Search Press, 2015.
3. Mackay M. The Art of Moy Mackay. – London: Search Press, 2018.
4. Ives D. Painting with Wool: 16 Artful Projects to Needle Felt. – New York: The Quarto Group, 2019.
5. Mattson J. Landscapes in Wool: The Art of Needle Felting. – Minnesota: Jaana Mattson Studio Press, 2021.
6. Hunter A. Creating Felt Pictures. – London: Search Press, 2012.
7. Кокарева, И. А. Живописный войлок: техника, приёмы, изделия: энциклопедия [Текст] / И.А.Кокарева. – М.: Эксмо, 2018.
8. Зайцева, А. Войлок и фетр. Большая иллюстрированная энциклопедия [Текст] / А.Зайцева. – М.: ACT, 2019.

УДК 004:528.94

DOI:10.56634/16948335.2025.4.981-987

И.А. Исмаилов, Р.М. Агамалиев, С.Ф. Сурхайлы

Улуттук аэрокосмостук агенттик, табигый ресурстарды космостук изилдөө институту,
Баку, Азербайжан Республикасы

Национальное аэрокосмическое агентство, институт космических исследований
природных ресурсов, Баку, Азербайджанская Республика

I.A. Ismayilov, R.M. Agamaliyev, S.F. Surkhayli

Azerbaijan national aerospace agency,
Natural resources space research institute, Baku, Azerbaijan
tokuzoghuz@gmail.com

МЕТОДИКА ЭТИМОЛОГИЧЕСКОГО АНАЛИЗА ИМЁН КАРТОГРАФИЧЕСКИХ ОБЪЕКТОВ И ИНТЕГРАЦИИ РЕЗУЛЬТАТОВ В ЦИФРОВУЮ КАРТУ

КАРТОГРАФИЯЛЫК ОБЪЕКТИЛЕРДИН АТТАРЫНЫН ЭТИМОЛОГИЯЛЫК АНАЛИЗ ҮКМАСЫ ЖАНА АНЫН ЖЫЙЫНТЫҚТАРЫН САНАРИПТИК КАРТАГА ИНТЕГРАЦИЯЛОО

THE METHOD OF ETYMOLOGICAL ANALYSIS OF NAMES OF CARTOGRAPHIC OBJECTS AND INTEGRATION OF RESULTS INTO A DIGITAL MAP

Макалада санариптик карталарды түзүү методологиясын иштеп чыгуу баяндалган, аларга топонимдик, этнотопонимдик жана этнонимдик маалыматтар киргизилет. Географиялык аттарды алардын этимологиясын, тилдик келип чыгышын жана этникалык байланышын эске алуу менен комплекстүү талдоонун зарылдыгы негизделген. Топонимдерди, этнотопонимдерди жана этнонимдерди этимологиялык изилдөөнүн жаңы үкмасы, ошондой эле алынган жыйынтықтарды санариптик карталарга компакттуу табицалык формада интеграциялоо методу сунушталган. Бул методология тил илими менен тарыхый-маданий булактардагы маалыматтарды интеграциялап, логикалык жана будемүк жыйынтык чыгаруу механизмдерин колдонот. Мындай үкма татаал тилдик жана тарыхый-маданий байланыштарды санариптик карталарда визуалдаштырууга шарт түзөт жана илимий изилдөөлөрдө, билим берүүдө жана туризмде колдонууга ылайыктуу. Сунушталган методология лингвистика, этнография жана санариптик технологияларды бириктирген жана азыркы ГИС-платформаларга оңой интеграциялануучу жаңы тематикалык карталар классын түзүүгө негиз болот.

Түйүндүү сөздөр: санариптик карта, топонимдик карта, этнонимдик карта, этнотопонимдик карта, карталардын тематикалык мазмунуу.

В статье представлена разработка методологии построения цифровых карт, включающих топонимическую, этнотопонимическую и этнографическую информацию. Обоснована необходимость комплексного анализа географических названий с учетом их этимологии, лингвистического происхождения и этнических связей. Предложен новый подход к этиологическому изучению топонимов, этнотопонимов и этнонимов, а также метод интеграции полученных результатов в цифровые карты в виде компактных табличных представлений. Методология интегрирует данные из лингвистических и

историко-культурных источников, используя механизмы логического и нечеткого вывода. Данный подход позволяет визуализировать сложные лингвистические и историко-культурные связи на цифровых картах и применим в научных исследованиях, образовании и туризме. Предложенная методология создает основу для создания нового класса тематических карт, объединяющих лингвистику, этнографию и цифровые технологии и легко интегрируемых в современные ГИС-платформы.

Ключевые слова: цифровая карта, топонимическая карта, этнонимическая карта, этнотопонимическая карта, тематическое содержание карт.

The article presents the development of a methodology for constructing digital maps that incorporate toponymic, ethnotoponymic, and ethnonyms information. It justifies the need for a comprehensive analysis of geographical names, considering their etymology, linguistic origin, and links to ethnic groups. A novel approach to the etymological study of toponyms, ethnozoology's, and ethnonyms is proposed, along with a method for integrating the results into digital maps in the form of compact tabular representations. The methodology integrates data from linguistic and historical-cultural sources and employs mechanisms of logical and fuzzy inference techniques. This approach enables the visualization of complex linguistic and historical-cultural relationships on digital maps and is applicable in scientific research, education, and tourism. The proposed methodology establishes the basis for a new class of thematic maps that bring together linguistics, ethnography, and digital technologies, and can be seamlessly incorporated into contemporary GIS platforms.

Key words: digital map, toponymic map, ethnonyms map, ethnotoponymic map, thematic content of maps.

Топонимика изучает географические названия, их происхождение, эволюцию и современное использование. Она рассматривает смысловую нагрузку имён, их грамматическую форму и фонетику, а также правила написания, произношения и передачи между языками [1].

В широком понимании топонимика — это наука о происхождении и написании географических имён, а в узком — дисциплина, занимающаяся их размещением и отображением на картах [2]. Она обеспечивает картографию научной основой для правильного закрепления названий объектов [1].

Подписи географических объектов — один из важнейших элементов картографического содержания. Именно они превращают статичное изображение в полноценную карту, делая её ценным источником информации и инструментом исследования [1].

Так как главным содержательным элементом топонимических карт являются сами названия или их части (основы, форманты, суффиксы, префиксы), топонимическая картография широко использует метод прямого отображения содержания через подписи [1].

Решение. Особенности топонимов на исследуемой территории тесно связаны с этническим составом населения — как историческим, так и современным [1]. В этом смысле топонимика имеет тесную связь с этнографией — разделом ономастики, изучающим имена этнических групп [3].

Большинство тюркских топонимов восходит к этнонимам — названиям родов, племён, народностей или наций. Такие топонимы называют отэтнонимными, или этнотопонимами. Следовательно, изучение этимологии тюркских топонимов в основном сводится к анализу происхождения этнонимов и топонимических формантов (токоформантов), а также суффиксов и географических терминов.

Языковое происхождение и этимология топонимов, этнонимов и этнотопонимов являются ключевыми источниками информации для тематического наполнения карт.

В качестве прототипа для предложенной методики разработки тематической этнотопонимической карты территории Азербайджана была выбрана топонимо-этнографическая карта национального парка «РУССКИЙ СЕВЕР», предназначенная для образовательных и туристических целей [2].

На тематической карте каждого проанализированного топонима отображают следующие характеристики:

- языковое происхождение основы (показывается отдельным цветом и шрифтом);
- время первого упоминания (связано с датой основания населённого пункта, но не совпадает с ней);
- этимологию (основы, связанные с фамилиями, прозвищами, растительностью, рельефом, орудиями труда, ремёслами, православной культурой или невыясненным происхождением — каждая категория выделена цветом).
- Кроме того, указываются изменения названия топонима и его современный статус (существующий или упразднённый), что особенно важно для районов с отрицательным миграционным сальдо, где утраченные населённые пункты встречаются часто.

Качественный цветовой фон карты отражает характер расселения:

- городские территории и пригороды;
- районы вдоль крупных речных долин;
- малонаселённые территории с мелкими анклавами.

Штриховыми ареалами выделяются территории с различными этнографическими особенностями:

- ранние угро-финские поселения (с преобладанием угро-финских топонимов);
- ранние славянские поселения (с преобладанием славянских топонимов и трансформированных угро-финских) и другие [2].

На наш взгляд, наиболее уязвимым элементом тематического содержания топонимо-этнографической карты, предложенной Н.А. Алексеенко и А.М. Беляевым, является слабая проработка вопросов этимологизации топонимов, особенно этнотопонимов.

Как справедливо отмечал выдающийся ономаст В.А. Никонов, этимология большинства антропонимов в целом достаточно изучена, тогда как топонимы остаются менее исследованными. Ещё более сложной областью выступает этнонимика: «На каждую сотню этнонимов трудно найти один, этимология которого не вызывает сомнений. Причина этого кроется не только в недостаточной разработанности дисциплины, но и в самой природе этнонимов. И человек, и река — значительно более чёткие объекты, чем этнические общности», — заключает исследователь [4].

Теоретические основы и практические результаты этимологизации тюркских (точнее, огузских) этнонимов были детально рассмотрены в работах [5–8]. Эти этнонимы зафиксированы выдающимся тюркским лингвистом средневековья Махмудом аль-Кашгари в его фундаментальном труде «Дивану лугат ат-Тюрк» [9].

Важно подчеркнуть, что помимо своей огромной лингвистической ценности, труд аль-Кашгари содержит также уникальную карту мира (не дошедший до нас оригинал книги и соответственно карты датируется 1074 годом н. э.). Единственная сохранившаяся копия этой карты датируется 1266 годом н. э. Эта карта может быть рассмотрена как одна из первых в истории топонимо-этнографических карт, в значительной степени отражающая пространственное представление о тюркском мире. Карта мира Махмуда Аль-Кашгари с оригинальными арабскими подписями топонимов и этнонимов иллюстрируется на рисунке 1 [10].



Рисунок 1 - Оригинальная карта (турецкого) мира М. Аль-Кашгари

На этой карте город Баласагун (территория на севере современного Кыргызстана, вблизи города Токмак) принят за центр [11].

Иллюстративный стиль карты отражает картографические традиции, характерные для исламских карт мира. Сосредоточившись в основном на Центральной Азии, карта показывает размещение тюркских племен в соответствии с их языковыми различиями. Красные линии обозначают границы, тёмно-зелёная медь использована для изображения морей, серо-синий (сланцевый) цвет — для рек; всё это заключено в обрамляющую полосу, символизирующую Бахр аль-Мухит (Окружающий океан), при этом Каспийское море имеет форму замочной скважины [10].

Карта мира Махмуда Аль-Кашгари в латинской транскрипции оригинальных арабских подписей иллюстрируется на рисунке 2 [12].

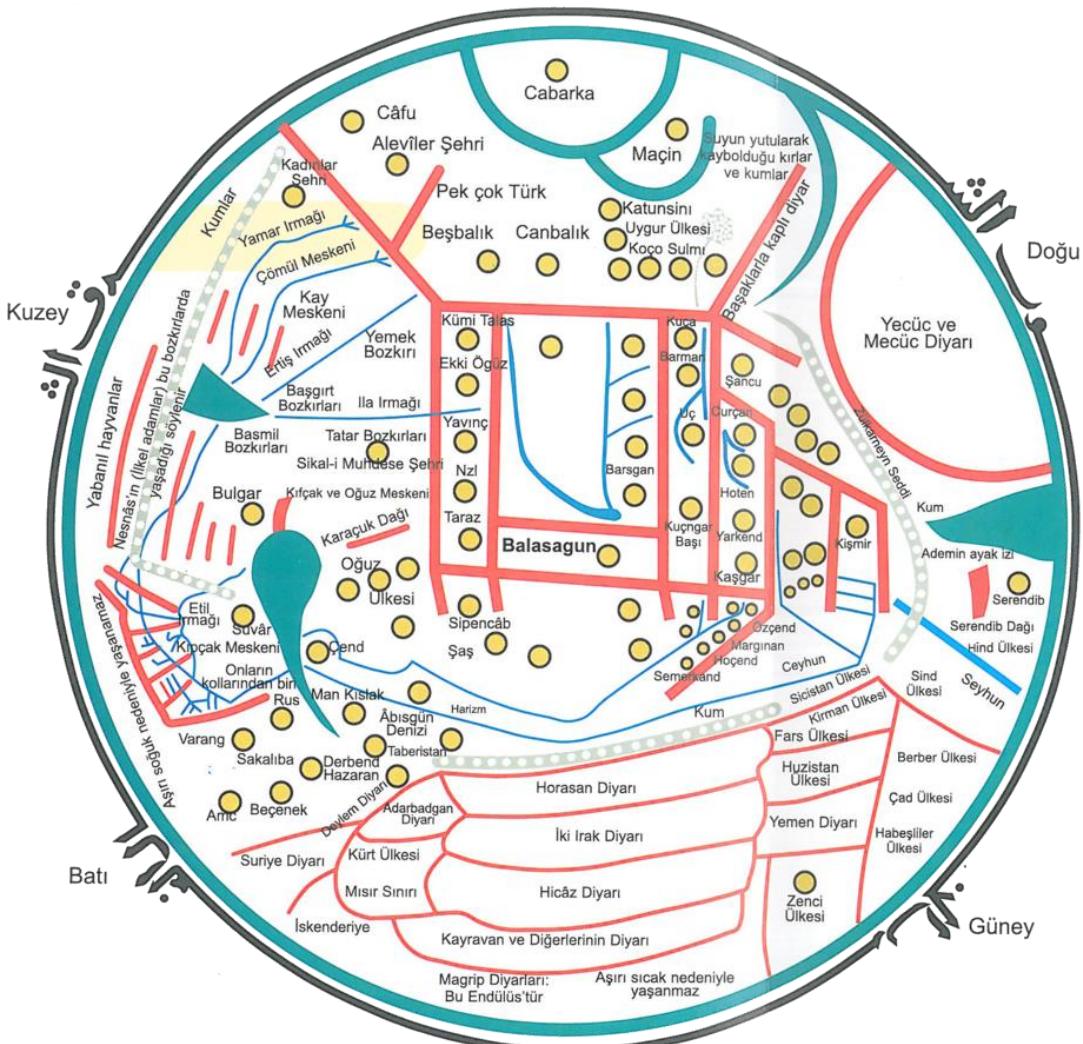


Рисунок 2 - Карта тюркского мира М. Аль-Кашгари в латинской транскрипции топонимов и этнонимов

В данной статье предлагается методика этимологического анализа имён картографических объектов (топонимов, этнотопонимов или этнонимов) и интеграции результатов в цифровые карты в виде специальных компактных таблиц размером 4*4. Следующая таблица представляет собой предполагаемый прототип такой таблицы.

Таблица 1. - Этимологическая таблица для интеграции в цифровую карту

Hypothetical Etymology			
xxxxx>yyyyy>zzzzz			
EO	LCP	CNLF	ETE
0.X	0.Y	0.Z	0.N

где EO (Etymon origin) – входной фактор таблицы, с помощью которого оценивается гипотетическая этимология имени картографического объекта на основе типа источника происхождения этимона. Под типом источника происхождения этимона имеются ввиду следующие слова: имя собственное, имя нарицательное, этноним, топоним, антропоним, титул, звание и другие термины [13];

LCP (Linguistic Changes Possibility) – входной фактор таблицы, с помощью которого оценивается гипотетическая этимология имени картографического объекта на основе

анализа количества лингвистических изменений в этимологической цепи от исходного этимона до конечного онима [8];

CNLF (Confirmed Nonlinguistic Fact) - входной фактор таблицы, с помощью которого оценивается гипотетическая этимология имени картографического объекта на основе наличия вне лингвистических, исторических, географических, эпиграфических, литературных или иных фактов, которые могут подтвердить гипотетическую этимологию онима [14];

ETE (Estimated True Etymology) – выходная величина таблицы – результат: интегральный коэффициент достоверности этимологии онима [6-7].

Обозначения 0.X, 0.Y, 0.Z и 0.N представляют числовые значения в диапазоне от 0 до 1 входных факторов и вычисляются с помощью специальных алгоритмов [8, 11, 12], которые по сути являются компонентами предлагаемой методики.

Ниже приводится краткое описание предлагаемой методики.

«Методика этимологического анализа имён картографических объектов и интеграции результатов в цифровую карту» включает следующие шаги:

1. Создание лингвистической базы данных (или предметных фактов) этимонов (ЛБД), которая содержит следующие типы слов: имена собственные, имена нарицательные, этнонимы, топонимы, антропонимы, титулы, звания и другие термины. Эти типы слов могут быть потенциальными источниками происхождения или этимонами для этимологизируемых ономов (т.е. топонимов, этнотопонимов или этнонимов в зависимости от тематики цифровой карты);

2. Создание лингвистической базы знаний (ЛБЗ), которая должна включать так называемые лингвистические правила на базе знаний экспертов – лингвистов, книг по лингвистике и других информационных источников. Следует отметить, что разработка ЛБЗ – очень трудоёмкий итерационный процесс сотрудничества инженера знаний и экспертов – лингвистов;

3. Использование механизма обратного логического (дедуктивного) вывода (ОЛВ) из фактов ЛБД и экспертных правил ЛБЗ с целью формирования гипотетической этимологии анализируемого онима;

4. На основе ЛБД, ЛБЗ и ОЛВ, формирование гипотетической этимологии для анализируемого онима;

5. Оценка гипотетической этимологии онима с помощью алгоритма EO;

6. Оценка гипотетической этимологии онима с помощью алгоритма LCP;

7. Поиск внелингвистической информации или мультидисциплинарных фактов CNLF подкрепляющих гипотетическую этимологию онима;

8. Оценка гипотетической этимологии онима с помощью алгоритма CNLF;

9. Создание нечёткой системы на основе трёх входных факторов: EO, LCP и CNLF и одного выхода – коэффициент ETE;

10. Результирующая оценка достоверности гипотетической этимологии онима (коэффициент ETE) на основе механизма нечёткого логического вывода из входных факторов EO, LCP и CNLF;

11. Интеграция в цифровую карту в виде специальной таблицы размером 4*4 промежуточных результатов оценки гипотетической этимологии онима (имени картографического объекта) по алгоритмам EO, LCP и CNLF и конечного интегрального результата достоверности гипотетической этимологии – коэффициента ETE.

Заключение. Создание цифровых топонимических, этнотопонимических и этнографических карт — междисциплинарная задача, объединяющая лингвистику, картографию, этнографию, историю, географию и информационные технологии. В работе предложена методика формализации этимологического анализа картографических объектов (топонимов, этнотопонимов и этнонимов) с учётом лингвистических и внеязыковых, мультидисциплинарных факторов.

С применением специальных алгоритмов EO, LCP, CNLF и интегрального коэффициента ETE, вычисляемого с помощью теории нечёткой логики, удаётся оценивать достоверность этимологий и визуализировать результаты в цифровой картографической среде.

Методика создаёт основу для карт нового типа с географической и культурно-этнологической информативностью, полезных для научного анализа, образования и гуманитарных исследований.

Дальнейшая реализация методики позволит автоматизировать топонимический и этнографический анализ и интегрировать результаты в современные ГИС-платформы.

Список литературы

1. Поспелов, Е. М. Топонимика и картография [Текст] / Е. М. Поспелов. — М.: Мысль, 1971. — 256 с.
2. Алексенко, Н. А., Беляев И. Н. Исследования по топонимике [Электронный ресурс] – Режим доступа:
<https://istina.msu.ru/media/publications/article/a52/1e2/5097157/AlexeenkoBelyaev.pdf> (дата обращения: 26.09.2025).
3. Никонов, В. А. Введение в топонимику [Текст] / В. А. Никонов. — М.: ЛКИ, 2011. — 184 с.
4. Никонов, В. А. Этнонимия [Текст] / В. А. Никонов // Этнонимы. — М.: Наука, 1970. — С. 5–32.
5. Абдуллаева, Г. Г. Конструкция батареи экспертных систем для установления этимологий этнонимов (на примере огузских этнонимов) [Текст] / Г. Г. Абдуллаева, И. А. Исмаилов // Transactions of Azerbaijan National Academy of Sciences. Series of Physical-Technical and Mathematical Sciences. Informatics and Control Problems. — 2016. — Т. XXXVI, № 3. — С. 123–130.
6. Ismayilov, I. A. Multidisciplinary expert system for etymologization of Oghuz ethnonyms // Proceedings of the 5th International Conference on Problems of Cybernetics and Informatics (PCI-2023), 28–30 August 2023, Baku, Azerbaijan.
7. Ismayilov, I. A. Developing a multidisciplinary expert system in ethnonymic // Lecture Notes in Networks and Systems. — 2024. — Vol. 1141. — P. 193–201.
8. Ismayilov, I. A. Assessing ethnonym etymologies: a novel method based on the number of applied expert rules // International Journal of Digital Humanities. — 2025. — DOI: 10.1007/s42803-025-00101-z.
9. Atalay, B. Divanü Lügat-it-Türk tercümesi. — Ankara: Türk Tarih Kurumu Basımevi, 1985.
10. Al-Kashgari's World Map [Электронный ресурс] – Режим доступа:
<https://www.myoldmaps.com/early-medieval-monographs/214-al-kashgaris-world-map/214-al-kashgari.pdf> (дата обращения: 26.09.2025).
11. Mahmud, Kaşgari. Divanü lügat-at-türk. Dörd cildde. Cild I / tərcümə edən və nəşrə hazırlayan Ramiz, Esker. — Bakı: Ozan, 2006. — 512 s.
12. Mahmud al-Kashgari map [Электронный ресурс] – Режим доступа:
https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Mahmud_alKashgari_map_%28T%C3%BCrk%C3%A7e%29.png (дата обращения: 26.09.2025).
13. Исмаилов, И. А. Вспомогательный метод оценки степени истинности этимологий огузских этнонимов списка М. Кашгари [Текст] / И. А. Исмаилов // XI Международная конференция по компьютерной обработке тюркских языков «TURKLANG 2023»: материалы конф., 20–22 октября 2023 г., Бухара, Узбекистан. — С. 122–131.
14. Ismayilov, I. A. Fuzzy-Sets-based Multidisciplinary Method for Assessing the Truthfulnesses of Ethnonyms' Etymologies Through Non-linguistic Factors // 2nd International Conference on Information Technologies and Their Applications (ITTA-2024): proceedings, 23–24 April 2024, Baku, Azerbaijan. Part 3.

Мустафазаде Наира Хансувар кызы

Улуттук аэрокосмостук агентство, Баку, Азербайжан Республикасы,
Национальное Аэрокосмическое Агентство, Баку, Азербайджанская Республика

Mustafazade Naira Hansuvar kyzы

National Aerospace Agency, Baku, Azerbaijan Republic
nm_609@mail.ru

**АВТОМАТИЗИРОВАНО-КАРТОГРАФИЧЕСКИЙ МЕТОД СОЗДАНИЯ
ГЕОПРОСТРАНСТВЕННОЙ БАЗЫ ДАННЫХ ДЛЯ МОНИТОРИНГА
АТМОСФЕРНОГО ЗАГРЯЗНЕНИЯ**

**АТМОСФЕРАЛЫК БУЛГАНУУНУ МОНИТОРИНГДӨӨ УЧУН
ГЕОМЕЙКИНДИК МААЛЫМАТ БАЗАСЫН ТҮЗҮҮНҮН
АВТОМАТТАШТЫРЫЛГАН-КАРТОГРАФИЯЛЫК ҮКМАСЫ**

**AUTOMATED CARTOGRAPHIC METHOD OF CREATING A GEOSPATIAL
DATABASE FOR MONITORING ATMOSPHERIC POLLUTION**

Макалада атмосферадагы булгоочу заттарды мониторингдөөнүн жыйынтыктарын сактоо үчүн түзүлгөн геомейкиндик маалыматтар базасынын түзүлүшү жана курамы баяндалат. Атмосферанын булганышы боюнча маалыматтарды алуу үчүн өлчөө приборлору жана атайын иштелип чыккан программалык камсыздоо колдонулуп, Баку шаарынын айлана-чөйрөсүнүн абасы боюнча маалыматтар алынган. Алынган жыйынтыктардын негизинде атмосферанын булганышын аныктоо, аларды сактоо жана булгануу көрсөткүчтөрү жогорулаган учурда алдын алуу чараларын көрүү максатында маалыматтар базасын түзүү боюнча милдеттер коюлган. Изилденген аймак боюнча булатсуз композиттик сүрөттөрдү айырмалоо үчүн жаңы система курулуп, белгилүү убакыттык жана мейкиндиктик чектерде маалыматтарды алуу камсыздалган. Айлана-чөйрөнүн булганышы боюнча жыйынтыктарды көрсөтүү үчүн MATLAB Mapping Toolbox чөйрөсүндө электрондук карта түзүлүп, геомейкиндик маалыматтары тууралуу керектүү маалыматтар берилген. Бул маалыматтар айлана-чөйрөнүн булганышы боюнча маалыматтарды жыйноо жана талдоо үчүн ийгиликтуу колдонулган. Ошондой эле, жер кыртышинын рельефин эске алуу менен маалыматтарды жыйноо боюнча биздин изилдөөгө шайкеш келген жаңы программалык комплекс иштелип чыгып, мониторинг маалыматтарын киргизүү жана сактоо ишенимдүү камсыздалган.

Түйүндүү сөздөр: атмосферанын булганышы, мониторинг, маалымат базасы, географиялык маалымат системасы, карта проекциясы, электрондук карта.

В статье описывается структура и состав геопространственной базы данных, созданной для сохранения результатов мониторинга загрязняющих веществ в атмосфере. Проведены исследования при помощи приборов измерения и созданной специальной программы обеспечения, где зафиксированы и получены данные атмосферного загрязнения окружающей среды города Баку. По результатам полученных значений были поставлены задачи по созданию базы данных определяющие загрязнения атмосферы с последующим их хранением и применением для предупреждения в случае увеличении параметров загрязнений. Построена новая система для различия безоблачных композитных изображений в исследуемом регионе, чтобы получить данные в строго заданных временных и пространственных границах. Создана электронная карта для демонстрации результатов в среде MATLAB Mapping Toolbox и даны необходимые сведения о геопространственных

данных, которые успешно применены для сбора и анализа данных о загрязнении окружающей среды. Разработан и применен новый программный комплекс совместимый для программы нашего исследования с учетом рельефа местности по сбору данных, и которая обеспечила ввод и сохранность данных мониторинга.

Ключевые слова: загрязнения атмосферы, мониторинг, база данных, геоинформационная система, картографическая проекция, электронная карта.

The article describes the structure and composition of a geospatial database created to store the results of monitoring pollutants in the atmosphere. Research was conducted using measuring instruments and a specially developed software program, where data on atmospheric pollution of the environment in the city of Baku were recorded and obtained. Based on the obtained values, tasks were set to create a database determining atmospheric pollution, with subsequent storage and use for warning in the event of an increase in pollution parameters. A new system was built to differentiate cloud-free composite images in a study region to obtain data within strictly defined temporal and spatial boundaries. An electronic map was created to demonstrate the results in the MATLAB Mapping Toolbox environment and the necessary information about the geospatial data was provided, which was successfully applied to the collection and analysis of environmental pollution data. A new software package was developed and implemented, compatible with our research program, taking into account the terrain for data collection, and which ensured the input and storage of monitoring data.

Key words: atmospheric pollution, monitoring, database, geographic information system, map projection, electronic map.

Введение. В настоящее время проблема охраны окружающей среды рассматривается в Азербайджане как один из вопросов государственной важности, о чем говорит проходящая с 11 по 22 ноября 2024 году в городе Баку конференция COP-29 (29-я Конференция Сторон (Conference of the Parties) Рамочной конвенции ООН об изменении климата). Поэтому данная тема на сегодняшний день является наиболее важной и одной из актуальной. Рассмотрим вопросы загрязнения окружающей среды с точки зрения научного исследования.

Как нам известно, основные загрязнители окружающей среды со временем накапливаются в атмосфере и в ней увеличивается содержание веществ, вредных для здоровья человека и других биологической видов, проживающих на планете Земля.

Цель исследования. Провести научное исследование атмосферного загрязнения города с применением специально разработанной системой программного обеспечения, которую создали в Азербайджанском Национальном Аэрокосмическом Агентстве в городе Баку.

Постановка задачи. Задача исследования состоит в том, чтобы выявить и сократить выбросы в атмосферу вредных продуктов химического или биологического содержания. Но те источники, которые по каким-то причинам все-таки будут являться основными загрязнителями окружающей среды и вредны для всех живых существ, то к ним требуется особый подход, где необходимо рассмотрение комплексных мер с целью снижения особо опасных выбросов в атмосферу, в воду, а именно проведения конкретных мер по мониторингу загрязнителей атмосферы и контроля за различными токсичными газами - выбросами органических соединений.

Решение задачи. Для решения подобных задач требуется сбор данных, полученных различными измерительными приборами и датчиками, которые составят основу создания соответствующей системы базы данных (БД) и которая позволит контролировать и анализировать изменения состава атмосферы. Такой подход для решения проблемы загрязнения окружающей среды может выявить уровень загрязнения и поможет определить пути развития основного направления в области охраны окружающей среды. Полученные в процессе решения проблем значения, с учетом современных требований окажут огромное влияние на формирование нового направления в защите окружающей среды, а именно

контроль за снижением выбросов токсических газов и вредных веществ в атмосферу, ведущие к снижению разложения токсических веществ на другие виды вредных для живых существ примесей газа и аэрозолей.

Материалы и методика, которая была применена для исследования данного явления состояла из анализа ранее имеемых исследований и полученных значений автора в настоящее время. Кроме этого, неоднократно проводимые автором мониторинги по контролю за состоянием атмосферного загрязнения, также анализировались, обсуждались и применялись при обработке данных. Для того чтобы сбор всей информации от всех источников имел упорядоченный контроль и не имел повторений, было предложено на основе научных исследований создать единый механизм контроля базу данных (БД). Такой подход увеличить показатель научных данных при исследовании, и даст возможность развиваться в нескольких направлениях, которые проявляются в разработке новых инструментов мониторинга состояния экологической обстановки и будут одним из ключевых методов контроля загрязнения атмосферы.

К таким инструментам мониторинга относятся:

- методы проведения мониторинга на определенной территории;
- наборы первичных датчиков концентраций загрязнителей атмосферы, а также основных метеорологических параметров окружающей среды;
- программы сбора, обработки, сохранения и визуализации данных;
- программы моделирования исследуемых процессов;
- программы прогнозирования на основе полученных моделей;
- программы публикации результатов мониторинга в виде электронных карт.

Объединяя воедино приборы, программы и методы получается подходящий программно-приборный комплекс для мониторинга и моделирования загрязнения атмосферы, как в отдельном районе, так и в крупном современном индустриальном городе.

Результаты исследования. Для исследования атмосферного загрязнения города Баку по данным измерительных приборов разработано программное обеспечение, с целью проведения мониторинга и анализа полученных результатов.

Предложенная БД состоят из таблиц, столбцы которых соответствуют характеристикам предметов и называются полями, а строки соответствуют значениям характеристик и называются записями. Работа с БД осуществляется с помощью систем управления базами данных (СУБД).

Отдельная таблица содержит значения характеристик предметов одного класса или вида. СУБД состоит из программных и языковых средств и обеспечивает создание БД, ее поддержку (поиск, сортировку, добавление и исправление таблиц, создание новых таблиц, привязку их к пространственной БД), а также выполнение запросов пользователей с помощью структурного языка SQL.

При построении географических приложений заранее определены следующие требования к БД:

- установление многосторонних связей;
- производительность;
- целостность базы данных (требование полноты и непротиворечивости данных);
- многократное использование данных;
- быстрый поиск и получение информации по запросам пользователей;
- простота обновления данных (добавления, удаления и изменения данных);
- уменьшение излишней избыточности данных;
- защита данных от несанкционированного доступа, от искажения и уничтожения.

Производительность зависит от размещения БД, количества процессоров и дисков и их быстродействия, от объема оперативного запоминающего устройства, операционной системы, использования технологии RAID, языка программирования, от ряда других параметров [1, с.100-108; 2, с.209-211]. Для оценки производительности использована такая

характеристика, как время отклика – это промежуток времени от момента запроса к БД и фактическим получением данных. Для построения БД использованы данные о вкладе основных источников выбросов в Азербайджане с 1990 по 2000 годы, взятых из сайта ourworldindata.org [9] (рис.1)

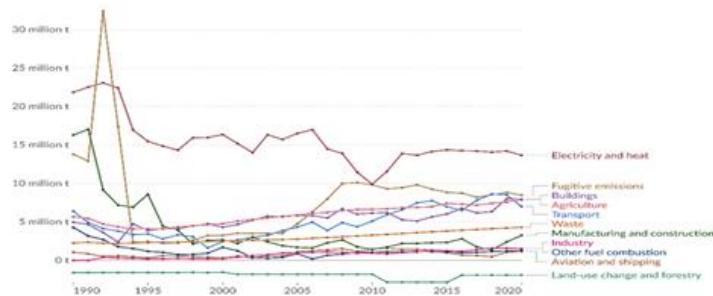


Рисунок 1 - Вклад основных источников выбросов парниковых газов в Азербайджане с 1990-го по 2020-й годы

Рассмотренные задачи создания БД загрязнения атмосферы и ее особенности накладывали свои требования на систему хранения данных, и требовало, чтобы полученные данные были сняты и предоставлены вовремя с конкретно исследуемых регионах с точно-указанными границами и временем. Здесь важна оперативность и точность данных зафиксированными приборами. Применение СУБД позволило поддержать операции с данными, включая ввод, хранение, манипулирование, обработку запросов, поиск, выборку, сортировку, обновление, сохранение целостности и защиту данных от несанкционированного доступа или потери.

В таблице 1 приведены сравнительные характеристики нескольких распространенных БД. В 1-м столбце указано количество строк в выборке данных, в других – время отклика различных БД в мкс. В таблице 2 приводятся некоторые другие важные параметры двух наиболее распространенных БД.

Таблица 1 - Сравнение времени отклика различных БД (в мкс)

	Oracle	PostgreSQL	H2	MyISAM	MariaDB	InnoDB
100 строк	499,8	435,4	124,0	387,6	487,7	545,8
1000 строк	559,9	714,5	708,5	1441,8	2634,0	2611,1
10000 строк	8842,6	4236,9	9433,7	10359,9	26056,6	25008,6

Таблица 2 - Сравнительные параметры некоторых БД

Параметры	MySQL	PostgreSQL
Основная модель хранения данных	Реляционная база данных	Реляционная база данных
Язык реализации	C; C++	C
Поддерживаемые операционные системы сервера	FreeBSD, Linux, Solaris, OS X, Windows	FreeBSD, Linux, Solaris, OS X, Windows, NetBSD, OpenBSD, HP-UX, Unix
Поддержка XML	Да	Да
SQL	Да	Да

Поддерживаемые языки программирования	Ada, C, C#, C++, D, Delphi, Eiffel, Erlang, Haskell, Java, JavaScript (Node.js), Objective-C, OCaml, Perl, PHP, Python, Ruby, Scheme, Tcl	Net, C, C++, Delphi, Java, Perl, PHP, Python, Tcl
Язык написания скриптов на стороне сервера	Да	Функции, определенные пользователем

База геологических данных (БГД) представлял собой набор географических данных различных типов, хранящихся в общей папке файловой системы [1, с.100-108]. БГД как составляющей геоинформационной системы (ГИС), существуют варианты, при которых она является независимой информационной системой. При этом БГД также может соединяться с ГИС или любой информационной системой (ИС). Базы БГД в зависимости от метода соединения с ГИС могут быть внутренними, то есть являться подсистемой информационной системы (включая ГИС), либо автономными или внешними.

В первом случае БГД имел собственное программное обеспечение (СУБД плюс прикладное обеспечение) и рассматривался как независимая информационная система. Поскольку за исключением ГИС любая информационная система имеет ограничения по объему хранимых данных и возможностям их обработки и информационная емкость базы данных ГИС ограничена по объему и функциям, возникала необходимость подсоединения к внешней базе данных.

Поэтому для организации многофункциональной информационно-аналитической системы на базе геоинформационной системы организованы различные варианты соединения ГИС с базами данных или с внешними информационными системами, осуществляющими аналитическую обработку. Во втором варианте база данных являлся внешней по отношению к ГИС.

Для сохранения результатов мониторинга в качестве БД была использована разработанная компанией Microsoft программа Access. На рис. 2 приведены основные таблицы созданной БД вместе со схемой связей между ними [2, с.209-211].

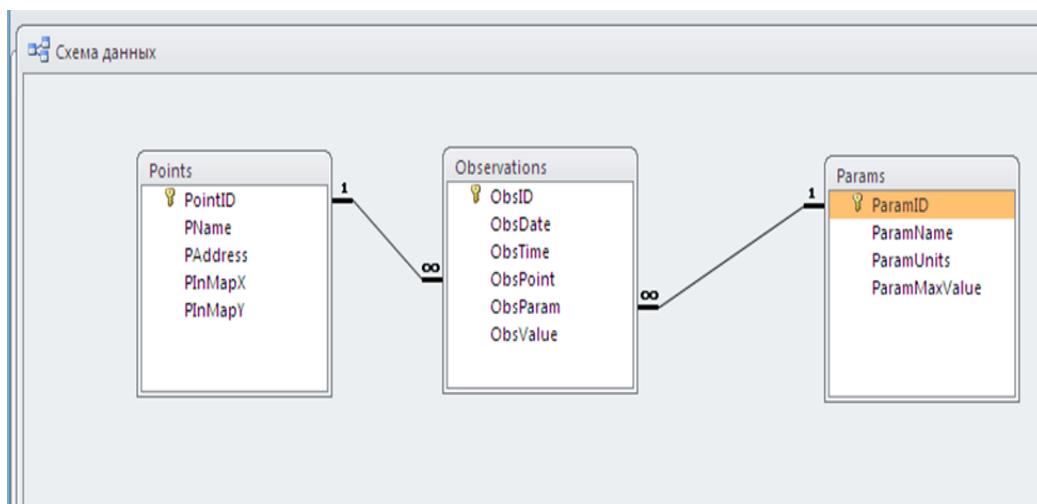


Рисунок 2 - Схема базы данных системы мониторинга

Для работы с БД атмосферного загрязнения на языке MATLAB было создано специальное приложение.

Полученные во время мониторинга данные по своему характеру являлись геопространственными данными, так как каждое измерение сопровождалось координатами того места, где было сделано это измерение. Геопространственные данные, представленные

в координатно-временной системе и цифровые данные включали сведения о пространственных объектах, об их местоположении в цифровом виде.

Пространственные данные состоялись из двух взаимосвязанных частей: позиционной и непозиционной, т.е. описания пространственного положения и тематического содержания данных (тополого-геометрических и атрибутивных данных). Полное описание пространственных данных складывались из взаимосвязанных описаний топологии, геометрии и атрибутики объектов. Таким образом, пространственные данные вместе с их семантическим окружением составляли основу информационного обеспечения ГИС.

Здесь ГИС, которая содержит данные о пространственных объектах в форме их цифровых представлений, также включает соответствующий задачам набор функциональных возможностей, в которых реализуются операции геоинформационных технологий [3, с.177].

Системы координат позволили использовать географические данные общей локализации для их интеграции, а также для локализации географических объектов, изображений и точек наблюдений, таких, как GPS-позиции на общегеографической сетке. Географическая система координат создала основу для расположения объектов реальной сцены. В ГИС системы координат использованы как метод автоматической интеграции географического положения из разных наборов данных в общую координатную сеть для отображения и анализа.

К основным свойствам электронной карты относились выбранная картографическая проекция, заданные пределы карты по широте и долготе, дополнительные атрибуты карты, такие как масштаб карты.

Для создания электронной карты мониторинга атмосферного загрязнения в качестве основы использована электронная карта Апшеронского полуострова, разработанная в Национальном Аэрокосмическом Агентстве, а затем дополнена тематическими слоями распределения в атмосфере различных загрязняющих веществ [3,4].

Для анализа и визуализации данных с поддержкой матричных операций, а также с богатыми графическими возможностями карта Апшеронского полуострова была создана с помощью программы *MATLAB* и библиотеки функций *Mapping Toolbox* [5, с.118-127; 6, с. 57-63]. Использование *MATLAB* обусловлено наличием множества специализированных функций, объединенных в наборы инструментов для различных областей науки. Библиотека специализированных функций для работы с геоданными и картографирования *Mapping Toolbox* обеспечивал обработку геопространственных данных, представленных в различных форматах. Таким образом функций библиотеки *Mapping Toolbox* позволило провести операции интерполяции, преобразование координат, обрезка и была реализована электронная карта атмосферного загрязнения города Баку, с целью создания БД. Выбор мест проведения мониторинга атмосферного загрязнения во многом зависело от рельефа местности.

Для экспериментальной апробации предложенной методики использован разработанный программно-измерительный комплекс для “*Interfeys*”, с целью мониторинга и моделирования атмосферного загрязнения. Установленные на машине датчики образовали мобильную измерительную лабораторию и по заранее определенному маршруту проводились измерения загрязнений атмосферы и метеорологических параметров.

Программная часть данного комплекса состоял из трех программ: программы ввода данных, программы моделирования и прогнозирования, и программы представления результатов в виде электронной карты. Данные для исследования предоставлялись с помощью набора первичных датчиков. Полученные данные вводились с помощью разработанной нами программы “*Interfeys*” [8, с.32-35], что обеспечивал ввод, визуализацию и сохранение данных на жестком диске компьютера. Ввод данных осуществлялись с помощью контроллера E14-140 производства фирмы “L-Card” (Россия). В процессе ввода до 4-х входных сигналов отобразились на экране монитора, и таким образом, контролировались ход процесса измерения. Данные сохранялись на жестком диске компьютера, с целью дальнейшей обработки. Одновременно сохранялись файлы, содержащие статусную

информацию, в том числе координаты и время измерения. Записанные данные с помощью утилит конвертации преобразовались в форматы файлов, используемые в таких программах, как Excel, MATLAB или в формате баз данных Microsoft Access [8, с.32-35].

В связи с этим в первую очередь была построена цифровая модель рельефа Апшеронского полуострова и создание БД требовал производить следующие операции [7, с.318-325; 8, с.106].

- быстрое получение информации о морфометрических показателях;
- генерация горизонталей;
- анализ поверхностного стока;
- генерация сети тальвегов;
- расчёт объёмов;
- расчёт площадей поверхности;
- расчёт уровней и площадей;
- создание видеоизображения «пролёта» по заданному маршруту;
- анализ зон видимости с заданной точки или точек обзора и построение соответствующих карт или трёхмерных моделей;
- трансформация исходной модели путём добавления новых данных.

На рис. 3 показана гипсометрическая карта района мониторинга вместе с цветовой шкалой высот и указанием пунктов мониторинга, где в шкале использованы значения высот через 50 м.

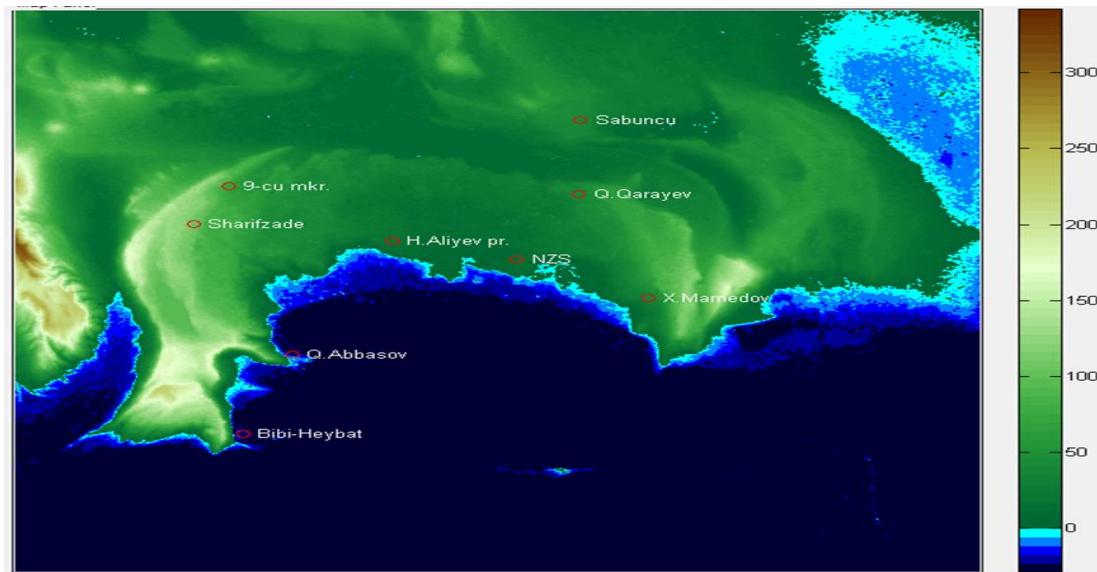


Рисунок 3 - Карта рельефа (гипсометрическая карта) области мониторинга

Для создания карты рельефа Апшеронского полуострова необходимо было скачать 2 файла: n40_e049_1arc_v3.dt2 и n40_e050_1arc_v3.dt2. После скачивания данные прошли обработку и из dt2 файлов, введены в рабочее пространство программы, затем определены максимальное и минимальное значения высот. Минимальное значение равно уровню Каспийского моря относительно Мирового океана, то есть, - 29 м, а максимальное значение в целях наглядности карты было ограничено на уровне 1500 м.

В качестве объекта мониторинга атмосферного загрязнения выбрана центральная часть города Баку, и значения концентрации в атмосфере города некоторых загрязняющих ее веществ. На следующем этапе определен состав приборной части программно-измерительного комплекса для мониторинга, затем – места проведения измерений.

Мобильная измерительная лаборатория позволила собрать данные о концентрации некоторых токсичных и взрывоопасных газов, в том числе в виде аэрозолей, о радиационной

обстановке в месте проведения съемки, о других метеорологических параметрах (влажность и температура воздуха, направление и скорость ветра и др.) [3, с.218-222; 10, с.36-38].

Данные измерений вводились в компьютер с помощью специального программного обеспечения и сопровождены навигационной информацией, что позволило регистрировать время и место проведения измерительных экспериментов. Состав приборного комплекса несколько раз изменялся: некоторые приборы выходили из строя, комплекс дополнялся другими устройствами. В некоторых случаях это приводило к несовместимости с существующей программой. Было принято решение самим разработать подходящее программное обеспечение для ввода и сохранения данных мониторинга [11; 12].

В состав лаборатории входили следующие измерительные приборы:

- мультигазоанализатор MX6 iBrid, который контролировал до 6 различных токсичных и взрывоопасных газов;
- датчик влажности и температуры ИВТМ-7К измерял влажность в диапазоне 0 ÷ 99%, и температуру от -20° до +60° С [13; 14, с.432-436].
- пробоотборный зонд ПЗ БП «Атмосфера» измерял концентрацию загрязняющих веществ в аэрозольном состоянии;
- газоанализатор непрерывного определения метана ГНОМ-1 предназначен для оперативного контроля содержания довзрывоопасных концентраций метана в атмосфере;
- дозиметр-радиометр МКС-АЕ1125 контролировал радиационную обстановку;
- анализатор шума и вибрации «Ассистент» измерял и анализировал инфразвук, звук, ультразвук, общую и локальную вибрации;
- радиометр аэрозолей РАА-10 предназначен для экспрессных измерений эквивалентной равновесной объемной активности (ЭРОА) радона (Rn) и ЭРОА торона (Tn).

Газоанализатор MX-6 iBrid контролировал до 6 различных токсичных и взрывоопасных газов (O₂, H₂S, CO, CO₂ и т.д.).

Программа “Interfeys” обеспечивал подключение до 32 аналоговых и цифровых каналов. Ввод данных осуществлялся с помощью контроллера Е14-140 производства компании “L-Card” (Россия). Контроллер подключился к компьютеру через USB порт. Вводимые данные демонстрировались на экране монитора в одной или нескольких его областях (выупортах). Данные сохранялись в файлах с расширением .dat. Также предусмотрено конвертирование файлов с данными в форматы программ Excel и MATLAB. Имелись возможности непосредственного экспорта в базу данных Microsoft Access [7, с.114-117].

Особенностью программы являлся то, что она работала в двух режимах: в режиме конструктора и в режиме измерения. В режиме конструктора пользователь имеет возможность осуществить калибровку измерительных каналов, задать их число и параметры измерения, такие, как частоту дискретизации и коэффициент усиления, название программы и название файла для сохранения данных, указать число и расположение выупортов на экране, определить другие параметры, и таким образом изменить дизайн интерфейса программы. Внесенные изменения сохраняются в файле с настройками программы для повторного использования, а также создается шаблон настроек.

В режиме конструктора в левой части экрана находился панель каналов, где пользователь выбирает нужные каналы и устанавливает их параметры. В правой части пользователь задает необходимые режимы работы программы в измерительном режиме, число выупортов для визуализации измеряемых сигналов, частоту АЦП, время измерения, имя файла с данными измерения и другие параметры ввода [3, с.218-223].

В режиме измерения программа осуществляла вывод измеряемых сигналов в одном, двух или четырех выупортах. Одним из преимуществ данной программы является то, что все выупорты абсолютно независимы друг от друга и имеют возможность оперативного управления ими непосредственно в процессе измерения. Также имелись возможность отображения в одном выупорте сигналов от нескольких различных измерительных каналов.

Программа написана на языке объектно-ориентированного программирования С++.

Заключение. Таким образом, преставленная ЦМР является компьютерной базой данных, где могут храниться и использоваться данные не только о высоте, но и о крутизне и экспозициях склонов, а также о распределение загрязняющих веществ в атмосфере. Определен набор приборов, входящих в состав мобильной измерительной лаборатории для проведения измерительных экспериментов на местности. Показаны функциональные возможности используемых приборов и разработана программа для ввода, визуализации и сохранения данных, имеющая перестраиваемый графический интерфейс пользователя.

Показаны координаты пунктов мониторинга, в которых проводились измерительные эксперименты, приведены результаты наблюдений. По результатам исследования построена электронная карта загрязнения региона, где описана структура базы данных мониторинга и предложена новая схема исследования с учетом заданных координат. Данные исследование позволили проложить путь к дальнейшим глубоким исследованиям имея накопленный опыт и сохраненную базу данных. На этом исследования не прекратились, а наоборот расширяются и будут описаны новые достижения в дальнейших научных работах.

Список литературы

1. Матчин, В. Т. Базы геоданных [Текст] / В. Т. Матчин // Образовательные ресурсы и технологии. – 2017. – № 3(20). – С. 100–108.
2. Мустафазаде, Н. Х. Создание базы данных для мониторинга атмосферного загрязнения [Текст] / Н. Х. Мустафазаде, Г. Е. Садыгов // Материалы Республиканской научно-технической конференции студентов и молодых исследователей «Молодежь и научные инновации», посвященной 93-летию Общенационального лидера азербайджанского народа Гейдара Алиева. – Баку: Азербайджанский технический университет, 2016. – С. 209–211.
3. Кулузаде, Р. К. Создание многослойной электронной карты Апшеронского полуострова при помощи программы QGIS и MATLAB Mapping Toolbox [Текст] / Р. К. Кулузаде, А. Н. Мехралиева, Р. Р. Ширинов, М. А.Абдуллаева // Материалы II Республиканской научно-технической конференции «Подготовка специалистов в области оборонной промышленности и роботы», посвященной 100-летию Общенационального лидера Гейдара Алиева. – Баку: Азербайджанский технический университет, 2023. – С. 218–222.
4. Хромых, В. В. Цифровые модели рельефа [Текст] / В. В. Хромых, О. В. Хромых. – Томск, 2007. – 177 с.
5. Сулейманов, Т. И. Создание электронной карты для мониторинга атмосферного загрязнения города Баку [Текст] / Т. И. Сулейманов, Н. Х. Мустафазаде // Научные труды Национальной авиационной академии. – Баку, 2016. – № 2. – С. 118–127.
6. Мустафазаде, Н. Х. Мониторинг и моделирование атмосферных загрязнений города Баку [Текст] / Н. Х. Мустафазаде // Научные труды Азербайджанского технического университета. – Баку, 2015. – Т. 1, № 4. – С. 175–181.
7. Рудой, Е. М. Применение программы «Interfeys» для мониторинга атмосферных загрязнений [Текст] / Е. М. Рудой, М. М. Гаджиев, Н. Х. Мустафазаде // Measuring and Computing Devices in Technological Processes. – Хмельницкий, 2015. – № 3(52). – С. 114–117.
8. Гулузаде, Р. К. Программа ввода данных с настраиваемым интерфейсом [Текст] / Р. К. Гулузаде, М. А.Абдуллаева, И. Г. Захаров, Н. Х. Мустафазаде // Известия АНАКА. – 2014. – Т. 17, № 1(17). – С. 32–35.
9. Каргашин, П. Е. Основы цифровой картографии [Текст] / П. Е. Каргашин. – М.: Издательско-торговая корпорация «Дашков и К°», 2019. – 106 с.
10. Мустафазаде, Н. Х. Построение карты качества атмосферного воздуха города Баку [Текст] / Н. Х. Мустафазаде // Ученые записки Крымского федерального университета им. В. И. Вернадского. География. Геология. – 2020. – Т. 6(72), № 2. – С. 318–325.

11. Влияние метеорологических параметров на состояние загрязнения воздушного бассейна [Электронный ресурс] – Режим доступа: <http://ecology-education.ru/index.php?action=full&id=14>
12. Our World in Data [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://ourworldindata.org>
13. Портативный термогигрометр ИВТМ-7К [Электронный ресурс] – Режим доступа: <http://www.tehno.com/product.phtml?uid=B00120031585>
14. Звягинцева, А. В. Влияние метеорологических условий на загрязнение атмосферы промышленными выбросами [Текст] / А. В. Звягинцева, О. А. Пригородова // Пожарная безопасность: проблемы и перспективы. – 2017. – № 8. – С. 432–436.

Д.А.Несипбаев¹, К.З.Курманалиев², О.Ш.Шамшиев¹

¹И. Рazzаков атындагы КМТУ, ²«Геолэкспертпроект» ЖЧКсы

Бишкек Кыргыз Республикасы

¹КГТУ им. И. Рazzакова, ²ОcOO «Геолэкспертпроект»

Бишкек, Кыргызская Республика

D.A.Nesipbaev¹, K.Z.Kurmanaliev², O.Sh.Shamshiev¹

¹I.Razzakov KSTU, ²LLC "Geolekspertproekt"

Bishkek, Kyrgyz Republic

ddd.78@bk.ru grfgeology@gmail.com

ТИПИЗАЦИЯ РУДЫ ДИСКРЕТНЫХ ПОДСИСТЕМ, ПАРАМЕТРЫ, МЕТОДЫ ОЦЕНКИ И ИЗВЛЕЧЕНИЯ КОНЦЕНТРАЦИОННОГО ТИПА РУДЫ

РУДАНЫН ДИСКРЕТТИК ИЧКИ ТУТУМДАРЫНЫН ТИПТЕШТИРИЛИШИ, ПАРАМЕТРЛЕРИ, БАА БЕРҮҮ ЖАНА КОНЦЕНТРАЦИЯЛЫК ТИПТЕГИ РУДАНЫ АЛУУ ҮКМАЛАРЫ

TYPIFICATION OF ORE OF DISCRETE SUBSYSTEMS, PARAMETERS, METHODS OF EVALUATION AND EXTRACTION OF CONCENTRATION TYPE OF ORE

Макаланын темасынын актуалдуулугу - жогорку сапаттагы рудасы бар устүңкү катмардагы кендердин түгөнүшүнө байланыштуу, жасыр рудаларды иштетүүгө тартуу учун алардын изилдөө жана баалоо үкмаларын иштеп чыгуу маселеси курч коюлууда. Бул маселе руданын «тынымызыз» пайда болуп жыйналып жана бөлүштүрүлүшүнө карама-карши коюлган «дискреттик» пайда болуп жыйналып жана бөлүштүрүлүшүү парадигмасына негизделет.

Макаланын максаты - геологиялык чалгиндоо тармактарынын өлчөмдүүлүгүнө ылайык, дискреттик ички тутумдар боюнча орудененүү параметрлеринин туруктуулук көрсөткүчтөрүн өлчөө жана негиздөө.

Түйүндүү сөздөр: дискреттүүлүк, мозаикалуулук, блоктук орудененүү, чалгиндоо жана запастарды баалоо методикасы.

Актуальность темы - вследствие исчерпания приповерхностных месторождений с богатыми рудами назрела проблема разработки методик разведки и оценки бедных руд для вовлечения в эксплуатацию месторождений бедных руд на основе парадигмы «дискретного» оруденения против «непрерывного».

Цель - измерение и обоснование устойчивости показателей параметров оруденения по дискретным подсистемам размерности разведочных сетей.

Ключевые слова: дискретность, мозаичность; блочность оруденения; методика разведки и оценки запасов.

Relevance. Due to the depletion of near-surface deposits with rich ores, the problem of developing methods for exploration and evaluation of poor ores has arisen for the involvement of

poor ore deposits in exploitation based on the paradigm of "discrete" mineralization versus "continuous".

Objective. Measurement and justification of the stability of mineralization parameter indicators for discrete subsystems of exploration network dimensions.

Key words: *discreteness, mosaicity; mineralization block mineralization; exploration methods and reserves assessment.*

Введение. Действующие подходы разведки и оценки руд опираются на парадигму «сплошного» типа распространения компонента в руде. Подход на основе дискретного типа оруденения основывается на фрактальной и блочной закономерности. Определены характеристики блочной организации оруденения с мозаичной структурой, распределением и расположением: блоков ядра оруденения; периферийного оруднения и безрудных блоков в едином контуре. При этом возникают новые подходы к оруденению с концентрацией в ядре, сложным чередованием рудных и безрудных блоков в периферии оруденения и безрудные межконтурные блоки. Изучение возможности методики разведки и оценки концентрации руды на основе мозаичности и потенциала исключения безрудных блоков из контура оценки. Позволяет оперировать концентрацией полезного компонента в малых объемах руды с повышенными содержаниями. Как тема исследований для поиска новых подходов к разведке, оценке месторождений и обоснования геотехнологических и технологических инноваций для экономики дискретных подсистем. В первую очередь подобные методики и обоснования весьма актуальны для месторождений сложных и бедных руд.

Литературный обзор. Теория открытых самоорганизующихся систем- не линейная геодинамика и синергетика связаны с исследованиями: И. Пригожина , С.П. Курдюмова , Г. Хакена , А.А. Самарского , Г.Г. Малинецкого , Б. Мандельбрата; блочно-иерархическое строение руд изучались М.А. Садовским, В.В. Пиотровским, В.И.Уламов, С.В.Гольдин, Г.Г.Кочерян, П.В. Макаров, В.Н.Родионов и др. Фрактальность оруденения посвящены работы П.М. Горяинова, А.М. Павлова, В.И.Снеткова, Turcotte D.L., В.А. Филонюка и многих других[6-28]

Цель: типизация руд мозаичной блочной организации оруденения для целей геологоразведочных работ и оценки запасов. Методики разведки и оценки руд на основе блочной организации оруденения. В первую очередь для бедных сложных золоторудных месторождений.

Материалы для исследования: принята модель разведки по штокверковому телу с параметрами: L₁- по простирианию 220м;L₂ -по мощности до 80м; L₃- по падению, на глубину разведочных скважин 80-120м. Блок штокверка разведен с единого горизонта 3600м буровыми скважинами по сети 20 x 20м x 60-120м, опробованы по керну секциями в 1 м Всего 66 скважин, более 6000 керновых проб.

Методика: по измеренным размерностям мозаичных блоков разведочной модели, по дискретным подсистемам, на основе устойчивых и выдержаных средних содержаний золота по блокам и дискретным подсистемам произведена оценка и сравнение запасов руды и золота.

Результаты, гипотеза и научная новизна. Установлены устойчивые параметры оруденения по средним содержаниям и запасам руды и золота мозаичных блоков дискретных подсистем (ядро оруденения, периферия оруденения и безрудные блоки). Выделены концентрационный тип балансовых, эксплуатационных и товарных промышленных руд, формируемых мозаичным типом блочной организации оруденения. Сравнительные параметры оруднения по мозаичным блокам и дискретным подсистемам демонстрируют выдержаные характеристики запасов руды и золота. Выдвинута гипотеза о надежности и достоверности методики разведки и оценки запасов на основе изучения мозаичности дискретных подсистем блочной организации оруденения штокверкового золотокварцевого месторождения Джеруй(Кыргызская Республика). Результат работ позволяют сформировать концепцию методики разведки блочной природы оруденения и оценки запасов от

дискретных подсистем к системе. Сформулирована концепция концентрационного типа балансовых, эксплуатационных и товарных типов руд.

Объект исследования. Золоторудное месторождение Джеруй (Кыргызстан) по промышленному типу оруденения относится к штокверковым залежам, детальной горно-буровым методом разведки(шесть штольневых горизонтов и более 40тыс.пог. м бурения, по разведочной сети 40 x 40м оконтурены семь штокверковых тел). Рудные(средний-нижний карбон C₂₋₃) золотокварцевые тела морфологически выделяются в виде перевёрнутых конусов, распространенные в позднерифейских кварцевых диоритах, гранодиоритах.

Основной разрывной структурой месторождения является Ичкелитау-Сусамырский региональный парный разлом(ИСР), северный шов которого представляется южной границей интенсивного золотокварцевого оруденения[3]. Рудные узел и месторождение имеет тесную пространственную связь и обусловлена локальной купольной структурой Чичкано-Колбинского батолита[2].

В непосредственной близости от месторождения Северо-Ичкелитауский разлом, важнейшая глубинная структура района с древним заложением и длительной историей развития(до четвертичного времени) меняет направление с СЗ на субширотное, делая при этом значительный изгиб, рис.1.

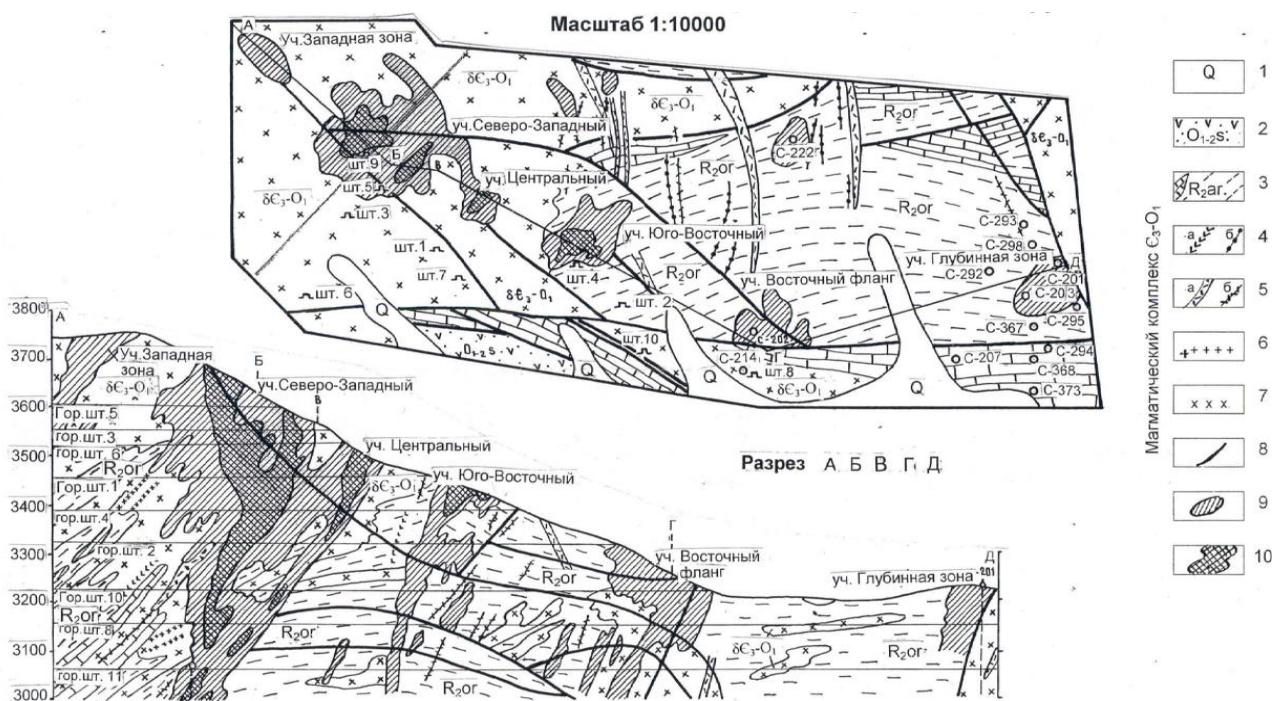


Рисунок 1 - Геологическая схема месторождения Джеруй, масштаб 1:10000 [2].

Условные обозначения: 1. Четвертичные отложения; 2. Туфы андезитовых порфиров(O₁₋₂); 3. Доломиты, кварцево-слюдистые сланцы, песчаники(R); Магматический комплекс(C₃-O₁); 4. Дайки диабазовых порфиритов(а), спессартитов(б); 5. Дайки кварцевых порфиритов(а) и плагиопорфиров(б); 6. Жилы аплитов; 7. Кварцевые диориты; Рудные тела: 9. с содержанием Au свыше 1г\т; 10.- Рудные тела с содержанием Au свыше 2г\т.

В предрудный этап поблизости от этого изгиба, возникла тектоническая обстановка, благоприятная для формирования суб- параллельных разлому отслоений в вид цепочек извилистых трещин отрыва, которые в сочетании с оперяющими трещинами северо-западного(С3), субмеридионального(СМ) и северо-восточного(СВ) направлений образовали ослабленную зону, впоследствии локализовавшую оруденение и предопределившую строение рудной зоны в целом, морфологию отдельных рудных тел. На формирование наиболее сложных по очертаниям ослабленных участков зоны, проявившихся позже, как

рудные тела, помимо общей деформации изгиба, оказало влияние много сопутствующих факторов, такие как местные напряжения вдоль крупных меридиональных разрывов, заполненных дайками, разная упругость горных пород и т.д.,

С дугообразностью связываются возникновение геотехнических условий растяжения: «структуры растяжения в плане часто имеют дугообразные очертания» [4]. « В теоретически наиболее полном варианте, отделение блока от основного массива и его движение к стороне с пониженным сопротивлением аккомодируется образованием округло- сферической или цилиндрической поверхности, вдоль которой напряжения будут распределяться в соответствии с правилом Дж.Андерсона относительно кинематики разно ориентированных сколов, в плане эта округлая поверхность будет выглядеть дугой, в вершине которой концентрируется растяжение, а на флангах возможно и образование сдвигов...»[4].

По вещественному составу руды месторождения Джеруй относятся к единому промышленному типу - кварц–золоторудному убого сульфидному. Количество сульфидов не превышает 1 %. По геологическим данным рудные тела представлены кварцевыми жилами, прожилками в измененных вмещающих гранодиорита. Основной рудный компонент – золото - распределен в рудном кварце в виде мельчайшей вкрапленности. Поэтому содержание металла в рудах, как правило, прямо пропорционально степени окварцевания. В центральных сильно окварцованных участках рудных тел и в кварцевых ядрах содержание золота обычно колеблется от 5 до 30 г/т, очень редко достигая 50-100 г/т. В слабо окваркованных периферийных участках рудных тел оно снижается до 1-5 г/т, а сами рудные тела окружены широким ореолом слабого окварцевания с содержанием золота до 1 г/т[3].

Результаты исследований. При традиционном подходе «сплошного» типа оруденения в контрах оценки запасов объединяются блоки интенсивного оруденения, переходного оруденения и безрудные блоки(трактуемые как пережимы). При этом, безусловном порядке руды в недрах разделяются безрудными интервалами.

Для обоснования методов разведки и оценки ресурсов на основе блочной мозаичной организации оруденения развития оруденения по закономерности дискретных подсистем выделяются следующие элементы мозаичности и критерии.

Мозаичность дискретных подсистем. Блочная организация оруденения месторождения Джеруй определяется мозаичностью распределения и расположения рудных и безрудных блоков, первый из которых формируется из блоков ядра оруденения и переходных зон- блоков периферийного оруденения.

Ядро оруденения, блоки с интенсивным и высоко продуктивным оруденением. Определяется как геотехнически обусловленная зона с интенсивной трещиноватостью. По характеру трещиноватости сплошная зона тектонического нарушения. Которая является рудо локализующей и рудоконтролирующей зоной. С развитием аномальной зоны рудоотложения. Дискретность выделяется на иерархических уровнях от системы блока месторождения с развитием подсистем штокверковых. Зоны и блоки интенсивного оруденения выделяются в подсистемах штокверков как кварцевое ядро, ядро с высококонтрастным и не прерывным оруденением.

Для целей определения характеристик ядра оруденения в рамках разведочной модели по профилям, моделям разведочных сетей и скважин ядро оруденения выделено по критериям: 1. Непрерывности оруденения с коэффициентом рудоносности >0.83 ; 2. По выдержаным средним содержаниям золота на интервал свыше 4-5г/т; 3. По интервалу интенсивного оруденения по падению свыше 8-10м.

Периферия оруденения, блоки переходного оруденения. Переходное оруденение геотехнически сформированы в зонах перехода интенсивной трещиноватости от ядра к вмещающим породам. Характеризуются меньшей степенью трещиноватости и соответственно уровня оруденения. Основная закономерность блоков периферийного оруденения — это собственная мозаичность по распределению и расположению- чередованию мелких блоков оруденения и безрудных блоков. Критерии выделения: 1.

Коэффициент рудоносности менее 0,8-0,6(отдельные мелкие блоки с коэффициентом рудоносности, определяемой как \sum рудные / \sum Нобщее (Круд) в 1,0; 2. Среднее содержание совокупности рудных и безрудных интервалов < 2-3 г/т;

Безрудные блоки. Геотехнически определяются зонами, блоками весьма низкой трещиноватости или без таковых, соответственно низкой степенью оруденения, включая окварцованные и рудное вещество. Занимают позицию межконтурных блоков между блоками ядра и периферийного оруденения и внутри переходного оруденения. Выделяются на основе критериев: 1. Размерность по вертикали свыше 5-8м; 2. Содержанию золота до 0,5г/т.

Выявляемые закономерности блочной организации оруденения золоторудного месторождения Джеруй определяются сопоставлением основных показателей мозаичности четырёх моделей оруденения: первая- собственная геологическая модель-разведочная модель на основе 66 разведочных скважин и более 6000тыс. керновых проб; вторая, разведочная сеть 80x80м на основе четырех скважин и 382 керновых проб; третья- модель разведочной сети 40 x 40м на основе четырех скважин и 367 керновых проб; четвертая- модель разведочной сети 20x 20м на основе четырех скважин и 244 керновых проб.

Параметры оруденения разведочной модели (собственная геологическая модель разведки). Разведочная модель принята как собственная геологическая модель месторождения Джеруй как статистические надежная и достоверная база исследований со значительной статистической выборкой. На основе этой модели установлены: предпосылки исследования месторождения по мозаичности блочной организации оруденения [5]; распределения и размерности блоков мозаичности[5]; выделены дискретные подсистемы для блоков мозаичности со степенной иерархией размерности в $\ln N/\ln N+1 = 1,2$ [5]. Исследованы геотехнические и геотехнологические условия вовлечения в производство межконтурных безрудных блоков[5]; изучены и установлены средние содержания золота для блоков мозаичности месторождения [5].

Дискретными подсистемами разведочной модели установлены разведочные сети, последовательно 40 x40м и 20x20м.

На основе выделенных предпосылок имеющей характеристики закономерности для перечисленных параметров произведено изучение параметров оруденения по запасам руды и золота для разведочной модели и дискретных подсистем разведочных сетей.

В таблицах 1,2,3 приведены оценки равномерности распределения параметров среднего содержания золота; запасов руды и золота, соответственно для блоков ядра оруденения и блоков периферии оруденения разведочной модели.

Таблица 1 - Коэффициент вариации среднего содержания золота разведочной модели, общий контур включая безрудные блоки(выборка 683 элемента.

Cср	3,23
Ср.квад.откл	4,72
Квар	1,46

Таблица 2 - Показатели равномерности параметров блоков ядра оруденения(24 блока)

параметры	Au, г/т	руды,т	Au, кг	L,м
среднее	6,58	84825,8	558,5	28,8
ср.квад.откл	2,82	73158,5	526,1	10,0
Квар	0,43	0,86	0,94	0,35

Таблица 3 - Показатели равномерности параметров блоков периферии оруденения(66 блоков)

параметры	Au, г/т	руды,т	Au, кг	L,м
среднее	2,72	15855,8	35,2	16,7
ср.квадр.откл	1,76	15052,3	30,8	5,1
Квар	0,65	0,95	0,88	0,30

Изученные условия распределения оруденения по основным элементам мозаичности имеют показатели не равномерное распределение (при градации: равномерное, не равномерное, весьма неравномерное, крайне неравномерное) для блоков мозаичности оруденения по содержанию золота и запаса(аппроксимация морфологии рудных контуров) Последнее характеризует оруденение как третья группа сложности для разведки[Инструкция по классификации запасов золоторудных месторождений, ГКЗ КР]. Таким образом выделение блоков мозаичности может относиться к операции селективной выборки рудных блоков и их оценке. Установление закономерности характеристик параметров оруденения дискретных подсистем основная задача для обоснования правомерности и достаточной надежности методики оценки запасов от мозаичной блочности оруденения по дискретным подсистемам.

В таблицах 4 и 5 приведены средние расчеты запасов по руде и золоту для блоков ядра оруденения(24 блока) и периферии оруденения(66 блоков).

Таблица 4 - Оценка запасов руды(т) и золота(кг) для блоков ядра оруденения(24 блока)

	Круд	руды,т	золото	Cср	LnC
№№	$\sum n$ руд\sum N	2,64т\м3	кг	г\т	
среднее	0,94	84825,8	558,5	6,58	1,81
Итого		2035819,6	13404,0	6,58	

Таблица 5 - Оценка запасов руды(т) и золота(кг) для блоков периферии оруденения(66 блока)

	Круд	руды,т	золото	Cср	LnC
	$\sum n$ руд\sum N	2,64т\м3	кг	г\т	
Среднее	0,63	15855,8	35,2	2,72	0,86
Итого:		1046483,2	2320,0	2,22	0,80

Средние показатели мозаичных блоков оруденения представлены для сравнительных оценок изучения по дискретным подсистемам.

Суммарный контур запасов для разведочной модели, соответствующей принятой практике оценки запасов. Т.е. включая безрудные блоки в контуре оценки приведены в таблице 6.

Таблица 6 - Оценка запасов руды, т и золота, кг, общего контура разведочной модели

блоки	кол-во	Руда,т	Au, кг	Au,г/т	LnC	Руда,%	Au,%
блоки ядра	24	2035819,6	13404,0	6,58	1,9	47,9	82,2
блоки периферии	66	1046483,2	2320,0	2,22	0,8	24,6	14,2
Итого рудные:	90	3082302,9	15724,0	5,10	1,6	72,5	96,4
Безрудные	93	1166652,3	583,3	0,50	-0,7	27,5	3,6
Всего:	183	4248955,2	16307,4	3,84	1,3	100,0	100,0

В целом контур запасов разведочной модели в соответствии с принятой практикой оценки выделяется процессом первичного разубоживания, за счет безрудных блоков, составляющих более 27% запасов по руде и 3,6% по золоту. С соответствующим средним содержанием золота и формирования балансовых запасов с завышением руды на 27% и занижение средних содержаний золота от рудных блоков до 75%. В практике подсчета запасов и их оценке не допускается «выконтуривание безрудных окон» для исключения завышения средних содержаний золота.

Оценка параметров руды моделей разведочных сетей. Оценка запасов руды и золота дискретных подсистем разведочных сетей, таблицы 7,8,9.

Таблица 7 - Оценка запасов разведочной сети 80x80м

	модель сети 80x80м					Распределение	
блоки	среднее	Cср.г/т	lnC	руда,т	Au, кг	руда,%	Au,%
$\sum h$ ядро	38,1	5,97	1,79	644160	3846,1	43,8	77,3
$\sum h$ переф	31,4	1,87	0,63	530112	993,8	36,1	20,0
\sum руд.	69,5	4,12	1,42	1174272	4839,9	79,9	97,3
$\sum h$ безруд.	17,5	0,45	-0,79	295680	134,2	20,1	2,7
ΣH	87,0	3,38	1,22	1469952	4974,1	100	100

Таблица 8 - Оценка запасов разведочной сети 40x40м

	Модель сети 40x 40м					распределение	
блоки		Cср.г/т	lnC	руда,т	Au, кг	руда,%	Au,%
$\sum h$ ядро	37,8	6,50	1,87	159456,0	1036,1	41,4	77,6
$\sum h$ переф	34,4	1,84	0,61	145094,4	267,4	37,7	20,0
\sum руд.	72,1	4,24	1,44	304550,4	1291,6	79,1	96,8
$\sum h$ безруд.	19,0	0,36	-1,01	80361,6	29,2	20,9	2,2
ΣH	91,1	3,47	1,24	384912,0	1334,8	100	100,0

Таблица 9 - Оценка запасов разведочной сети 20x20м

Модель сети 20x20м					распределение		
блоки		Cср.г/т	lnC	руда,т	Au, кг	руда,%	Au,%
$\sum h$ ядро	16,1	5,97	1,79	16958,3	101,3	32,0	64,3
$\sum h$ переф	14,6	2,31	0,84	15432,91	35,7	29,2	22,7
\sum руд.	30,7	4,32	1,46	32391,22	140,1	61,2	89,0
$\sum h$ безруд.	19,4	0,66	-0,42	20529,17	13,5	38,8	8,6
ΣH	50,1	2,98	1,09	52920,38	157,5	100,0	100,0

Сопоставление параметров оруденения. Сопоставление средних содержаний золота по разведочной модели и моделям разведочных сетей по средним содержаниям золота блоков мозаичности приведены в таблице 10.

Таблица 10 - сопоставление средних содержаний золота по блокам мозаичности дискретных подсистем

Блоки мозаичности	разведочная модель	80x80	расх.%	40x40	расх.%	20x20	расх.%
Σh ядро	6,58	5,97	9,3	6,50	1,3	5,97	9,3
Σh переф	2,22	1,87	15,4	1,84	16,9	2,31	-4,3
Σ руд.	5,10	4,12	19,2	4,24	16,9	4,32	15,2
Σh безруд.	0,50	0,45	9,2	0,36	27,3	0,66	-31,2
ΣH	3,84	3,38	11,8	3,47	9,6	2,98	22,5

Для сравнительной сопоставимости распределения запасов руды и золота между собственной геологической моделью и моделями разведочных сетей оценка произведена методом сопоставления относительных параметров запасов, таблица 11.

Таблица 11 - Относительные показатели запасов руды и золота разведочной модели и моделей разведочных сетей, в %.

Блоки	разведочная модель		разведочная сеть 80x80м		Разведочная сеть 40 x 40м		разведочная сеть 20 x20м	
	руда, %	запасы(%)	руда, %	запасы(%)	руда, %	запасы(%)	руда, %	запасы(%)
h,м h ядро оруд.	77,3	43,8	77,3	43,8	77,6	41,4	69,8	34,7
h,перифер.ору д.	20,0	36,1	20,0	36,1	20,0	37,7	22,1	28,5
hядро+hпериф	97,3	79,9	97,3	79,9	96,8	79,1	91,9	63,2
h,безрудн.	2,7	20,1	2,7	20,1	2,2	20,9	8,1	36,8
ΣH	100	100	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0

Запасы руды и золота, рассчитанные для разведочной модели на основе статистики более 6000 керновых проб и малых выборок от 250 до 380 проб по разведочным сетям, имеют абсолютные расхождения относительных показателей в первые единицы процентов. Что указывает на высокую достоверность и надежность оценки запасов методом разведки и оценки мозаичной блочной организации оруденения. Игодность исследуемой концепции блочной организации оруденения для обоснования методики разведки и оценки запасов. Расхождения запасов по руде и золоту относятся к надежным и достоверным показателям оруденения по методике блочной мозаичной организации оруденения при классификации запасов категории С1.

Формирование и типизация оруденения мозаичной блочности дискретных подсистем. Выделяется три основных аспекта для типизации руд:

Первая модель. Традиционная связанная с парадигмой «непрерывного типа оруденения» балансовая и эксплуатационная, включая безрудные блоки в контуре оценки(первичное разубоживание) и с учетом потерь и вторичного разубоживания добычных работ.

Вторая модель. Концентрационный тип товарной руды из эксплуатационной руды первой модели с обогащением процессами рудоподготовки на основе технологии сенсорной сортировки эксплуатационной руды первой модели. На основе закономерности концентрации более 99% золота в объеме до 40% рудных блоков. В соответствии с фрактальной закономерностью рис.5 и 6 выделяемых по результатам ряда исследований методом сенсорной сортировки наименьших наблюдаемых дискретных подсистем N x 0,01м.

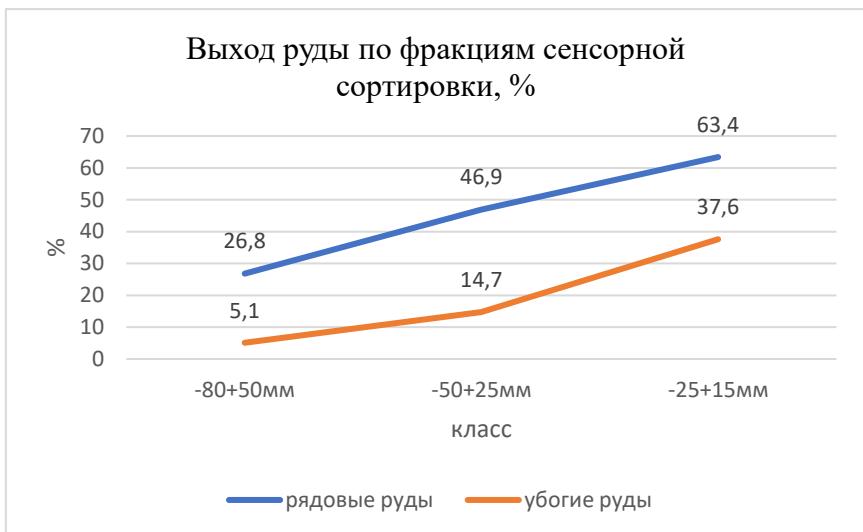


Рисунок 5 - Объем выхода рудных блоков по фракциям сенсорной сортировки метод ХРТ-сепарации

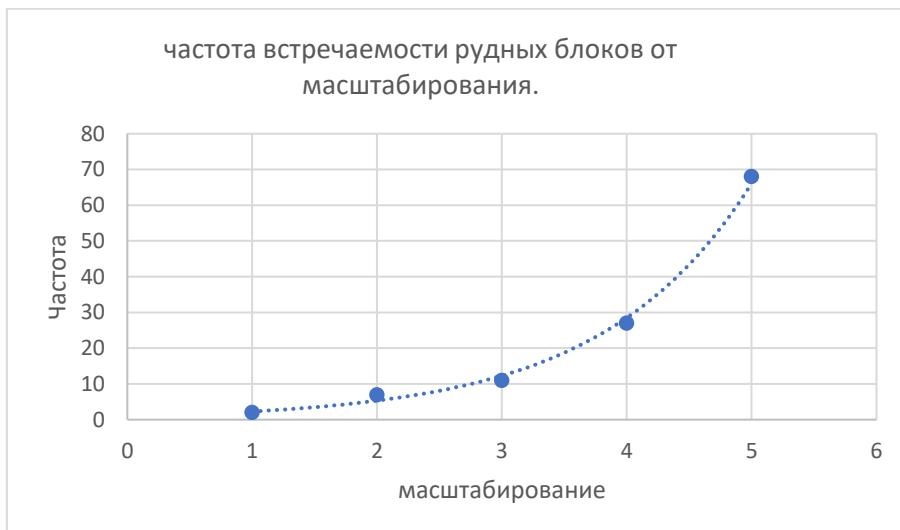


Рисунок 6 - Экспоненциальный тренд частоты рудных блоков от масштабирования (1-100м...5-0,4м)

На современных установках SBS(Steinert) для аналогичных по минерально-вещественному составу золотокварцевых руд получены результаты с более 99,7% извлечения золота в объем 40-68% руды. Исходя из коэффициента обогащения руды месторождения Джеруй при наблюдаемых Коб от 1,0 до 15,6 и концентрации руды в объем до 40% товарной руды составлена модель рудного ряда для методики разведки и оценки запасов.

Третья модель. Связана с геотехническими свойствами мозаичной блочности оруденения. В частности внедрение геотехнологических методов горных работ на основе выделения и безрудных блоков из процессов изъятия из недр и использования в виде геомеханических агентов- опорных целиков, сопоставимых по размерности и распределению с рудными блоками общего контура оруденения, таблица 12. И формированием концентрационного типа эксплуатационной руды с исключением безрудных блоков, характеристики по содержанию 5,1г/т против 3,84г/т первой модели(«непрерывный тип» оруденения).

Таблица 12 - Характеристики мозаичных блоков разведочной модели

Среднее:	кол-во блоков	h, м среднее	lnh-сред.	L,m	LnL	Au,г/т	LnC
блоки ядра	24	40,9	3,7	28,8	3,4	6,58	1,88
блоки периферии	66	15,6	2,7	16,7	2,8	2,22	0,80
Итого рудные:	90	56,5	4,0	45,5	3,8	5,10	1,63
Безрудные	93	12,0	2,5	36,6	3,6	0,50	-0,69
Всего:	183	68,5	4,2	82,2	4,4	3,84	1,34

Схема разработки горного этажа в 80 м по падению штокверка, представленная на рис.7, предусматривает возможность разработки двумя-тремя ярусами с последовательной опорой в кровле, почве и бокам выемочных единиц с размерностью в 10x10м, что в первую очередь предусматривается в целях обеспечения безопасности горных работ для персонала и техники в условиях альпийской перманентной тектонической активности. Слоевая нисходящая и/или восходящая система очистных работ предлагается, исходя из реальных геотехнических и производственных факторов для разведённых в пространстве горного этажа ярусов (доступ к ярусам из торцевых транспортных уклонов) [29,30].

Ярусы выстраиваются над и под опорными целиками, состоящими из некондиционных и безрудных перерывов, Рисунок4,5. Следует отметить, что большая часть ярусов второго уровня в горном этаже может устраиваться с усечёнными размерами панелей до половины (10м), четверти (5 м) контура оруденения горного этажа.

Каркасность системы разработки горного этажа в 80 м с предложенным геотехническим устройством горного этажа комбинацией опорных целиков - жёсткие блоки из твердеющей закладки при соответствующей прочности закладки в прикровельных и припочвенных интервалах горного этажа (10-15 м) возможно эксплуатировать в виде автономных единиц с возможностью введения в эксплуатацию в двух-трёх несмежных этажах по падению штокверка (основной по запасам Северо-Западный штокверк месторождения Джеруй разведен по вертикали более чем на 450 м), а так же разработку отдалённых штокверковых тел месторождения (всего на месторождении разведаны семь штокверковых залежей[29,30].

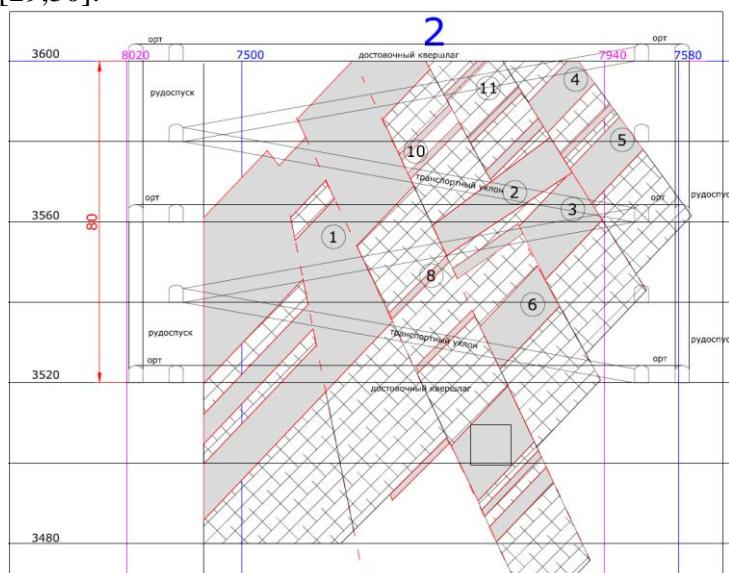


Рисунок 7 - Разрез по профилю 2, схема вскрытия и подготовки запасов к эксплуатации. Условные обозначения: сплошная серая заливка - контур блоков кондиционной руды и штрихованные контуры-блоки безрудных блоков[30]

Четвертая модель. Является концентрационный тип дискретного оруденения на основе выделения концентрационного типа товарной руды при обогащении рудо подготовкой на основе сенсорной сортировки.

Пятая модель. Имеет в большей мере теоретическое значение связана с исключением из добывчных работ безрудных интервалов и блоков периферийного оруденения, где рудные и безрудные блоки. Для рудных контуров блоков, возможно рассмотрение геотехнологических предпосылок для обоснования исключения из эксплуатации и соответственно, оценка на основе только рудных блоков части мозаичного контура включающего типы руды с периферийными характеристиками оруденения- локальная мозаичность периферийного типа блоков включающих рудные и безрудные блоки.

Анализ блоков периферии оруденения, разведочной модели- распределение рудных и безрудных блоков по размерности, показывают среднюю размерность безрудных интервалов в периферийном типе блоков с размерностью по падению оруденения в 3,3м для безрудных пережимов в объеме до 42,4 % распределения, таблица 13. Практический размер по вертикали может быть учтен слоем отбойки при применении соответствующих систем и подсистем очистных работ(кровлеуступная, почвоуступная слоевая система очистных работ со слоем отбойки до 3,3м.

Таблица 13 - Размерность и распределение в контурах блоков периферии оруденения

	$\Sigma H, m$	Рудн. $\Sigma h, m$	$b/rud \Sigma h, m$
метрах	958,5	564,3	394,2
распр.%	100	58,9	41,1
	Σ блоков	рудных	$b/rudn.$
блоков	283	163	120
распр.%	100,00	57,6	42,4
средняя размерность		рудн. h, m	$b/r.h, m$
средний блок, h, m		3,5	3,3
средний блок модели, L, m		11,5	11,3

При этом ожидаемое сокращение добычи и переработки руды может составить до 42% контура периферийных блоков. При этом оценка качества добытой руды из контуров периферийного оруденения оценивается по содержанию золота до 3.48г/т, таблица 14.

Таблица 14 - Расчет среднего содержания золота рудных блоков в контуре периферии оруденения

		руда,т	Au, кг	Au, г/т
всего:		1046483	2320	2,22
рудные блоки,%	57,6	602774,3	2098,1	3,48
b/r блоки,%	42,4	443708,9	221,9	0,5

Геолого-экономическая оценка запасов моделей типизации руд. Экономическая оценка типов руд разведочной модели, оценка кондиций произведена на основе методов существующей практики постатейных расчетов (с оценкой валовой рентабельности продукта и концентрационных средних содержаний товарной руды). В таблице 15, приведена сравнительная оценка дискретного типа оруденения по пяти выделяемым моделям, соответствующим фрактальности и дискретности месторождения как предпосылки методики разведочных работ дискретного типа оруденения.[31,32].

Таблица 15 - Геолого-экономическая оценка разведочной модели по типизации руд

наименование	ед.изм	Удельные затраты	Модель 1	Модель 2	Модель 3	Модель 4	Модель 5
запасы разведочной модели			тыс \$	тыс \$		тыс \$	тыс \$
руда	тыс.т		4249,0	4249,0	3082,3	3082,3	2638,6
среднее содержание	г/т		3,84	3,84	5,1	5,10	5,86
запасы	кг		16307,3	16307,3	15724,0	15724	15452,1
эксплуатационные запасы							
потери	%	1,3	1,3	1,3	1,3	1,3	1,3
Разубоживание	%	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5
руда	т		4301,3	4301,3	3120,2	3120,2	2671,1
среднее содержание	г/т		3,74	3,74	4,97	4,97	5,71
запасы	кг		16095,3	16095,3	15519,6	15519,6	15251,2
цена оценки,	\$\oz	1801,0	1801,0	1801,0	1801,0	1801,0	1801,0
цена за грамм	\$\gram	57,90	57,90	57,90	57,90	57,90	57,90
аммортизация капит.оборудования	\$\t	4,07	17506,1	17506,1	12699,4	12699,4	10871,3
проходка выработок ГК, ГП	\$\t	18,04	77591,4	77591,4	56286,8	56286,8	48184,1
строительство площадок штолен	\$\t	0,61	2624,4	2624,4	1903,8	1903,8	1629,8
БВР очистных работ	\$\t	17,58	75627,5	75627,5	54862,1	54862,1	46964,6
сенсорная сортировка	\$\t	1,81		7785,3		5647,6	4834,6
ремонт и поддержание оборудования	\$\t	4,73	20344,9	20344,9	14758,7	14758,7	12634,2
заработка рудника	плата	\$\t	15,75	67729,4	67729,4	49132,7	49132,7
извлечение на сепарации, руда товарная		%	40,00		1720,5		1248,1
выход золота при сепарации		%	99,00		15934,4		15364,4
Сср, золота, товарная руда	г\т			3,7	9,26	4,97	12,31
транспортировка руды на ЗИФ	\$\t	9,02	38797,3	15518,9	28144,6	11257,8	9637,2
затраты извлечения ЗИФ	\$\t	24,00	103230,0	41292,0	74885,7	29954,3	25642,3
исквозное извлечени ЗИФ	%	0,90	14485,8	14978,3	13967,6	14442,5	14192,8
инфраструктура	\$\t	11,15	47958,9	47958,9	34790,7	34790,7	29782,4
административные расходы	\$\t	7,66	32947,6	32947,6	23901,0	23901,0	20460,4
налоги, 18% от	\$\t		150979,	166077,	145579,	160137,	157368,

валового дохода		7	7	3	2	1
полные операционные затраты	\$\text{т}	635337, 2	573004, 1	496944, 9	469774, 8	424261, 7
валовый доход	тыс.\$	838776, 3	867294, 7	808773, 9	889651, 3	874267, 4
валовая рентабельность продукта	%	32,0	51,4	62,7	89,4	106,1
Прибыль	тыс.\$	203439, 1	294290, 6	311829, 1	419876, 5	450005, 7

Заключение и обсуждения. Мозаичная дискретных подсистем блочной организации оруденения выделяется три основных аспекта для оценки качества и количества промышленной руды.

Мозаичность блоков оруденения: ядро оруденения, блоки периферии оруденения и межконтурные (блоки ядра и периферии) безрудные блоки и безрудные блоки в контуре блоков периферии оруденения.

Размерности блоков мозаичности по размерности, распределению и размещению имеют устойчивые выдержаные параметры в пределах дискретной подсистемы и при переходе к дискретных подсистемам в рядах $N \equiv N+1 \dots N+n$ и обратная закономерность $N+n \equiv \dots N+1 \equiv N$, что формирует качественные и количественные параметры руды и оруденения.

Блоки ядра оруденения в совокупности с блоками периферии орудения формируют большую часть объема руды по дискретным подсистемам.

Безрудные блоки межконтурные формируют первичное разубоживание руды и снижение содержаний золота в контуре общей оценки.

Обоснование и внедрение геотехнических и геотехнологических методов и систем позволяют исключить безрудные блоки из добывного контура, соответственно исключать из расчетов качества и количества руды. Формируется балансовые концентрационный тип руды.

Размерность и распределение безрудных блоков в контурах периферийного оруденения меньшей размерности относительно межконтурных безрудных блоков, но обладают достаточной размерностью и распределением для их выделения и обоснования методов и подсистем горных добывных работ для исключения безрудных блоков из добывного процесса, соответственно оценки качества и количества промышленной руды с формированием концентрационного эксплуатационного типа руды(с учетом потерь и вторичного разубоживания).

Балансовые руды концентрационного типа вследствие закономерности и характеристик наименьших дискретных подсистем $N \times 0,01\text{м}$, имеют следствием потенциал обогащения до извлечения рудных блоков в объеме до 26% (для расчетом принято 40% по аналогии с детально исследованными аналогичными по минералого-вещественному генетическому типам) с концентрацией промышленных объемов золота. Формируется концентрационный товарный тип промышленных руд.

Оценка качественных и количественных мозаичных показателей блочной организации оруденения с учетом формирования балансовых концентрационных типов руд и\или концентрационных эксплуатационных типов руд, и\или концентрационных товарных руд по дискретным подсистемам, по размерности распределению мозаичности блоков, а так же устойчивые и выдержаные характеристики параметров мозаичных блоков по содержанию имеют следствием обоснование расчетов затрат горных работ, технологических работ обогащения и извлечения, общерудничных и общекомбинатских затрат по статьям капитальных и эксплуатационных затрат, с увеличением показателя валовой рентабельности продукта с 32 до 106%.

На основе оценки экономики мозаичной блочной организации орудения по дискретным подсистемам возможно обосновывать разведочные и промышленные кондиции по дискретным подсистемам и/или месторождению в целом для оценки запасов.

Список литературы

1. Павлов, А.М. Фрактальные свойства геологической среды как показатель сложности условий эксплуатации золоторудных месторождений [Текст] / А.М. Павлов // Горный информационно-аналитический бюллетень. – М: Изд-во МГТУ, 2011. – № 6.
2. Никоноров, В.В. Рудные месторождения Кыргызстана [Текст] / В.В.Никоноров. – Бишкек:МПР КР, КМЭГЭИ, 2009. - 482с.
3. Сатыбалдиев, Л.И. Отчет по детальной разведке глубоких горизонтов золоторудного месторождения Джеруй с подсчетом запасов по состоянию на 1 августа 1984г. [Текст] / Л.И.Сатыбалдиев, И.И. Рябко, Г.А. Ярушевский и др. - Фонды МПР КР. Рукопись
4. Копп, М.Л. Дугообразные структуры растяжения в региональных и глобальных тектонических обстановка [Текст] / М.Л.Копп. - М.: ГЕОС. Труды геологического института, 2017. - с.97.
5. Садовский, М.А. О механике блочного горного массива [Текст] / Садовский М.А., Кочарян Г.Г., Родионов В.Н. // Докл. АН СССР, 1988, т. 302, № 2, с. 306-307.
6. Снетков, В.И. Фрактальный анализ - необходимый элемент геометризации месторождений полезных ископаемых [Текст] / В.И.Снетков. - Известия СО Секции наук о Земле РАН. – 2018. - т.41. - №3. - с.106-118.
7. Turcotte, D.L. Fractals and Chaos in Geology and Geophysics. 1997, Cambridge University/
8. Pirajno F. Hydrothermal Processes and Mineral Systems. Springer Science. V.1. 2019. c.1250
9. Филонюк, В.А. О некоторых причинах низкой эффективности геологометодического обеспечения современных поисково-разведочных и эксплуатационных технологий в золотодобывающей отрасли [Текст] /В.А. Филонюк, И.А. Дубовская // Известия Сибирского отделения Секции наук о Земле РАН. – 2016. - № 3 (56).– с. 29-43.
10. Ермошкин, Д.Н. Обоснование использования мозаичной системы целиков в безрудных блоках при отработке жильных месторождений золота [Текст] / Д.Н. Ермошкин, К.З. Курманалиев и др. // Горная промышленность – 2023. - №3. <https://doi.org/10.30686/1609-9192-2023-3-108-114>
11. Макаров, П.В. Эволюционная пррода блочной организации геометериалов и геосред. Универсальный критерий фрактальной делимости [Текст] / П.В.Макаров // Геология и геофизика. – 2007. - т.48. - №7. - с.724-746.
12. Снетков, В.И. Фрактальный анализ - необходимый элемент геометризации месторождений полезных ископаемых [Текст] / В.И. Снетков // Известия СО Секции наук о Земле РАН. – 2018. - т.41. - №3. - с.106-118.
13. Хакен, Г. Синергетика. Иерархия неустойчивостей в самоорганизующихся системах и устройствах [Текст] / Г.Хакен. - М.: Мир, 1985. - 411 с.
14. Капица, С.П. Синергетика и прогнозы будущего [Текст] /С.П. Капица, С.П. Курдюмов, Г.Г. Малинецкий. – М.: УРСС, 2002. - 342 с.
15. Ахромеева, Т.С. Нестационарные структуры и диффузионный хаос [Текст] / Т.С.Ахромеева, С.П. Курдюмов, Г.Г. Малинецкий, А.А. Самарский. - М., Наука: 1992. - 544 с.
16. Мандельброт, Б. Фрактальная геометрия природы [Текст] / Б.Мандельброт. - Москва - Ижевск: Институт компьютерных исследований, 2002. - 656 с.
17. Бутаков, Л.И. Технология разработки золоторудных месторождений [Текст] / Л.И. Бутаков, Б.М. Зайцев, Ю.А. Казаченко и др. - М.: Недра; 1995. 336 с.

18. Ермошкин, Д. Н. Фрактальность блоков рудолокализующих и рудоконтролирующих сдвиговых зон золоторудного месторождения Джамгыр [Текст] / Д.Н. Ермошкин, Б.А.Назаралиев, Н.В. Яровой идр // Горный журнал. – 2023. - №3.
19. Васильев, Н.Ю. Параметры прямой связи между процессами эндогенного рудообразования и объемного разуплотнения горных пород, контролируемой тектоническими деформациями взбросового типа (по реконструкциям полей напряжений регионального и локального рангов) [Текст] / Н.Ю.Васильев, А.О. Мострюков, В.А. Петров и др. // Фундаментальные проблемы тектоники и геодинамики. Материалы LII Тектонического совещания. - М.: ГИН РАН, 2020. С. 118–124.
20. Wyborn L.A.I., Heinrich C.A., Jaques A.L. Australian Proterozoic mineral systems: essential in gredients and mappable criteria // Aus IMM Publication Series 4/94. 1994. P. 109–115.
21. Старостин, В.И. Структуры рудных полей и месторождений [Текст] / В.И. Старостин, А.Л.Дергачев, Ж.В. Семинский. - М.: Изд-во МГУ, 2002. - 352 с.
22. Cox S.F. Coupling between deformation, fluid pressure and fluid flow in ore-producing hydrothermal systems at depth in the crust // Society of Economic Geologist Inc., Econ. Geol. 100thAnniversary V. 2005. P. 39-75.
23. Sibson R.H., Skott J. Stress/fault controls on the containment and release of overpressured fluids: Examples from gold-quartz vein systems in Juneau, Alaska; Victoria, Australia and Otago, New Zealand. Ore Geology Reviews. 1998;13(1-5):293–306. [https://doi.org/10.1016/S0169-1368\(97\)00023-1](https://doi.org/10.1016/S0169-1368(97)00023-1)
24. Zhenhao XU, Tengfei Yu. And all. Anomalous patterns of clay minerals in fault zones. Engineering Geology. Volume 325, November 2023, 107279
25. Волларович, Г.П. Методика разведки золоторудных месторождений [Текст] / Г.П. Волларович, В.Н. Иванов. - М.: ЦНИИГРИ, 1991.
26. Канцель, А.В. Функция распределения металла в рудах как генетическая характеристика процесса рудообразования [Текст] / А.В.Канцель // Изв. АН СССР. Сер. геол. - 1988. - № 10.
27. Нарсеев, В.А. Структура распределения содержаний полезного компонента, уровни минерализации и рудные столбы [Текст] / В.А. Нарсеев, Г.Б. Левин, В.Л. Лось // Проблемы образования рудных столбов. - Новосибирск: Наука, 1969. С. 15—21с.
28. .Нелинейная механика геоматериалов и геосред / Отв. ред. Л.Б. Зуев // Рос. акад. наук, Сиб. отделение, Ин-т физики прочности и материаловедения ; ООО “Горный-ЦОТ”. – Новосибирск : Академическое изд-во “Гео”, 2007. 235с.
29. Курманалиев К.З. Отчет по научно-исследовательской и опытно-конструкторской работе - Разработка Концепции геолого-промышленной оценки запасов и ресурсосберегающей технологии отработки подземного рудника «Джеруй» на основе данных фрактального анализа о дискретной форме оруденения на примере локального участка рудника» [Текст] / К.З.Курманалиев, Д.А. Несипбаев // Геолэкспертпроект. – Бишкек: 2024. рукопись. 212 с.
30. Чуприн, К.Э. Фрактальная дискретность и рудная подготовка наименьших подсистем оруденения сенсорной сортировкой [Текст] /К.Э. Чуприн, С.Н. Рахматов, К.З. Курманалиев // Известия КГТУ. – 2025. - №1. – с.114-126.
31. Чуприн, К.Э. Мозаичная блочность штокверкового оруденения и обоснование подземной геотехнологии золоторудного месторождения Джеруй [Текст] / К.Э. Чуприн, К.З. Курманалиев // Недропользование и транспортные системы. - 2024. - Т. 14. - № 4. С. 21–35.
32. Несипбаев Д.А., Курманалиев К.З. Фрактальность и дискретность оруденения золотокварцевого месторождения Джеруй. Препринт. DOI:10.13140/RG.2.2.19591.25761
33. Несипбаев, Д.А. Предпосылки обоснования методики разведки и оценки размерности, и содержания золота мозаичных блоков дискретных подсистем месторождения Джеруй [Текст] /Д.А. Несипбаев, К.З. Курманалиев // Известия КГТУ. – 2025. №3(75) – стр. 697- 724.

Д.А.Несипбаев¹, К.З.Курманалиев²

¹И. Рazzаков атындағы КМТУ, ²Геолэкспертпроект ЖЧКсы

Бишкек Кыргыз Республикасы

¹КГТУ им. И. Рazzакова, ²ООО «Геолэкспертпроект»

Бишкек, Кыргызская Республика

D.A. Nesipbaev¹, K.Z. Kurmanaliev²

¹ I. Razzakov KSTU, ²Limited Liability Company "Geolekspertproekt",

Bishkek, Kyrgyz Republic

ddd.78@bk.ru , grfgeology@gmail.com

ФРАКТАЛЬНОСТЬ И ДИСКРЕТНОСТЬ ОРУДЕНЕНИЯ ЗОЛОТОКВАРЦЕВОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ ДЖЕРУЙ

ЖЕРУЙ АЛТЫН-КВАРЦ КЕНИНДЕ РУДАНЫН ПАЙДА БОЛУП ЖЫЙНАЛЫП ЖАНА БӨЛҮШТҮРҮЛҮШҮНҮН ФРАКТАЛДУУЛУГУ ЖАНА ДИСКРЕТТҮҮЛҮГҮ

FRACTALITY AND DISCRETENESS OF MINERALIZATION IN THE DZHERUI GOLD-QUARTZ DEPOSIT

Жерүй алтын-кварц штокверк тибиндеги кендин рудалуу денелеринин ички түзүлүшү дискреттик мозаикалуулук менен мунөздөлөт. Бул көрүнүш руданын мейкиндик боюнча тең эмес бөлүштүрүлүшүн жана ар кандай масштабдагы структуралык өзгөрмөлүүлүктүү чагылдырат. Фракталдуулуктун белгилүү өлчөмдүүлүгү ($D = 1,3$) руданын калыптануу дискреттүүлүгүн аныктап, өз ара оқиоши жана иерархиялык масштабдагы ырааттуу подсистемалардын түзүлүшүн чагылдырган. Бул системалар $\ln L / \ln (L+1) = 1,2$ даражалык катышы менен мунөздөлөт. Дискреттик деңгээлдеги мозаикалуулук рудасыз матрикс ичинде компакттуу жана узгүлтүккө учуралган рудалуу зоналардын пайда болушу менен байкалат. Мындаи мозаикалык түзүлүши руданын концентрациясынын локалдуу өзгөрүшүн жана минералдашуу процесстеринин бир тектүү эместигин көрсөтөт. Руданын калыптануу мозаикалуулугу рудалуу жана рудасыз бөлүктөрдүн катышы аркылуу, калыптануу контуру чегинде өлчөнөт. Запастардын көлөмүн баалоо жана геотехнологиялык иштеттуу ыкмаларын негиздөө максатында, калыптануунун татаалдыгын аныктоо үчүн салттуу «тыгыз» түшүнүктөн айырмаланган дискреттик моделге негизделген мунөздөмө сунушталган.

Түйүндоо сөздөр: фракталдуулук, дискреттүүлүк, мозаикалуулук, рудалуу жана рудасыз блоктор, алтын-кварц штокверк тибиндеги калыптануу.

Сложность внутреннего строения рудных тел золотокварцевого штокверкового месторождения Джеруй определяется дискретной мозаичностью. Определенная размерность фрактальности $D=1,3$ определяет дискретность оруденения, с распределением самоподобных иерархически масштабированных последовательных подсистем со степенным отношением $\ln L / \ln (L+1)=1,2$. Мозаичность дискретного уровня оруденения выражается в компактном прерывистом оруденении в безрудном матриксе. Мозаичность измеряется соотношением рудной и безрудной части в контуре оруденения. В целях определения сложности оруденения для целей оценки запасов и обоснования геотехнологических методов разработки получена характеристика оруденения на основе дискретного, против традиционного «сплошного» представлений организации оруденения.

Ключевые слова. Фрактальность, дискретность, мозаичность рудных и безрудных блоков, золотокварцевый штокверковый типы оруденения

The complexity of the internal structure of the ore bodies of the Jerooy gold-quartz stockwork deposit is determined by discrete mosaicism. A certain fractal dimension $D=1.4$ determines the discreteness of mineralization, with the distribution of self-similar hierarchically scaled successive subsystems with the power ratio $\ln L / \ln (L+1)=1.4$. The mosaicism of the discrete level of mineralization is expressed in compact discontinuous mineralization in a barren matrix. The mosaicism is measured by the ratio of the ore and barren parts in the mineralization contour. In order to determine the complexity of mineralization for the purposes of assessing reserves and substantiating geotechnological development methods, a mineralization characteristic was obtained based on a discrete, versus the traditional "continuous" ideas of mineralization organization.

Keywords. fractality, discreteness, mosaic of ore and barren blocks, gold-quartz stockwork types of mineralization

Введение. Золотокварцевый генетический тип оруденения локализован в серии штокверковых тел месторождения Джеруй, Кыргызстан. Геотехнология разработки комбинированная открытым и подземным способами. Ресурсная база месторождения оценивается в значение свыше 150 т золота (в эксплуатационном измерении), большая часть из которых находится в контурах с подземными условиями вскрытия и добывающих работ. Ряд технико-экономического обоснования кондиций и проектов разработки месторождения последовательно наращивают ресурсную базу, при этом удельный вес прибыли в условиях роста цены на золото стагнирует, что может быть связано со сложными горногеологическими условиями оруденения и его разработки. В том числе: рост потерь и разубоживания; снижение средних параметров кондиций (бортовое и минимально-промышленное содержание); сложное вскрытие; не оптимальная система очистных работ, рудоподготовки и обогащения.

Цель исследования — изучить особенности пространственного распределения золота в рудных телах. Это приведёт «к необходимости разработки и принятия особых методических, технологических и технических решений, которые в стандартном наборе отсутствуют» [1]. «Для учёта повышенной сложности внутреннего строения промышленных рудных тел были рассмотрены конкретные установленные закономерности пространственного распределения золота в рудных телах с целью разработки и принятия особых методических, технологических и технических решений. В основу исследования была положена фрактальная закономерность оруденения [1–5].

Задача исследования: выявить предпосылки сложности процесса рудообразования, таких как фрактальность, дискретность и аномальные зоны концентрации рудных тел, а также определение ядра рудообразования и мозаичности дискретных эксплуатационных блоков.

Эти данные необходимы для обоснования выбора оптимальной технологии очистных работ, разработки закладочного комплекса, организации переработки и извлечения руды, а также для оценки экономической эффективности горного проекта. В работе использованы материалы геологоразведочных работ, проведённых в 1984 и 2022 годах.

Месторождение Джеруй. Месторождение локализовано в восьми штокверковых телах, в пределах кварцевых диоритов кембро-ордовика и кварцево-слюдистых сланцев, песчаников среднего рифея. Оруденение связано с широким процессом окварцевания с золотом. Геологическая схема месторождения Джеруй представлена в нашей статье [6]. Там же дана подробная его характеристика.

Наибольшее практическое значение имеет Северо-Западный участок (Главное рудное тело), заключающий в себе 90% запасов месторождения. Длина участка на поверхности 250 м, ширина – 200 м, длина по падению – 770 м.

Фрактальность. Фрактальная размерность показывает меру самоподобия в изучаемой иерархической совокупности и степень сложности структуры. Мера подобия оценивается диапазоном масштабов, где каждой подсистемой выполняется однородный

степенной закон, а относительная степень сложности определяется абсолютным значением фрактальной размерности. [1,4,8].

Измерения фрактальной размерности и степенной иерархии систем и подсистем оруденения произведены на основе инструментов описания самоподобных объектов и процессов [8,9]. Исходя из положения, что элементы масштабированного подобия – фрактальности, определяются фрактальной размерностью D, которая является показателем в степенном законе вида:

$$N \sim r^{-D}, \quad (1)$$

где r - масштаб рассмотрения, N – количество элементов.

Для вычисления фрактальной размерности использовался клеточный (по масштабированным ячейкам) метод [14,19], с выводом размерности по:

$$D = -\lim_{r \rightarrow 0} \frac{\ln(N)}{\ln(r)}, \quad (2)$$

где D последовательные масштабируемые объемы с параметрами равными r , причём при каждом акте покрытия и подсчете клеток N, r изменяется и находится в зависимости:

$$\ln(r) = ar^{1-D} \quad (3)$$

и связан с фрактальной размерностью D зависимостью:

$$\text{tga} = 1 - D, \quad (4)$$

где tga угловой коэффициент наклона графика как функции $\ln N$, $\ln r$.

Степенная зависимость отражает линейную и логарифмическую размерность подсистем блоков оруденения. Для таблицы 1, представлена размерности: Штокверка Северо-Западный(С3), основной рудный объект месторождения с запасом более 80%; ядро (аномальные зоны концентрации руды) 1 и 2- контуры оруденения при бортовом содержании 2 г/т, в сопоставлении с упомянутым штокверком; контур оруденения которого представлен при бортовом содержании 1г/т. Морфологические объекты(участки, штокверки) строки с 5 по 12 (таблица 1), являются штокверками с контурами оруденения при 1 г/т. Сопоставление их размерности по степенной функциональной зависимости представлено по отношению к основной морфологической единице месторождения- С3 штокверк. Средняя размерность по $\ln L / \ln L + 1$, мелких штокверков как иерархических подсистем близка к показателю 1,2 (таблица 1).

Таблица 1 - Вывод степенной функциональной зависимости основных морфологических единиц месторождения Джеруй

N	Морфологические объекты	L1	L2	L1*L2	$L = \sqrt{L1 * L2}$	LnL	Степенная $\ln L / \ln L + 1$
1	Месторождение Джеруй	2058,0	334,0	687372,0	829,1	6,7	
2	Штокверк Северо-Западный (при бортовом 1 г/т)	350	294	102900	320,8	5,8	1,2
3	Ядро- 1 при борте 2г/т	147	135	19845	140,9	5,2	1,1
4	Ядро-2 при борте 2г/т	77	35	2695	51,9	3,7	1,5
5	Юго-Восточный участок	176	165	29040	170,4	5,5	1,0
6	Ядро 1 при борте 2г/т	89	87	7743	88,0	4,4	1,2
7	Участок Восточный фланг	165	163	26895	164,0	5,5	1,1
8	Центральный участок	176	47	8272	91,0	4,5	1,2
9	Залежь Апофиза	118	29	3422	58,5	3,9	1,0
10	Северо-Восточный участок	106	65	6890	83,0	4,4	1,3
11	Глубинная зона	131	117	15327	123,8	5,0	0,9
12	Западная зона	124	65	8060	89,8	4,5	1,2

Методом масштабированных ячеек СЗ штокверка измерена размерность фрактальности. Результаты представлены в таблице 2 и Рисунок - 1. Фрактальная размерность определена по методике, подробно представленной в нашей статье [15].

Таблица 2. - Измеренные ячейки при масштабировании

r	N	Lnr	LnN
100,0	2	4,6	0,7
25,0	7	3,2	1,9
6,3	11	1,8	2,4
1,6	27	0,4	3,3
0,4	68	-1,0	4,2

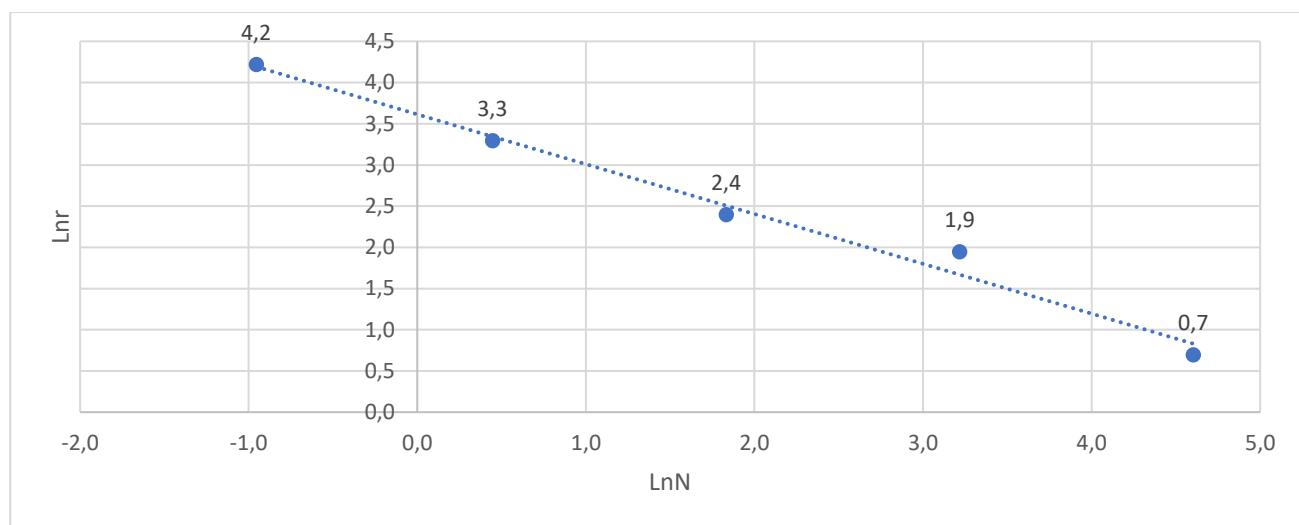
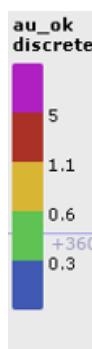


Рисунок 1- График логарифмической функции зависимости заполнения ячеек от масштабирования блоков оруденения месторождения Джеруй ($\text{tg} 17^\circ = 0,30$). Пунктирной линией обозначен угол наклона графика $\ln N / \ln r$

Фрактальная размерность для блоков месторождения Джеруй составила, в соответствии с выражением (4) – $D=1,3$.

Измерения по концентрациям оруденения с содержанием золота по градации 1,1-5 г/т и выше 5 г/т, по поверхности штокверка СЗ (правый рисунок 2), представлены в таблице 3.



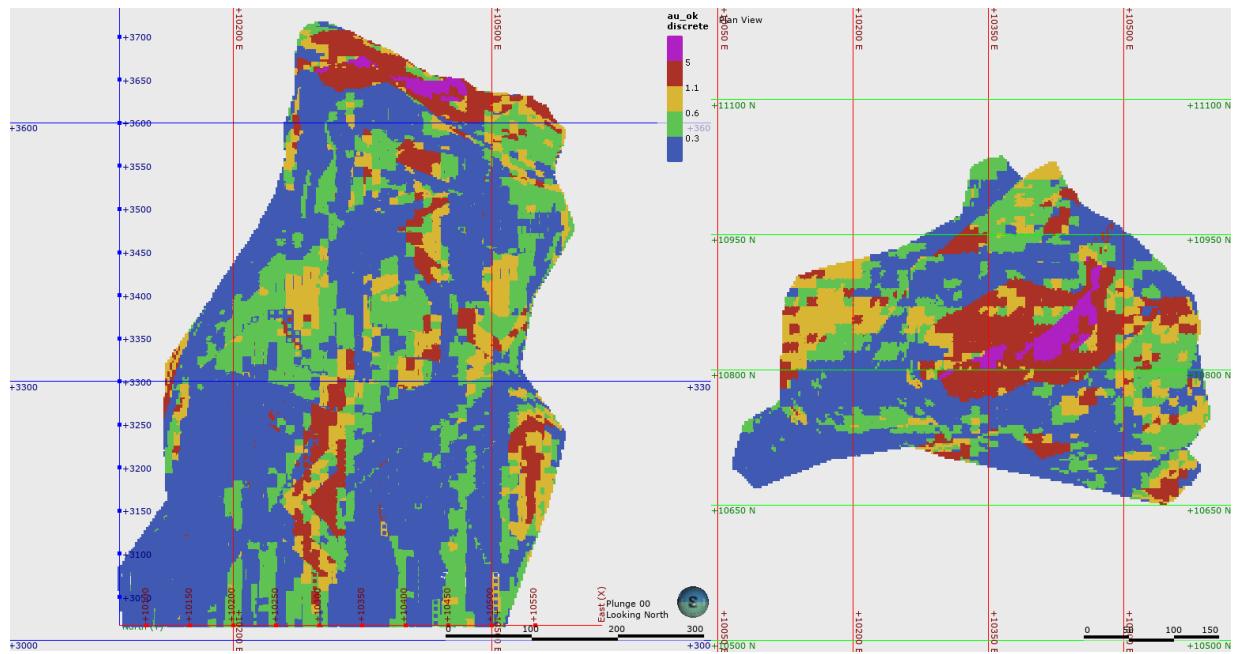


Рисунок 2 - Визуализация блочной модели (разрез) Северо-Западного штокверка

Таблица 3. - Измеренные ячейки концентраций оруденения СЗ штокверка.

Lnr	LnN	Степень LnN+1\LnN
5,2	2,9	1,1
4,5	3,2	1,1
3,8	3,5	1,2
3,1	4,1	1,2
2,4	4,9	1

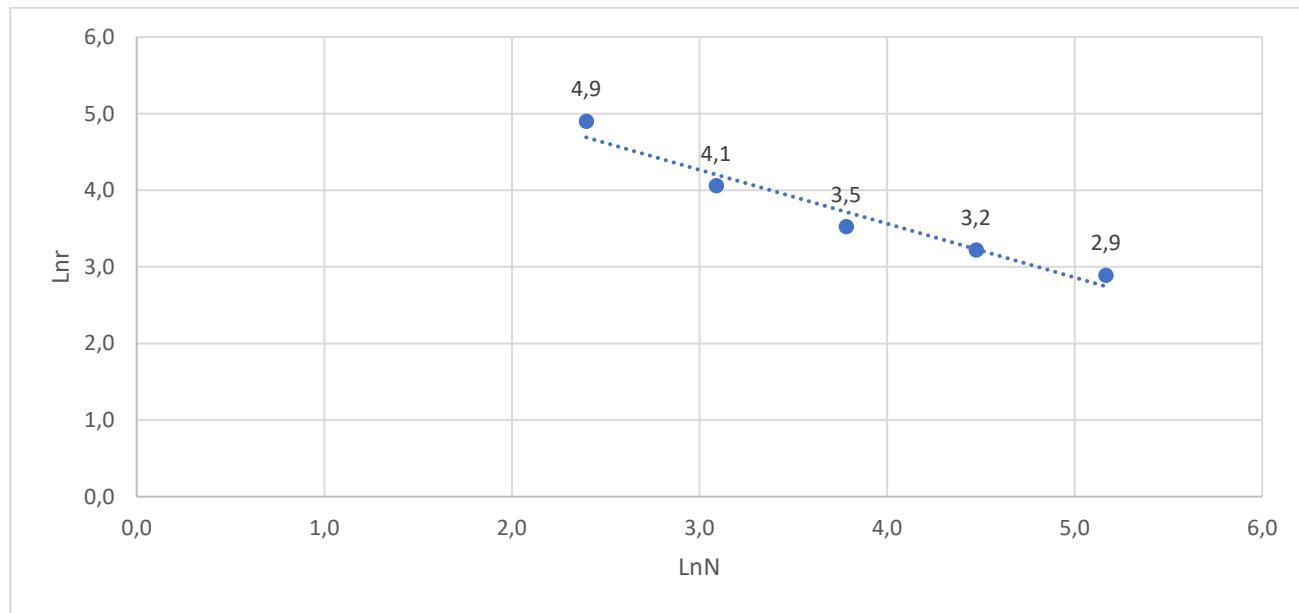


Рисунок 3 - График логарифмической функции зависимости заполнения ячеек от масштабирования аномальных зон концентрации золота, $\operatorname{tg} 18^\circ = 0,32$. Пунктирной линией обозначен угол наклона графика $\ln N / \ln r$

Фрактальная размерность аномальных зон оруденения по концентрациям золота составила в соответствии с формулой (4) – $D=1,3$.

Дискретность. «В основу новых представлений о структурном состоянии геологической среды заложен приоритет «дискретного над непрерывным». Отдельные компоненты геологической среды (пространственное распределение золота в рудных телах золоторудных месторождений, распределение интенсивности проявлений разрывной тектоники и трещиноватости в горных массивах структура зон рассланцевания и др.) имеют сложный закономерно-прерывистый характер. К наиболее характерным свойствам геологической среды необходимо отнести также иерархичность всех ее компонентов. Иерархические уровни (иерархическая система уровней) - это системные формирования, в которых дискретные элементы последующего более высокого масштабного уровня выступают в качестве объектов, рассматривавшихся в качестве систем на предыдущем масштабном уровне. Это главный элемент структурной организации признакового пространства геологической среды как пространственное упорядоченной совокупности элементов, которые придают ей устойчивость и таксономическую определённость за счет геометрически формализованного порядка пространственного вхождения друг в друга дискретных элементов разного масштаба.» [4].

В таблице 4., приведена экстраполяция дискретности оруденения по иерархии снижения размерности через степенную функцию, измеренную по блокам месторождения и оруденения, табл.1. За средний размер системы принята среднее значение штокверков месторождения – 106,1 м. Наименьшая доступная для наблюдений дискретная подсистема оруденения оценивается в 0,02-0,04 м, таблица 4.

Таблица 4. - Экстраполяция фрактально иерархических самоподобных подсистем при степенной функции 1,2

L,m	LnL	Ln+1\Ln	Продолжение таблицы		
L,m	LnL	Ln+1\Ln	L,m	LnL	Ln+1\Ln
106,1	4,66	1,2	0,76	0,90	1,2
40,09	3,88	1,2	0,46	0,75	1,2
24,42	3,24	1,2	0,28	0,63	1,2
14,87	2,70	1,2	0,17	0,52	1,2
9,06	2,25	1,2	0,10	0,44	1,2
5,52	1,87	1,2	0,06	0,36	1,2
3,36	1,56	1,2	0,04	0,30	1,2
2,05	1,30	1,2	0,02	0,25	1,2
1,25	1,08	1,2			

Неоднородность является основным показателем возникновения обогащённых до рудных столбов или линз, гнезд- фрагментов рудной залежи, тела. Для золотокварцевых формаций степень неоднородности, собственно, как и структура неоднородности связана как с количеством и проявлением последующих осложняющих наложенных стадий минерализации, так и с размерностью полезного ископаемого. Морфологически и концентрационно, по содержанию полезного компонента, неоднородность для месторождения Джеруй выделяется как аномальные зоны трещиноватости с гидротермальным заполнением золотокварцевым веществом и ячейки, выделенные как ядро оруденения.

Типизация концентрационной прерывистости по неоднородности, структуры распределения золота по морфологической прерывистости и распределению и приуроченности модальных кластеров золота развивается по следующим концентрационным совокупностям, Рисунок - 5 [9,16]: 1. дорудный этап – контур концентраций убогих руд; уровень минерализованной зоны: сплошной тип концентрирования; 2. Контур концентраций уровня рудного тела-Рисунок - 5(1); уровень концентрированного типа компактной прерывистости- Рисунок - 5(2); уровень локально обогащённых участков - концентрирование типа разобщенной прерывистости, Рисунок - 5(3)

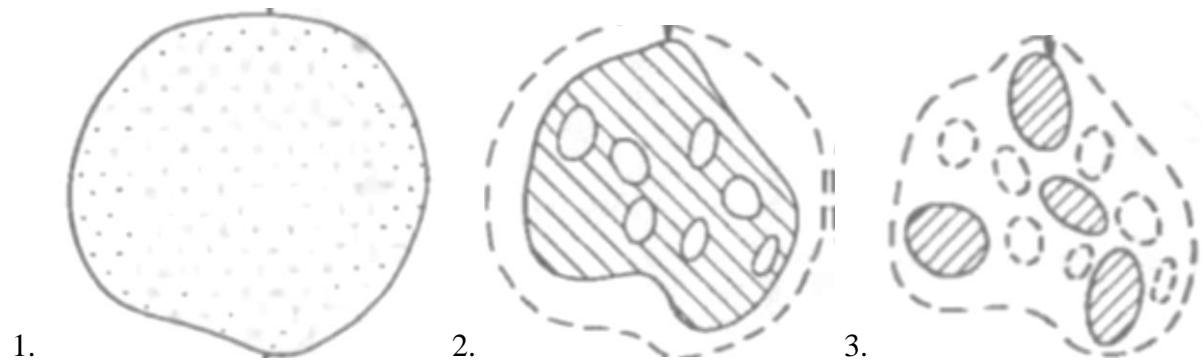


Рисунок 5 - Типизация концентрационной модели месторождения Джеруй [9,16,17]

Дискретность мозаичного контура оруденения. «В настоящее время все больше данных указывает на то, что структуры рудных полей не возникают задолго до отложения в них руд, как считали ранее, а формируются почти одновременно с процессами рудообразования и активно контролируют как перенос, так и отложение рудного вещества [18]. Такой режим обусловлен сейсмическими процессами, происходящими во флюидизированных средах. Результаты влияния сейсмодинамических эффектов на миграцию флюидов, проницаемость тектонических проводников получены при изучении ряда месторождений [2,7,19–22].

Развитие оруденения по зонам трещиноватости формируется как подсистемы линз, гнезд, малых рудных столбов и соответствующих по размерности безрудных интервалов (инвариантность включений жестких и мягких блоков) – по подсистемам трещиноватости, которые, в свою очередь, формируют барьер (давление–температура) разгрузки флюидов, схематически это представлено на Рис. - 6.

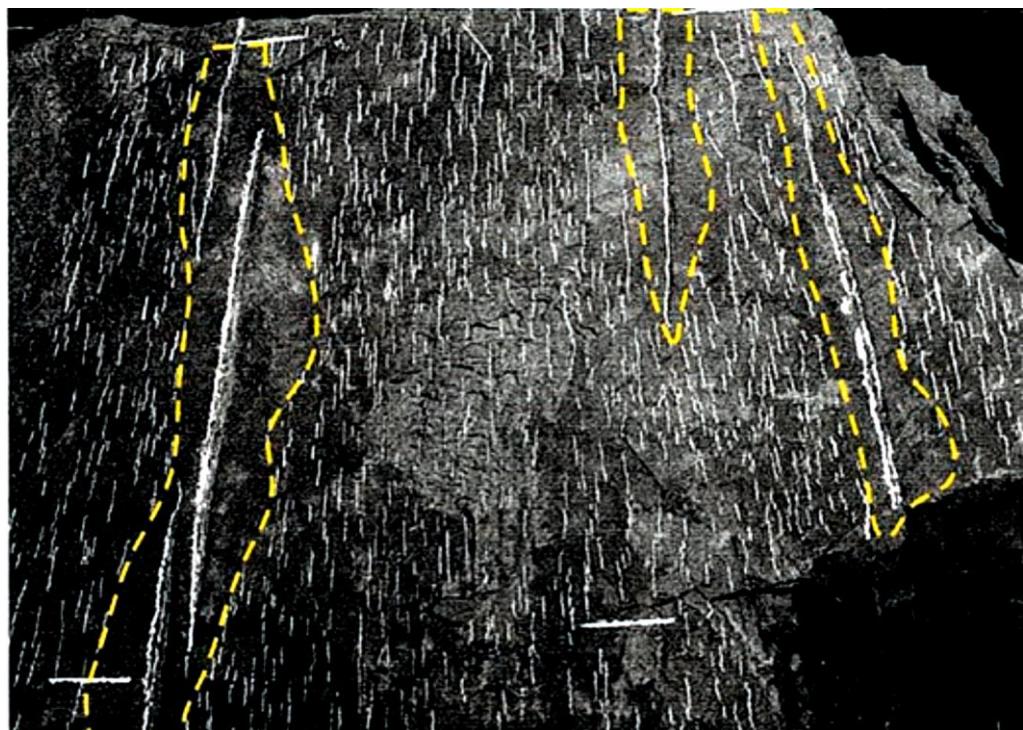


Рисунок 6 - Теневые структуры напряжений [23]

Размерность иерархических блоков оруденения по простирианию в целом подчиняется степенной функции с включениями подсистем крупных, средних, мелких рудных столбов, линз и гнезд, в том числе безрудных и некондиционных интервалов, пережимов. Фрактальная размерность блоков и оруденения иерархически подобны.

Таким же образом исчислены и безрудные перерывы по блокам. Отношения между подсистемами по степени $L_i / L_i + 1$ безрудных блоков с размерностью равным 1,2 (дискретность).

Исходя из фрактальной размерности блоков (рудных и безрудных некондиционных), объем которых, соответственно, составляет 55% и 45% (Рисунок - 7), в таблице 5 интерполированы оценочные линейные размерности блоков, L , равное от 0,7 до 40 м по простирианию или мощности.

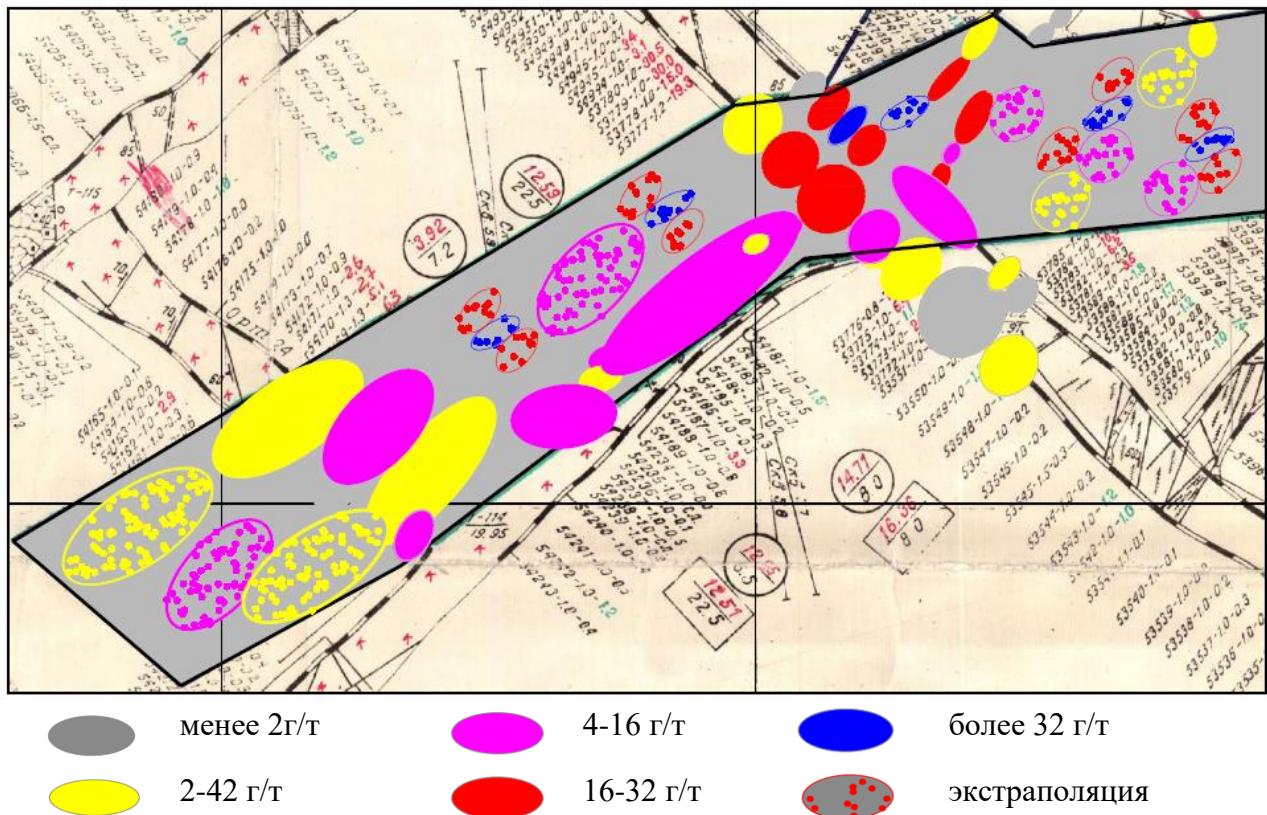


Рисунок 7 - Экстраполяция и интерполяция мозаичной дискретной структуры оруденения фрагмента эксплуатационного блока 17-С1. Цветовой крафт классы содержаний золота

На рисунке 7 наглядно изображена мозаика блоков, составляющая часть контура эксплуатационного блока на горизонте штольни №8. Этот фрагмент контура запасов блока 17-С1, представленный на рисунке, основан на данных, полученных из 48 разведочных проб, взятых на восьми разведочных пересечениях. Для выделения мозаичных блоков оруденения по классам используется «форма эллипса, который в трёхмерном пространстве превращается в эллипсоид с различными сочетаниями продольных и поперечных осей. Это позволяет наглядно отобразить особенности распределения руды. Эллипс довольно близко может учесть степень компактности распределения неоднородностей и элементы анизотропии, участков их скоплений, использование геологических факторов при оконтуривании» [18].

Таблица 5. - Распределение классов содержаний золота (г/т) и влияние классов (%), фрагмента эксплуатационного блока 17-С1(1984г)

LnC	Среднее содержание золота, г/т	Класс по содержанию	частота	частость	влияние, %
-0,03	1,0	0,0-1,99	7	0,15	1,7
0,99	2,7	2,0-3,99	13	0,27	8,7
2,12	8,3	4,0-15,99	21	0,44	43,4
3,14	23,2	16,0-31,99	5	0,10	28,8
3,56	35,2	>32,0	2	0,04	17,5
Всего:			48	1,00	100

Для блока С3 штокверка между горизонтами 3080–3160 м, дана оценка распределения безрудных перерывов и контуров рудных блоков. Объемы дискретных мозаичных блоков приведены на рисунках 8 а и б

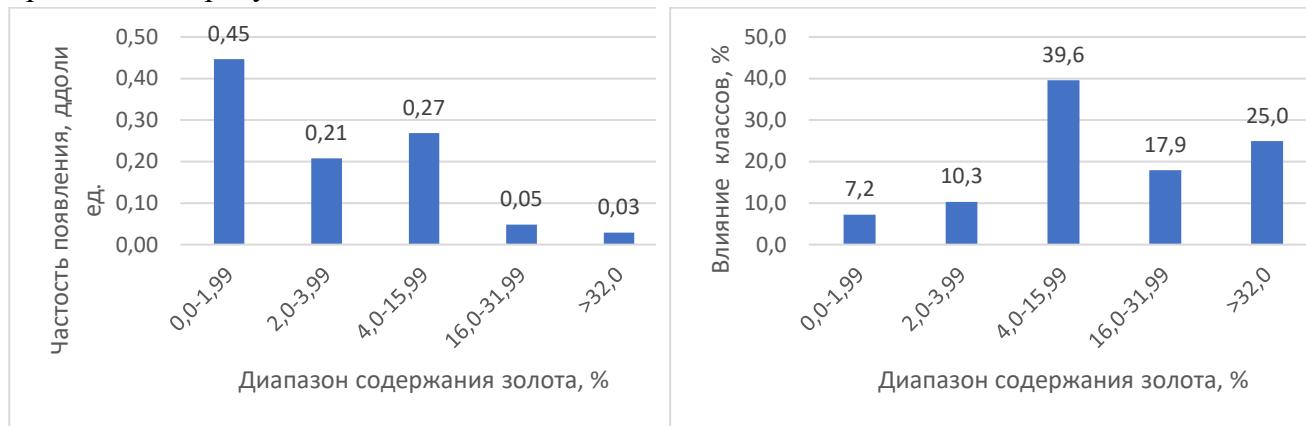


Рисунок 8 - Распределение содержаний золота (а) и влияния (б) по классам содержаний в % на основании анализа 2146 проб, отобранных на горизонтах 3080-3160

Внутриконтурные перерывы оруденения, экстраполированные на площадь влияния длины пробы, горизонт шт.11, приведены в таблице 6. При принятом параметре кондиций по безрудным прослойям, до 5м (1984 г.), две последние строки суммарно составляющие до трети площади контура оруденения, могут рассматриваться как объекты возможного выделения и исключения из добывчих работ- целики. Горизонтальная площадь для выделения последнего по размерности соответствуют рудным фрактальным подсистемам таблица 6. При выделении из очистных работ приведенных блоков, возможен пересчет среднего содержания золота на объем руды с увеличением на соответствующие пустоты «теневые зоны» сплошности оруденения, до 30%. Ранее для одного из золоторудных месторождения Кыргызстана сходные параметры построенные на традиционном подходе «непрерывного типа» оруденения показала необходимые и достаточные параметры методики разведки с увеличением разведочной сети с 40x40м до 80 x 80-120м с допустимыми показателями погрешности и геологической ошибки разведочной модели[24,25].

Таблица 6. - Распределение и размерность безрудных и некондиционных пережимов в контуре оруденения, горизонт шт.11, наблюдения по 818 рядовым проба

S,кв.м	%	LnL
2,0-4,0	42,15	0,55
4,0-8,0	28,10	0,90
8,0-16,0	21,49	1,24
16,0-32,0	8,26	1,59

Заключение. Установлена нелинейная закономерность распределения оруденения по фрактальности (иерархия подсистем самоподобия), размерностью $D=1,3$. Дискретная мозаичность оруденения связана с компактной прерывистостью на видимом дискретном уровне, оруденение концентрируется в изолированные морфологические тела (интерполированы в виде эллипсов), мозаичность на дискретном уровне интерполируется как эллипсоидальные концентрации оруденения в безрудной среде. Исходя из фрактального степенного выражения вхождения подсистемы в систему логарифмированным параметром 1,4 возможно определить дискретную мозаичность оруденения на масштабированной крупных и мелких уровнях концентрации оруденения ($L_{1...i}$). Очевидно, годных для исследования и поиска технологических и геотехнологических характеристик оруденения для оценки сложности оруденения.

Список литературы

1. Лукк А.А. Вариации геофизических полей как проявление детерминированного хаоса во фрактальной среде [Текст] /А.А. Лукк, А.В. Дештеревский и др. - М.: ОИФЗ РАН. 1996. – 210 с.
2. Влох, Н.П. Управление горным давлением на подземных рудниках [Текст] / Н.П. Влох. - М.: Недра, 1994. –208 с.
3. Макаров, П.В. Эволюционная природа блочной организации геоматериалов и геосред. Универсальный критерий фрактальной делимости [Текст] / П.В. Макаров // Геология и геофизика. - 2007. – т 48. – № 7. – С. 724—746.
4. Павлов, А.М. Фрактальные свойства геологической среды как показатель сложности условий эксплуатации золоторудных месторождений [Текст] / А.М.Павлов // Горный информационно-аналитический бюллетень. – М: Изд-во МГТУ, 2011. – № 6. – С. 60–66.
5. Силин, И.И. Фрактальные модели золоторудных месторождений России [Текст] / И.И. Силин. – Кишинев: Академическое издательство LAP Lambert. 2021. –240 с.
6. Чуприн, К.Э.. Мозаичная блочность штокверкового оруденения и обоснование подземной геотехнологии золоторудного месторождения Джеруй [Текст] К.Э. Чуприн, К.З. Курманалиев // Недропользование и транспортные системы. - 2024. – Т. 14. – № 4 . – С. 21–35. <https://doi.org/10.18503/SMTS-2024-14-4-21-35>
7. Cox S.F. Coupling between deformation, fluid pressure and fluid flow in ore-producing hydrothermal systems at depth in the crust // Society of Economic Geologist Inc., Econ. Geol. 100th Anniversary V. 2005.–P. 39-75.
8. Turcotte D. L. Fractals and chaos in geology and geophysics. // Cambridge university press, 1997.

9. Методика разведки золоторудных месторождений [Текст] /под ред. Волларович Г.П., Иванов В.Н. М. ЦНИИГРИ, 1991г. — 262 с.
10. Неганов, В.П. Технология разработки золоторудных месторождений [Текст] / В.П. Неганов, В.И.Коваленко, Б.М. Зайцев и др. - М.: Недра, 1995. – 336 с.
11. Никоноров, В.В. Рудные месторождения Кыргызстана [Текст] / В.В. Никоноров. – Бишкек: МПР КР, КМЭГЭИ, 2009. – 482 с.
12. Nguyen P.T., Cox S.F., Harris L.B., Powell C. A. Fault-valve behaviour in optimally oriented shear zones: an example at the Revenge gold mine, Kambalda, Western Australia // Jurn. Struct. Geol. 1998. –V. 20, № 12. – P. 1625-1640.
13. Балек, А.Е. Особенности напряженного состояния горного массива Соколовского железорудного месторождения [Текст] / А.Е. Балек, А.А. Панжин и др. // Инновационные геотехнологии при разработке рудных и нерудных месторождений: сб. докладов. – Екатеринбург: УГГУ, 2018. – С. 256–264.
14. Павлов, А.М. Геометризация промышленных рудных тел и определение показателей качества отработки запасов в условиях закономерно-прерывистого распределения металла на Зун-Холбинском золоторудном месторождении [Текст] / А.М. Павлов, Е.А. Мальшин, В.А. Филонук // Горный информационно-аналитический бюллетень. – М: Изд-во МГТУ, 2008. – № 12. – С.90-106.
15. Яровой, Н.В. Корректировка экономической оценки в результате заверки сенсорной сортировкой дискретных, фрактальных характеристик оруденения месторождения Акташ(Кыргызская Республика) [Текст] / Н.В. Яровой, М.Б. Сатыбеков, К.З. Курманалиев // Недропользование и транспортные системы. - 2024. – Т. 14. № 3. – С. 28–37. <https://doi.org/10.18503/SMTS-2024-14-3-28-37>
16. Нарсеев, В.А. Распределение содержаний полезного компонента, уровни минерализации и рудные столбы. В кн.: Проблемы образования рудных столбов: материалы симпозиума, г. Новосибирск, 8–12 декабря 1969 г. [Текст] / В.А. Нарсеев, Г.Б. Левин, В.Л. Лось. - Новосибирск: Наука; 1972. – С. 34–38.
17. Канцель, А.В. Функция распределения металла в рудах как генетическая характеристика процесса рудообразования [Текст] / А.В.Канцель // Изв. АН СССР. Сер. геол. 1988. – № 10. – С.18-30.
18. Brady B. T. The nonlinear mechanical behavior of brittle rock Part II—Stress-strain behavior during regions III and IV //International Journal of Rock Mechanics and Mining Sciences & Geomechanics Abstracts. – Pergamon, 1969. – V. 6. – №. 3. – P. 301-310.
19. Васильев, Н. Ю. Параметры прямой связи между процессами эндогенного рудообразования и объёмного разуплотнения горных пород, контролируемой тектоническими деформациями взбросового типа (по реконструкциям полей напряжений регионального и локального рангов) [Текст] / Н.Ю. Васильев //Фундаментальные проблемы тектоники и геодинамики.– Москва: "Издательство ГЕОС", 2020. – Том 1. – 2020. – С. 118-124.
20. Ведмедев, А.В. Коэффициент формы в расчётах подземных сооружений [Текст] / А.В.Ведмедев // Геотехническая механика: межведомств. сб. науч. тр. – Днепропетровск, 2004. – Вып. 51. – С. 250-257.
21. Горяинов, П. М. Самоорганизация минеральных систем [Текст] / П.М. Горяинов. - М.: ГЕОС. – 2001. – Т. 312. – С. 256.

22. Huang Z., Dai X., Dong L. Buckling failures of reserved thin pillars under the combined action of inplane and lateral hydrostaticcompressive forces // Comput. Geotech. – 2017. – V. 87. – P. 128–138. DOI: 10.1016/j.comgeo.2017.02.013.
23. Sibson R. H., Scott J. Stress/fault controls on the containment and release of overpressured fluids: examples from gold-quartz vein systems in Juneau, Alaska; Victoria, Australia and Otago, New Zealand //Ore Geology Reviews. – 1998. – T. 13. – №. 1-5. – C. 293-306.[https://doi.org/10.1016/S0169-1368\(97\)00023-1](https://doi.org/10.1016/S0169-1368(97)00023-1)
24. Сатыбеков, М. Исследования плотности и формы разведочной сети [Текст] / М.Сатыбеков и др. / Известия КГТУ. – 2024. - №4. DOI:10.56634-16948335.2024.4.1051-1077
25. Сатыбеков, М. Геологические погрешности и ошибка собственной модели анализа разведочной сети [Текст] / М.Сатыбеков и др./ Известия КГТУ. - 2024. - №4. DOI:10.56634-16948335.2024.4.1078-1091

УДК 004:896:004.056.5

DOI:10.56634/16948335.2025.4.1025-1032

Р.Н. Аскарбеков, М.С. Байгазиев, М.И. Рazzаков, М.А. Агибаев

И.Раззаков атындағы КМТУ, Бишкек, Кыргыз Республикасы
КГТУ им. И. Раззакова, Бишкек, Кыргызская Республика

R.N. Askarbekov, M.S. Baigaziev, M.I. Razzakov, M.A. Agibaev

I. Razzakov KSTU, Bishkek, Kyrgyz Republic
askarbekov@kstu.kg, mirbek-1985@kstu.kg, razzakoff@kstu.kg, agibaev137@gmail.com

ІТ АУДИТ МЕТОДОЛОГИЯСЫ ЖАНА ПРОЦЕССИ

МЕТОДОЛОГИЯ И ПРОЦЕСС ИТ АУДИТА

IT AUDIT METHODOLOGY AND PROCESS

Кыргыз Республикасындагы көптөгөн уюмдарда маалыматтық технологиялар (МТ) жана анын колдонмолулары әкинчи дарајсадағы курал болбой қалды. Маалымат колдонмолуулары үзгүлтүксүз иштөөнү камсыз кылуу, маалыматтардың купуялуулугун камсыз кылуу жана бизнестин масштабдуулугун камсыз кылуучу уюмдар учун маанилүү актив болуп қалды. МТ кызматтарынын, өнүмдөрүнүн жана технологияларынын тездик менен өсүп жаткан жағдайды эске алуу менен, көптөгөн уюмдар маалыматтық активдерди (МА) текшиерүүдө жана баалоодо кыйынчылыктарга туши болушат. Бул МА коопсуздукун баалоо, анын эффективдүүлүгүн баалоо, натыйжалуу жана оптимальдуу аппараттык тейлөөнү камсыз кылуу жана маалымат архитектурасын аныктоону камтыйт. Бул максатта өнүккөн өлкөлөр алдыңкы тажрыйбага жана ченемдик талаптарга ылайыктуулугун аныктоо үчүн IT аудит колдонушат.

Түйүндүү сөздөр: IT аудит, Кыргыз Республикасы, бухгалтерлер жана аудиторлор, маалыматтық коопсуздук, стандарт, Улуттук банкы коммерциялык банктар, эл аралык стандарттар, бизнес, IT кызмат.

Во многих организациях Кыргызской Республики информационные технологии и продукты ИТ перестали быть вспомогательным инструментом. Информационные продукты стали одним из важных активов организации, от которого зависит обеспечение бесперебойной работы, обеспечение конфиденциальности данных, а также предоставляет возможность масштабировать бизнес. Учитывая, как быстро растет рынок ИТ услуг и сервисов, продуктов и технологий, многие организации испытывают затруднения при проведении проверки и оценки информационных активов (ИА). А именно насколько хорошо защищены ИА, ее оценка, эффективное и оптимальное обслуживание аппаратной части, определение информационной архитектуры и т.п. Для этой цели в развитых странах применяется ИТ аудит, который определяет соответствие лучшим практикам и регуляторным требованиям.

Ключевые слова: IT аудит, бухгалтеры и аудиторы, информационная безопасность, стандарты, Национальный банк коммерческих банков, международные стандарты, бизнес, IT услуги.

In many organizations of the Kyrgyz Republic, information technologies and IT products have ceased to be an auxiliary tool. Information products have become one of the important assets of the organization, on which it depends to ensure smooth operation, ensure data confidentiality, and also provide an opportunity to scale the business. Given how fast the market for IT services and services, products and technologies are growing, many organizations have difficulty verifying and evaluating information assets (IA). Namely, how well the IA is protected, its assessment, efficient and optimal hardware maintenance, information architecture definition, etc. For this purpose, IT audit is used in developed countries to determine compliance with best practices and regulatory requirements.

Key words: *IT audit, accountants and auditors, information security, standards, National Bank of Commercial Banks, international standards, business, IT services*

Аудиттин методологиялык негиздері жана принциптері. Келгиле, ИТ аудит деген әмне жана ал әмне үчүн керек экенин карат көрөлү. ИТ аудити уюмдун ИТ инфраструктурасын, маалымат тутумдарын жана бизнес процесстерин алардын натыйжалуулугун, коопсуздүгүн жана жергиликтүү мыйзамдарга, эрежелерге жана эл аралык стандарттарга шайкештигин камсыз кылуу үчүн баалайт. ИТ аудит маалыматтык системанын бүтүндүгүн, купуялуулугун жана жеткиликтүүлүгүн баалайт, ал кийинчөрөк ИТ бизнес максаттарына жооп берерин камсыздайт. ИТ аудит натыйжалары боюнча тобокелдиктиң аялуу жерлерин, карама-каршылыктарын жана мүмкүн болуучу кесепттерин жоюу үчүн стратегиялык сунуштар чыгарылат [2, 3].

Кыргыз Республикасында эл аралык аудитордук уюмдарга мүчө болгон уюмдар жок, бирок эл аралык таанылган аудитордук сертификаттарга ээ болгон адамдар бар. Аудиттин методологиясын, анын өнүгүшүн жана дүйнө жүзү боюнча жайылышын колдоо үчүн бир нече негизги уюмдар бар, анын ичинде:

➤ Бухгалтерлердин Эл аралык федерациясы (IFAC) 130дан ашык өлкөнүн бухгалтердик эсеп жана аудит боюнча кесипкөй ассоциацияларын бириктирген глобалдык уюм. IFAC мамлекеттик жана жеке сектордо иштеген бухгалтерлер жана аудиторлор үчүн жогорку сапаттагы эл аралык аудит жана этикалык стандарттарды иштеп чыгууга жана ишке ашырууга көмөк көрсөтөт.

➤ Ички аудиторлордун эл аралык институту (The IIА): Бул уюм ички аудитке басым жасайт. Ал ички аудиттин кесиптик практикасынын эл аралык стандарттарын иштеп чыгат жана колдойт жана дүйнө жүзү боюнча адистерге Сертификатталган ички аудитор (CIA) сыйктуу сертификаттарды сунуштайт.

➤ Чоң төрттүк - билүү төрт ири эл аралык аудит жана консалтинг фирмалары: Deloitte, PricewaterhouseCoopers (PwC), Ernst & Young (EY) жана KPMG. Алар аудиттин методологиясын иштеп чыгууда жана практикада колдонууда негизги ролду ойнод, дүйнөдөгү эң ири корпорацияларды тейлеп, кесиптин өнүгүшүнө олуттуу таасирин тийгизет.

Кыргыз Республикасындагы ири компаниялардын көбү эл аралык стандарттарга жана талаптарга жооп берүү үчүн чоң төрттүктүн кызматтарын колдонушат, бул аларга дүйнө жүзү боюнча башка уюмдар менен иштөөгө жана өз ара аракеттенүүгө мүмкүндүк берет. Бул уюмдар банк, тоо-кен казып алуу, камсыздандыруу, телекоммуникация жана башка тармактарда иштешет. Көптөгөн аудитордук фирмалар жана сертификатталган аудиторлор аудит жүргүзүүдө IIА принциптерин карманышат жана аудит жүргүзүүдө этика, калыстык, кесипкөйлүк жана купуялуулук сыйктуу негизги принциптерди сүрөттөгөн ISO 19011 эл аралык стандарты. Ал ошондой эле аудитке тобокелдикке негизделген мамилени киргизет, башкача айтканда аудиторлор аудит пландаштырууда, жүргүзүүдө жана отчеттуулукта тобокелдиктерди эске алыши керек. Стандарт аудит программасын иштеп чыгуу жана башкаруу боюнча сунуштарды берет. Бул аудит программасынын максаттарын, көлөмүн, ресурстарын жана тобокелдиктерин аныктоону камтыйт. Анда аудитти жүргүзүүнүн этаптары кенири сүрөттөлөт: пландаштыруудан жана даярдоодон, жеринде маалыматтарды чогултуудан, интервьюларды өткөрүүдөн, отчеттуулукка жана андан кийинкиге чейин. ISO 19011 аудиторлор өз ишин натыйжалуу аткаруу үчүн ээ болушу керек болгон билим жана

көндүмдөрдүн талаптарын белгилейт. Ошондой эле аудиторлордун компетенттүүлүгүн баалоо жана аларды үзгүлүксүз өнүктүрүү боюнча сунуштарды берет [10].

IT кызматын башкаруунун эки башка дүйнөлүк стандарттары, COBIT жана ITIL, ошондой эле IT аудиттери үчүн колдонмо болуп саналат. Алар уюмдарга маалыматтык технологияларды натыйжалуу башкарууга жардам берет. Алардын максаттары жана ықмалары ар түрдүү жана алар көбүнчө эң жакшы натыйжаларга жетүү үчүн чогуу колдонулат [11, 12]. Келгиле, алардын негизги өзгөчөлүктөрүн белгилеп көрөлү ал таблица 1 көрсөтүлгөн.

1 - таблица. Эл аралык COBIT жана ITIL стандарттары

	COBIT	ITIL
Негизги максат	IT башкаруу (IT Governance)	IT кызматын башкаруу (ITSM)
Фокус	Эмне кылуу керек (максаттар жана көзөмөл)	Муну кантип жасоо керек (процессстер жана практикалар)
Кимдер колдонот	Жогорку, менеджерлер жана аудиторлор үчүн	Орто, IT менеджерлери жана адистери үчүн
Багыты	IT стратегиясын бизнес максаттары, аудит, тобокелдиктерди контролдоо менен байланыштыруу	Кызмат сыйктуу IT процесстерин күнүмдүк контролдоо, мисалы Service Desk, инциденттерди контролдоо, өзгөрүүлөрдү контролдоо.

IT кызматтарынын башкарылышын камсыз кылуудан тышкary (1 таблица), маалыматтык коопсуздукту да эске алуу маанилүү. Маалыматтык коопсуздук өлкөнүн банк сектору жана мамлекеттик маалымат системалары учун өзгөчө актуалдуу маселе болуп саналат. Бул эки аймак көбүнчө киберчабуулдарга, социалдык инженерияга жана фишингдик чабуулдарга дуушар болушат. IT аудити ошондой эле уюмдун IT инфраструктурасын маалыматтык коопсуздук талаптарына шайкештигин текшерүүнү камтыйт. Маалыматтык коопсуздукту баалоодо аудитор ар кандай жалпы кабыл алынган стандарттарды жана көрсөтмөлөрдү эске алынышы 1 таблица көрсөтүлгөн.

2 - таблица. Маалыматтык коопсуздукту баалоо

Стандарт	Максат	Description
ISO/IEC 27001	Маалыматтык коопсуздукту башкаруу системасы (МКБС)	МКБСти иштеп чыгууга, ишке ашырууга жана өркүндөтүүгө карата талаптар. Расмий сертификацияны алуу жана маалыматтык коопсуздук боюнча уюмдун милдеттенмесин көрсөтүү үчүн колдонулат.
ISO/IEC 27002	Практикалык сунуштар маалымат коопсуздугуна ылайык	ISO 27001де сүрөттөлгөн талаптарды ишке ашыруу учун контролдук чараплардын жана сунуштардын деталдуу комплекси. Жардам берет уюмдар тандоо жана колдонуу ылайыктуу билдирет коргоо .
NIST Cybersecurity Framework	Кибер тобокелдиктерди контролдоо	Беш негизги функцияга негизделген ийкемдүү алкак (аныктоо, коргоо, аныктоо, жооп берүү, калыбына келтирүү). Уюмдардын киберкоопсуздук программынын түзүгөө жардам берет.
CIS Controls	Коопсуздукту камсыздоодо приоритет берүү	Кеңири тараалган киберчабуулдардан коргоодо натыйжалуулугун далилдеген маанилүү чараплардын жыйындысы. Практикалык тизме аракеттер, уч денгээлге бөлүнөт.

PCI DSS	Төлөм карталарынын маалымат коопсуздугу	Visa, Mastercard ж.б. тарабынан иштелип чыккан стандарт, төлөм картасынын маалыматтарын иштеткен, сактаган же колдонуп жаткан уюмдарга талаптарды койот.
GDPR	Европа Биримдигинин (ЕБ) маалымат коргоо регламенти	Бул катаал мааниде стандарт эмес, бирок ЕБ жаарандарынын жеке маалыматтарын чогултуунун, иштетүүнүн жана коргоонун катаал эрежелерин белгилөө менен дүйнө жүзү боюнча маалыматтык коопсуздук талаптарына олуттуу таасир эткен Европа Бирлигинин жобосу.

Өзүнөр көргөндөй 1 таблица көрсөтүлгөндөй аудитордун билими эл аралык стандарттарды жана жол-жоболорду билүүгө гана эмес, ошондой эле Кыргыз Республикасынын жергиликтүү мыйзамдарына жана талаптарына негизделет, мисалы:

- Киберкоопсуздуктун бирдиктүү тутумунун укуктук негиздерин белгилеген «Киберкоопсуздук жөнүндө» Кыргыз Республикасынын Мыйзамы маалыматтык инфраструктураны, анын ичинде маанилүү объекттерди коргоонун принциптерин жана талаптарын аныктайт.

- Жеке маалыматтарды иштеп чыгууга, сактоого жана коргоого байланышкан мамилелерди жөнгө салган "Жеке маалымат жөнүндө" Кыргыз Республикасынын Мыйзамы. Мыйзам маалымат ээлерине талаптарды белгилейт жана маалымат субъекттерине укуктарды берет.

- Кыргыз Республикасынын Кылмыш-жаза кодексинде "Киберкоопсуздукка каршы кылмыштар" деген өзүнчө бөлүм бар, анда уруксатсыз кириүү, зыяндуу программаларды түзүү жана жайылтуу, кибердиверсия жана башка аракеттер үчүн кылмыш-жаза жоопкерчилиги караган.

- Мамлекеттик маалыматтык системалардагы, ошондой эле маалымат базаларындагы маалыматты коргоого карата талаптар деталдуу түрдө чагылдырылган Кыргыз Республикасынын Өкмөтүнүн токтомдору.

Мыйзамдардан тышкary Кыргыстандагы уюмдар коопсуздуктун жогорку денгээлин камсыз кылуу үчүн эл аралык стандарттарды да (мурунку таблицада келтирилген) колдонушат. Тармактык ченемдик укуктук актылар да бар: мисалы, Кыргыз Республикасынын Улуттук банкы коммерциялык банктар үчүн маалыматтык коопсуздук талаптарын белгилеген атайдын жоболорду иштеп чыгат. Бул документтер антивирустук программаны колдонуунун, маалыматтардын камдык көчүрмөсүн сактоонун жана кириүү мүмкүнчүлүгүн башкаруунун атайдын эрежелерин камтыши мүмкүн.

IT аудит процесси.

IT аудит процесси – бул маалыматтык технология инфраструктурасынын уюмдун максаттарына жана милдеттерине шайкештигин комплекстүү баалоого, ошондой эле тобокелдиктерди аныктоого жана аларды минималдаштыруу боюнча сунуштарды иштеп чыгууга багытталган системалуу, көп этаптуу процедуралардын жыйындысы [4, 6]. IT аудит баштоодон мурун, анын кандай максаттарда башталганын карап көрөлү:

- уюмдун маалыматтык инфраструктурасын, системаларын жана технологияларын текшерүү;
- орнотуулар, өзгөртүүлөр жана жаңыртуулар мыкты тажрыйбаларга ылайык келерин текшерүү;
- болгон жана мүмкүн болуучу тобокелдиктерди жана коркунучтарды аныктоо;
- IT инфраструктурасын тейлөөгө чыгымдарды минималдаштыруу жолдорун аныктоо;
- IT системаларынын жана кызматтарынын натыйжалуулугун жогорулатуу боюнча сунуштар;

- маалыматтык коопсуздуку башкаруу системасын өркүндөтүү боюнча сунуштар.

IT аудитинин максаттарын аныктагандан кийин жумушчу топ бекитилип, аудиттин планы иштелип чыгат, анын ичинде иш графиги, ролду жана ресурстарды бөлүштүрүүнү, ошондой эле баалоо методологиясын тандоону камтыйт. Негизги этап баштапкы маалыматтарды чогултууну жана андан кийин аны талдоону камтыйт. Маалымат чогултуу ыкмаларына негизги кызматкерлерден интервью алуу, документтерди карап чыгуу жана техникалык тестирлөө кирет. Алынган маалыматтар аудиттин стандарттарынын негизинде иштелип чыккан атайын инструменттердин жана текшерүү баракчаларынын жардамы менен талданат. Маалыматтарды чогултуунун жана талдоонун негизинде аудитор отчетту түзөт. Аныкталган кемчиликтөр жана сыпattамага дал келбegen олуттуулугу жана бизнес процесстерине потенциалдуу таасири боюнча классификацияланат. Жыйынтыктоочу этап жетекчиликке отчетту берүүнү жана сунуштарды ишке ашыруу боюнча иш-чаралардын планын биргелешип иштеп чыгууну камтыйт. Бул планда конкреттүү иш-чаралар, аларды ишке ашыруунун мөөнөттөрү жана жооптуу адамдар камтылууга тийиш. Сунуштардын аткарылышын кийинки мониторинг жана контролдоо аудиттин максаттарына жетишүүнү жана уюмдун IT инфраструктурасынын жетилгендик деңгээлин жогорулатууну камсыз кылат. Уюм ала турган пайдаларды, тактап айтканда, IT инфраструктурасынын абалын жана натыйжалуулугун мүнөздөгөн сапаттык жана сандык көрсөткүчтөрдүн иштелип чыккан топтомун белгилеп кетүү маанилүү. Корутунду отчет оптималдуу эффективдүүлүккө тоскоол болгон системанын сыпattамага дал келбegen жана катачылыктын критикалык пункттарын аныктайт. Алынган маалыматтардын негизинде кайра уюштуруу боюнча стратегиялык сунуштар жана IT системасын өнүктүрүү планы иштелип чыккан. Бул план инфраструктураны модернизациялоо жана масштабдоо векторун аныктоочу уюмду өнүктүрүүнүн стратегиялык планын түзүү үчүн негиз боло алат. Ошентип, аудиттин натыйжалары уюмдун технологиялык жетилгендигин жогорулатууга багытталган негизделген башкаруу чечимдерин кабыл алуу үчүн аналитикалык негизди түзөт [9, 10, 11, 12].

Мисал катары маалымат системасынын IT аудит карап көрөлү. Анын максатын аныктап көрөлү — мисалы, маалыматтык системаны башкаруунун натыйжалуулугун жана ишенимдүүлүгүн, анын бизнестин максаттарына, ички саясаттарына жана тышкы ченемдик талаптарга шайкештигин баалоо. Андан кийин, IT аудит көлөмүн аныктайты:

- Системанын түрү жана анын сүрөттөлүшү, тактап айтканда, ал кайсы системага тиешелүү (ERP же CRM). Enterprise Resource Planning - компаниянын ички процесстерине (өндүрүш, финансы, логистика) көңүл бурага. Customer Relationship Management - тышкы процесстерге басым жасайт, кардарлар менен өз ара аракеттенүү жана сатуу үчүн колдонулат.

- Серверлер, тармактык жабдуулар, маалымат базалары, тиркемелер, жумушчу станциялар сыйктуу IS компоненттери.

- резервдик көчүрүү, инциденттерге жооп берүү сыйктуу IS бизнес процесстери.

IT аудитин жүргүзүү үчүн текшерүү баракчасынын үлгүсүн карап көрөлү, бирок бул текшерүү тизмеси анда көрсөтүлгөн суроолор менен эле чектелбестигин жана IT аудитине коюлган максаттарды эске алуу менен кеңейтилиши мүмкүн экенин белгилей кетүү керек (3 таблицаны караңыз).

3 – таблица. IT аудитти жүргүзүү үчүн текшерүү баракчасынын үлгүсү

№	Контролдор	Суроолор	Статус
1.	Жалпы башкаруу		
1.1	Уюштуруучулук түзүлүш	IT функциялары үчүн жооптуу уюштуруу структурасы бекитилгенбى?	

1.2	Стратегиялык саясат жана процедуралар	IT башкаруу жана маалыматтык коопсуздук боюнча документтештирилген саясаттар жана процедураның барбы?	
1.3	Активдерди баалоо, эсептөө, аныктоо	Бардык IT активдеринин (аппараттык жана программалык камсыздоо) толук инвентаризациясы жүргүзүлөбү?	
---	---	---	---
2.	Маалымат системасына кирич мүмкүнчүлүгүн көзөмөлдөө		
2.1	Аккаунтарды башкаруу	Аккаунттарды түзүүнүн, ондоонун жана жок кылуунун жол-жобосу барбы?	
2.2	Укуктарды ажыратуу	Кызматкерлердин кирич укуктары алардын кызматтык милдеттерине шайкеш келеби?	
2.3	Сырсөздөрдү колдонуу	Татаал сырсөздөрдү колдонуу саясаты барбы (узундугу, жарактуулук мөөнөтү)?	
2.4	Көп факторлуу аутентификация	Кооптуу маалымат системалар үчүн көп факторлуу аутентификация колдонулабы?	
---	---	---	---
3.	Өзгөртүүлөрдү башкаруу		
3.1	Өзгөртүүлөр процесстері	Маалымат системаларга өзгөртүүлөрдү киргизүү үчүн анкыталган, белгилүү процесс барбы?	
3.2	Сыноо	Өзгөртүүлөр өндүрүшкө киргизилгенге чейин текшерилгенби?	
3.3	Өзгөртүүлөр журналы	Бардык өзгөрүүлөрдүн журналы барбы, анда себептери, баяндамасы жана ким жооптуу жазылабы?	
---	---	---	---
4.	Резервдик көчүрмө жана калыбына келтирүү		
4.1	Камдык көчүрмөнү сактоо саясаты	Бекитилген резервдик саясат барбы (периоду, түрү)?	
4.2	Калыбына келтирүү сыноосу	Маалыматтарды калыбына келтирүү тесттери камдык көчүрмөдө үзгүлтүксүз аткарылабы?	
4.3	Маалымат сактоо	Камдык көчүрмөлөр негизги жабдуулардан өзүнчө коопсуз жерде сакталабы?	
---	---	---	---
5.	Аялууну башкаруу		
5.1	Аялууну скандоо	Аялуу жерлерди сканерлөө үзгүлтүксүз жүргүзүлөбү?	
5.2	Жаңыртуулар (патчтар)	Системалар жана тиркемелер үчүн коопсуздук жаңыртуулары өз убагында орнотулуп жатабы?	
5.3	Антивирустук коргоо	Бардык жумушчу станцияларда жана серверлерде антивирустук программа орнотулуп,	

		жаңыртылганбы?	
---	---	---	---
6.	Физикалык коопсуздук башкаруу		
6.1	Имаратка кириүү мүмкүнчүлүгүн көзөмөлдөө	Серверлерге жана тармактык жабдууларга физикалык жетүү чектелгенбі?	
6.2	Коргоо жабдуулар	Жабдуулар тышкы факторлордон (өрт, суу каптоо, электр энергиясынын кескин жогорулаши) корголгонбу?	
6.3	Видеокөзөмөл	Критикалык жабдуулар бар аймактарга видеокөзөмөл барбы?	
---	---	---	---

Ал эми IT аудит кандай өнүгүп жатканы жана анын келечеги кандай болору жөнүндө 3 таблицада кененирәек маалымат көрсөтүлгөн, ISACA изилдөөсүндө жакшы көрсөтүлгөн. Бул изилдөөнүн натыйжалары, азыркы учурда IT аудит кандайча колдонулуп жатканын жана келечекте IT аудит үчүн эмнелер колдонулушу күтүлүп жатканын чагылдырып, төрт технологияны жана методдорду аныктады: жасалма интеллект, машинаны үйрөтүү, болжолдуу аналитика жана процесстерди талдоо. Бул технологиялар жана методдор биринчи кезекте структураланган маалыматтарды талап кылат. Бирок, IT аудит учурунда далил катары структураланбаган маалыматтардын чоң көлөмү менен иштеп жатат. Ошондуктан, табигый тил иштетүү, ошондой эле бул изилдөө мамиленин негизинде структураланбаган текст маалыматтарды талдоо үчүн багытталган технологияларды киргизилген [8].

IT аудит ар кандай бизнестин маанилүү бөлүгү болуп саналат жана өнүгүүнүн ушунчалык деңгээлине жеткен, аны ишке ашыруу экономиканын бардык тармактарында маанилүү болуп калды. Бул ошондой эле аудитте берилген маалыматтарды изилдөө жана жигердүү текшерүү үчүн кошумча изилдөөчүлөрдүн, ошондой эле бул тармакта иштеген башка адистердин зарылдыгын жогорулатат. Академиялык коомчулуктан тышкary жарыяланган документтердин саны абдан көп болсо да, илимий журналдардан IT аудитине гана арналган макалаларды табуу кыйынга турат [7].

Корутундулар.

Бул макалада IT аудитинин методологиясы, анын максаттары жана мүмкүн болуучу натыйжалары көрсөтүлөт. Учурда Кыргыз Республикасында IT аудит боюнча адистерди даярдоо жок. Бул боштукуту Кыргыз Республикасында катталган эл аралык аудитордук фирмалар толуктоого аракет кылып жатат. Алар эл аралык талаптарга ылайык IT аудит кызматтарын сунушташат жана тийиштүү сертификаттары бар аудиторлор жүргүзүштөт. Кыргыз Республикасынын мыйзамдык базасы зарыл процессуалдык ченемдер жана башка ченемдик укуктук документтер менен толуктоо процессинде. Медицина жана билим берүү сыйктуу секторлордогу көптөгөн мамлекеттик мекемелер стандарттарга жооп бербейт, бирок IT кызматтары рыногунун өнүгүүсүндөгү дүйнөлүк тенденция бул секторлордун да өнүгүшүнө дем берип жатат [1, 5]. Өлкөнүн илимий-практикалык адабияты да байкаларлык артта калып, бул багыттагы эмгектердин аз сандагы камтылгандыгын белгилей кетүү керек. Өлкөдө IT кызматтары рыногунда эл аралык нормаларга жана стандарттарга шайкеш келүүнү камсыз кылуу үчүн билим базасын жана IT аудит боюнча адистерди өнүктүрүүгө олуттуу суроо-талап бар.

Адабияттар тизмеси

1. Аскарбеков, Р. Н. Информационные технологии в делопроизводстве учебного заведения [Текст] / Р. Н. Аскарбеков, Т. Р. Орусколов, М. И. Раззаков // Проблемы автоматики и управления. – 2022. – № 3(45). – С. 103–109. – EDN QBZKWS.
2. Клочкова, Т. В. Роль аудита информационных технологий в информационной безопасности [Текст] / Т. В. Клочкова // Вопросы науки и образования. – 2019. – № 10(56). – С. 4–12.
3. Крышкин, О. Настольная книга по внутреннему аудиту: риски и бизнес-процессы [Текст] / О. Крышкин. – М.: Альпина Паблишер, 2015. – 600 с.
4. Петров, В. Ю. Подходы к проведению ИТ-аудита в малом и среднем бизнесе // Вестник Алтайской академии экономики и права [Текст] / В. Ю. Петров, Е. С. Тарасова. – 2019. – № 1. Ч. 2. – С. 140–146.
5. Раззаков, М. И. Разработка мобильного приложения для учета учебных показателей студентов [Текст] / М. И. Раззаков, Р. Н. Аскарбеков // Наука, новые технологии и инновации Кыргызстана. – 2023. – № 7. – С. 39–43. – DOI 10.26104/NNTIK.2023.84.62.008. – EDN HKZAFM.
6. Ситнов, А. А. ИТ-аудит как проверка соответствия информационной системы бизнес-задачам компании [Текст] / А. А. Ситнов, Б. Р. Бареева // Economic problems and legal practice. – 2020. – Т. XVI, № 2. – С. 98–101. – ISSN 2541-8025.
7. Klinkenborg, K., Streff K., Nzailu A. IT Audit Literature: A Future-Looking Research Agenda // Proceedings of the Conference on Information Systems Applied Research. – 2017. – Austin, Texas, USA.
8. Tanriverdi, N. S., Taskin N. A systematic literature review for new technologies in IT audit // *Acta Infologica*. – 2023. – Vol. 7, No. 2. – P. 396–408. – DOI 10.26650/acin.1142281.
9. Международный стандарт. ISO 27001:2022 [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://www.iso.org/ru/standard/27001>
10. Международный стандарт. ISO 19011:2018 [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://www.iso.org/ru/standard/70017.html>
11. COBIT 2019 Framework: Introduction & Methodology [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://store.isaca.org/s/store#/store/browse/detail/a2S4w000004Ko9cEAC>
12. Introductory Overview of ITIL 4 [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://www.itsmf.co.uk/wp-content/uploads/2020/11/Introductory-Overview-of-ITIL4.pdf>

А.А. Сагымбаев¹, Амантур А. Сагымбаев², Н.Т.Калматов³

¹И. Раззаков атындагы КМТУ, ²IaaS булат камсыздоочу RackCorp

³КР Инженердик Академиясы, Бишкек, Кыргыз Республикасы

¹КГТУ им. И. Рazzакова, ²Облачный провайдер «IaaS RackCorp»

³Инженерная академия КР, Бишкек, Кыргызская Республика

А.А. Sagymbaev¹, Amantur A. Sagymbaev², N.T. Kalmatov³

¹I. Razzakov KSTU, ²Cloud provider «IaaS RackCorp»,

³Engineering Academy of the Kyrgyz Republic, Bishkek, Kyrgyz Republic

ЦИФРОВАЯ ТРАНСФОРМАЦИЯ И СОЦИАЛЬНАЯ СПРАВЕДЛИВОСТЬ: ОПЫТ КЫРГЫЗСТАНА В РАМКАХ ПРОЕКТА DIGITAL-CASA

САНАРИПТИК ТРАНСФОРМАЦИЯ ЖАНА СОЦИАЛДЫК АДИЛЕТТҮҮЛҮК: DIGITAL-CASA ДОЛБООРУНУН АЛКАГЫНДА КЫРГЫЗСТАНДЫН ТАЖРЫЙБАСЫ

DIGITAL TRANSFORMATION AND SOCIAL JUSTICE: THE CASE OF KYRGYZSTAN UNDER THE DIGITAL-CASA PROJECT

Макалада санараптик трансформация менен социалдык адилеттүүлүктүн өз ара байланышы Кыргыз Республикасында ишке аширылып жаткан Digital-CASA долбоорунун мисалында изилденет. Өзгөчө көңүл долбоордун нормативдик базасына, анын ичинде Дүйнөлүк банк менен биргеликте иштеп чыккан «Көчүрүү боюнча алқактык саясат» документине бурулат. Макалада санараптик долбоорлордо социалдык коргоонун эл аралык ыкмалары, компенсация механизмдери жана инклузивдүү башкаруунун принциптери каралат. Санариптик стратегияларды адам укуктары, туруктуу өнүгүү жана жарандык коомдун активдүү катышуусу менен шайкеш келтириүүнүн зарылдыгы белгиленет. Изилдөөнүн жыйынтыктары эл аралык стандарттарды улуттук санараптик трансформация саясатына адаптациялоонун маанилүүлүгүн, ошондой эле бул процесстер элдин ишенимине жана инфраструктуралык долбоорлорду ишке ашируунун натыйжалуулугуна тийгизген таасирин көрсөтөт.

Түйүндүү сөздөр: санараптик трансформация, социалдык адилеттүүлүк, Digital-CASA, Дүйнөлүк банк, Кыргызстан, көчүрүү, туруктуу өнүгүү, санараптик инфраструктура, инклузивдүүлүк, адам укуктары.

В статье исследуется взаимосвязь цифровой трансформации и социальной справедливости на примере реализации проекта Digital-CASA в Кыргызской Республике. Особое внимание уделено нормативной базе проекта, включая документа «Рамочная политика по переселению», разработанного совместно с Всемирным банком. В статье рассматриваются международные подходы к социальной защите в цифровых проектах, механизмы компенсации и принципы инклюзивного управления. Подчеркивается необходимость синхронизации цифровых стратегий с правами человека, устойчивым развитием и активным участием гражданского общества. Результаты исследования демонстрируют значимость адаптации международных стандартов в национальной политике цифровой трансформации, и их влияние на доверие населения и эффективность реализации инфраструктурных проектов.

Ключевые слова: цифровая трансформация, социальная справедливость, Digital-CASA, Всемирный банк, Кыргызстан, переселение, устойчивое развитие, цифровая инфраструктура, инклюзивность, права человека.

This article explores the interrelationship between digital transformation and social justice through the lens of the Digital-CASA project implemented in the Kyrgyz Republic. Special attention is given to the project's regulatory framework, including the Resettlement Policy Framework developed jointly with the World Bank. The article reviews international approaches to social safeguards in digital initiatives, compensation mechanisms, and principles of inclusive governance. The authors emphasize the need to align digital strategies with human rights, sustainable development, and active civil society engagement. The findings highlight the importance of adapting international standards in national digitalization policy and their influence on public trust and the effective implementation of infrastructure projects.

Key words: digital transformation, social justice, Digital-CASA, World Bank, Kyrgyzstan, resettlement, sustainable development, digital infrastructure, inclusiveness, human rights.

Введение. Цифровая трансформация на современном этапе становится не только технологическим прорывом, но и глубинным социокультурным процессом, формирующим новые модели взаимодействия между государством, обществом и бизнесом. Внедрение цифровых решений затрагивает фундаментальные аспекты социальной структуры: доступ к информации, равенство возможностей, участие в принятии решений и реализацию прав человека. Развитие платформ электронного взаимодействия, информационно-коммуникационной инфраструктуры, систем цифрового управления и удаленных сервисов открывает перед обществом беспрецедентные перспективы, но одновременно обостряет риски социального расслоения, отчуждения уязвимых групп и усиления цифрового неравенства [1,2].

Кыргызская Республика, будучи частью глобального цифровой трансформации, осуществляет реализацию масштабного проекта Digital-CASA при институциональной поддержке международных организаций. Цель проекта заключается не только в модернизации цифровой инфраструктуры и расширении доступа к высокоскоростному интернету, но и в обеспечении справедливости при проведении инфраструктурных преобразований. При этом становится очевидным, что цифровизация должна разворачиваться в рамках, где технологический прогресс не противоречит принципам социального равенства и правовой защищенности граждан.

Особое значение в этой связи приобретает механизм защиты прав затрагиваемого населения в процессе реализации инфраструктурных работ. Опыт международной практики свидетельствует: только те цифровые инициативы, которые строятся на основе участия, прозрачности и справедливого распределения выгод, способны претендовать на устойчивость и легитимность. Игнорирование этих параметров может привести к снижению доверия со стороны населения, юридическим спорам и институциональной нестабильности.

В контексте Кыргызской Республики эти вызовы становятся особенно актуальными, учитывая разнообразие регионов, различия в уровне цифровой грамотности и историческую чувствительность вопросов, связанных с правами на землю и доступом к информации. Международные партнеры, в том числе Всемирный банк, обращают особое внимание на соблюдение стандартов экологической и социальной защиты, что отражено в документе «Рамочная политика по переселению», разработанном в рамках Digital-CASA. Этот документ задает нормативную основу для предотвращения социальных конфликтов и справедливого решения вопросов, связанных с перемещением, компенсацией и участием населения.

Целью настоящего исследования является комплексная оценка подходов к обеспечению социальной справедливости при реализации проекта Digital-CASA, с акцентом на анализ адаптации международных стандартов к местным условиям. В центре внимания находятся как правовые механизмы и институциональные рамки, так и практики участия граждан в управлении цифровыми изменениями.

Исследование предполагает решение следующих задач:

- выявить применимость глобальных стандартов цифровой справедливости в условиях Кыргызской Республики;
- проанализировать содержание и реализацию документа «Рамочная политика по переселению»;
- оценить степень институциональной готовности и координации государственных органов;
- сформулировать рекомендации по укреплению социальной компоненты в проектах цифровизации.

В этом контексте статья направлена на развитие научной и практической дискуссии о том, как обеспечить сбалансированное сочетание технологической модернизации с социальными гарантиями, адаптированными к реалиям развивающихся стран.

1. Международный контекст цифровой справедливости

Цифровая справедливость в современной повестке развития рассматривается не только как вопрос этики или прав человека, но и как необходимое условие устойчивости цифровых трансформаций. В центре этой концепции находятся равный доступ к цифровым ресурсам, возможность участия всех категорий граждан в цифровой экономике, а также институциональные гарантии, защищающие уязвимые группы от негативных последствий технологического обновления.

По данным Организации Объединенных Наций, цифровое неравенство признано одним из существенных препятствий для достижения Целей устойчивого развития, особенно в части развития инфраструктуры, сокращения социального разрыва и укрепления инклюзивных институтов [1]. Доклад ЮНЕСКО подчеркивает, что цифровая трансформация, если не сопровождается социальными мерами, может не только воспроизводить уже существующие формы исключения, но и создавать новые – основанные на уровне цифровой грамотности, территориальной удалённости или экономических возможностях [2].

Значительный вклад в разработку подходов к цифровой справедливости внес Всемирный экономический форум, указав в своем аналитическом обзоре на то, что технологические реформы, реализуемые без участия населения и без внедрения прозрачных механизмов подотчетности, усиливают недоверие к государственным институтам и углубляют социальную поляризацию [3]. Это особенно актуально для стран с ограниченными ресурсами правоприменения и слабой гражданской вовлеченностью.

Практические инструменты обеспечения цифровой справедливости разрабатываются на уровне наднациональных объединений. Так, в Европейском союзе принятые стратегические документы, регламентирующие переход к цифровому обществу с опорой на права граждан, включая обязательную оценку социального воздействия цифровых инициатив. В Германии внедряется подход «инклюзивного цифрового проектирования», при котором государственные цифровые сервисы проходят аудит на предмет доступности и социальной безопасности до начала реализации [4].

Особое внимание в международной практике уделяется принципам так называемого общественно-ориентированного цифрового развития, в рамках которого цифровые решения оцениваются не только по экономическим, но и по общественным критериям. В странах Северной Европы, например, цифровая политика выстраивается вокруг понятия «общественной ценности», предполагающей приоритет общественного интереса над рыночной эффективностью [5].

Схожие подходы внедряются в рамках проектов электронного управления, реализуемых в странах с переходной экономикой. В Эстонии и Грузии создаются платформы цифрового взаимодействия, где ключевыми принципами выступают прозрачность алгоритмов, доступ к процедурам обжалования и защита цифровых прав. Такие механизмы способствуют не только росту доверия населения, но и устойчивости самих цифровых реформ [6].

Таким образом, современный международный контекст диктует необходимость сочетания цифрового прогресса с институциональной подотчетностью, социальной защитой

и участием граждан. Эти ориентиры формируют новое поколение цифровых стратегий, где цифровая инфраструктура рассматривается не как самоцель, а как инструмент укрепления социальной справедливости, прав и достоинства человека.

2. Проект Digital-CASA в Кыргызской Республике: подход к социальной справедливости

Проект Digital-CASA в Кыргызской Республике представляет собой региональную инициативу, направленную на укрепление цифровой связности и формирование условий для интеграции Центральной Азии в глобальное цифровое пространство. Инициированный при содействии международных финансовых организаций, проект нацелен не только на модернизацию телекоммуникационной инфраструктуры, но и на выстраивание устойчивой цифровой экосистемы, чувствительной к социальным и экологическим параметрам развития [7-9].

Национальный сегмент проекта включает в себя несколько ключевых компонентов: строительство волоконно-оптических линий связи, подключение удаленных населенных пунктов, создание региональных цифровых хабов и центров обработки данных, внедрение платформ межведомственного взаимодействия, а также проведение нормативно-правовой гармонизации с международными стандартами в сфере ИКТ [7,10].

Однако центральной особенностью проекта стало то, что с самого начала в его реализации была заложена социальная составляющая. Совместно с международными партнерами был разработан документ «Рамочная политика по переселению» (Resettlement Policy Framework - RPF), основанный на стандартах Экологической и социальной основы Всемирного банка (ESS5), которые регламентируют действия государств в отношении лиц, затрагиваемых инфраструктурными проектами [11,12].

Документ RPF в кыргызском контексте выполняет сразу несколько функций:

- определяет категории населения, подлежащие защите в случае утраты жилья, земли или доступа к ресурсам;
- устанавливает обязательность предварительных консультаций с общинами;
- гарантирует предоставление компенсации или альтернативных участков до начала строительных работ;
- предусматривает механизмы подачи жалоб и внешнего мониторинга [11,13].

Важно отметить, что эти положения имеют не только формальный характер. По данным отчета о реализации проекта за 2023 год, в Кыргызской Республике уровень соблюдения процедур, предусмотренных RPF, составил 82%, что говорит о наличии институциональной воли к соблюдению стандартов социальной защиты [13].

Внедрение RPF сопровождалось активным участием местных администраций и неправительственных организаций, а также привлечением экспертов по социальной оценке. Эта меж секторальная модель реализации позволила учесть интересы различных стейкхолдеров и обеспечить более устойчивый характер цифровых преобразований [14, 15].

Наряду с технической модернизацией, проект Digital-CASA продемонстрировал возможность практической адаптации международных стандартов социальной справедливости к условиям развивающейся страны. Это особенно важно в условиях, когда модернизация может повлечь не только благоустройство, но и социальную напряженность, особенно в контексте земельных отношений и прав собственности.

Таким образом, Digital-CASA в Кыргызской Республике выступает не просто инфраструктурным проектом, а моделью цифровой трансформации, в которой защита уязвимых групп населения интегрирована в архитектуру цифрового строительства. Этот опыт позволяет говорить о возможности выстраивания справедливой цифровой среды даже в условиях ограниченных ресурсов, при условии политической воли и институциональной координации.

3. Общественное участие и механизмы инклузии

Социальная устойчивость цифровой трансформации в значительной степени зависит от уровня включённости населения в процессы принятия решений и реализации

инфраструктурных инициатив. Международный и региональный опыт подтверждают, что даже самые технологически продвинутые проекты могут столкнуться с сопротивлением, если игнорируется принцип инклузивности - то есть вовлечения всех заинтересованных сторон, особенно тех, чьи права или интересы затрагиваются напрямую [6,16,17].

Проект Digital-CASA в Кыргызской Республике изначально ориентировался на необходимость соблюдения этих принципов. В рамках реализации положений документа «Рамочная политика по переселению» особое внимание было уделено вовлечению местных сообществ, повышению их информированности и предоставлению инструментов для защиты своих интересов. Согласно стандартам ESS5, предусмотрено не только предварительное информирование затронутого населения, но и участие в разработке компенсаторных механизмов и мониторинге их реализации [11,12].

На практике эти положения были реализованы через следующие инструменты:

- проведение общественных консультаций в населённых пунктах, попадающих в зону действия проекта;
- внедрение механизмов обратной связи, включая возможность подачи жалоб через местные администрации;
- включение представителей гражданского общества в оценку реализации социальных обязательств.

В 2023 году Министерством цифрового развития Кыргызской Республики при содействии неправительственных организаций были организованы пилотные общественные обсуждения в Бишкеке, Оше, Нарыне и Баткене, в которых приняли участие свыше 1500 граждан. Согласно исследованию, выполненному по методике Академии электронного управления, подавляющее большинство респондентов - около 92% - положительно оценили инициативу по цифровизации. Однако только 37% опрошенных знали о существовании механизмов подачи обращений в случае нарушения их прав [6,10,16].

Этот дисбаланс между поддержкой цифровых преобразований и низким уровнем осведомлённости о механизмах защиты свидетельствует о структурной проблеме в коммуникации между государством и гражданами. Для её преодоления предложены следующие меры:

- запуск цифровой платформы для регистрации обращений (e-complaints) с интеграцией в существующие государственные порталы, такие как «Түндүк»;
- проведение целевых обучающих мероприятий для представителей местных администраций и сотрудников акиматов;
- регулярная публикация открытых отчётов о ходе рассмотрения жалоб, включая статистику и примеры принятых решений [7,10].

В целях усиления институциональной основы инклузивности возможно заимствование успешных зарубежных практик. Например, в Индии в рамках проекта BharatNet широко используется механизм Gram Sabha - сельских собраний, на которых обсуждаются ключевые этапы реализации цифровой инфраструктуры, включая вопросы подключения, финансирования и соблюдения прав населения [6,16].

Адаптация подобных механизмов к кыргызскому контексту могла бы реализоваться через создание институтов цифрового посредничества - «Цифровых медиаторов» при районных цифровых хабах. Такие структуры, при наличии соответствующего юридического и кадрового обеспечения, могли бы выполнять функции посредника между государственными органами и населением, особенно в регионах с ограниченным доступом к цифровым сервисам.

Таким образом, устойчивость цифровой политики невозможно обеспечить без подлинной вовлеченности населения. Институционализация общественного участия и формирование цифровых механизмов инклузии являются необходимым условием для снижения социальной напряженности, повышения доверия к цифровым реформам и обеспечения их легитимности в глазах общества.

4. Проблемы правовой гармонизации и институциональной реализации

Несмотря на наличие рамочных механизмов защиты социальных прав, таких как «Рамочная политика по переселению» (RPF), проект Digital-CASA в Кыргызской Республике сталкивается с рядом структурных ограничений, препятствующих полной реализации принципов социальной справедливости. Эти ограничения проявляются как в плоскости правового регулирования, так и на уровне межведомственной координации и подготовки кадрового состава.

Прежде всего, следует отметить фрагментарность национального законодательства в части регулирования вопросов отчуждения имущества, предоставления компенсаций и защиты прав затронутых лиц. Профильные нормативные акты — Земельный кодекс, Градостроительный кодекс, Закон о государственной регистрации прав на недвижимое имущество — содержат положения, зачастую не согласующиеся с принципами, заложенными в стандарте ESS5 [17-19]. Это приводит к возникновению правовых коллизий и снижает уровень предсказуемости правоприменения как для граждан, так и для исполнителей проектов.

Дополнительной проблемой становится отсутствие в этих документах прямых ссылок к международным стандартам, что создаёт ситуацию нормативной изоляции и ограничивает возможность формального признания RPF в юридической практике. В результате процедуры компенсации, переселения или обжалования решений остаются вне рамок национального правового поля, что снижает эффективность инструментов социальной защиты [12,17].

Не менее значимой является институциональная разобщенность. Ответственность за различные аспекты цифровой трансформации, земельных отношений, экологической и социальной экспертизы возложена на разные ведомства, зачастую действующие без унифицированного механизма взаимодействия. Согласно результатам внутреннего мониторинга Министерства цифрового развития, лишь 46% представителей местных органов власти имеют базовое представление о положениях RPF и механизмах её применения [10,14]. Это указывает на необходимость масштабных программ повышения квалификации и институционального обучения.

Существенным барьером также выступает дефицит специалистов в области оценки социального воздействия (Social Impact Assessment - SIA). Нехватка квалифицированных кадров затрудняет проведение своевременного анализа последствий цифровых инфраструктурных проектов для местных сообществ. В ряде случаев SIA проводится постфактум или формально, что противоречит рекомендациям международных организаций, включая Азиатский банк развития и ПРООН [14-16].

С учетом вышеуказанных проблем, выработка устойчивой модели реализации цифровой повестки требует системных решений на законодательном и институциональном уровнях. В качестве приоритетных мер предлагается:

- внесение изменений в Земельный и Градостроительный кодексы, включая положения о социальной оценке, механизмах компенсации и правах затронутых лиц;
- разработка подзаконных актов и инструкций, регламентирующих применение ESS5 и RPF в рамках национальных цифровых программ;
- создание постоянной межведомственной координационной группы с участием представителей органов юстиции, цифрового развития, земельных отношений и социальной защиты;
- формирование института цифрового омбудсмена, уполномоченного рассматривать обращения граждан по вопросам социальной справедливости в цифровых инициативах, с полномочиями аналогичными опыту Грузии и Эстонии [6].

Таким образом, правовая гармонизация и институциональное укрепление должны рассматриваться не как вспомогательные компоненты цифровой трансформации, а как её неотъемлемое условие. Только в случае, если нормативные акты будут адаптированы к международным требованиям, а координационные механизмы - к межведомственной

реальности, возможно обеспечить надежную защиту интересов населения и легитимность цифровых преобразований.

5. Правовая гармонизация и институциональное обеспечение социальной справедливости

Для эффективной реализации проекта Digital-CASA исключительно важно обеспечить неразрывную связь между международными стандартами социальной защиты и национальной системой правового регулирования. В условиях Кыргызской Республики этот процесс сопровождается рядом вызовов, обусловленных как несогласованностью действующих нормативных актов, так и слабостью институциональных механизмов, ответственных за обеспечение цифровой инклюзии.

Анализ действующего законодательства показывает, что базовые нормы, касающиеся изъятия земельных участков, предоставления компенсаций, переселения и регистрации прав собственности, фрагментарны и не содержат комплексных отсылок к принципам, закреплённым в документах Всемирного банка, в частности в стандарте ESS5 [12,17,18]. Такая нормативная изоляция препятствует формальному признанию документа RPF в правоприменительной практике и снижает юридическую определенность как для участников проекта, так и для населения.

Кроме того, существующие кодексы (включая Земельный и Градостроительный) не предусматривают обязательной социальной экспертизы цифровых инфраструктурных проектов, что приводит к недооценке их воздействия на уязвимые группы населения. Отсутствие регламента оценки социального риска приводит к постфактум-реакциям со стороны государства, когда конфликты и жалобы уже приобрели публичный или юридический характер [16].

На институциональном уровне также наблюдается разрыв между центральными органами управления и местными администрациями. Несмотря на формальную децентрализацию, реальный уровень компетентности представителей муниципальных структур в вопросах социальной ответственности цифровых проектов остаётся низким. По данным отчётов Министерства цифрового развития, менее половины местных органов располагают инструментами и знаниями для адекватной реализации положений RPF [10, 14].

Для устранения этих барьеров необходима системная правовая и институциональная модернизация. Предлагаются следующие направления действий:

- юридическая интеграция положений RPF и ESS5 в ключевые нормативные акты Кыргызской Республики, с прямыми ссылками в Земельном и Градостроительном кодексах на принципы предварительной компенсации, обязательных консультаций и механизмов обжалования;

- разработка подзаконных актов и национальных стандартов в области социальной оценки цифровых проектов, с учётом методологии, предложенной международными организациями, такими как ПРООН и Азиатский банк развития [15,16];

- формирование координационного института – межведомственной платформы с участием представителей государственных структур, неправительственных организаций и местных сообществ, обеспечивающей согласование действий в социальной и правовой сферах цифровизации;

- создание института цифрового омбудсмена, наделённого мандатом по рассмотрению жалоб, ведению мониторинга соблюдения цифровых прав и выработке рекомендаций по улучшению нормативной среды. Такой механизм успешно действует, например, в Грузии, где цифровой омбудсмен участвует в анализе проектных документов и реагирует на сигналы со стороны граждан [6].

Не менее значимым направлением является повышение квалификации кадров на местном и региональном уровнях. Это включает в себя разработку учебных модулей по социальному сопровождению цифровых инициатив, создание программ сертификации специалистов в области оценки социального воздействия (SIA), а также организацию стажировок в странах, имеющих устойчивый опыт в сфере цифровой справедливости.

Таким образом, правовая гармонизация и институциональное обеспечение в сфере цифровой трансформации следует рассматривать как неотъемлемый элемент

стратегического развития. Без внедрения юридически значимых механизмов социальной защиты и устойчивых форм общественного участия цифровые проекты рискуют потерять как эффективность, так и общественное доверие. Именно поэтому Digital-CASA должен быть не только инфраструктурным прорывом, но и катализатором формирования социально ответственной модели цифровой модернизации.

6. Институциональные уроки и трансформация цифровой политики: ориентиры на будущее.

Реализация проекта Digital-CASA в КР наглядно демонстрирует, что устойчивое цифровое развитие требует не только технической, но и институциональной зрелости. Выводы, сделанные в ходе анализа правовой и управлеченческой составляющей проекта, свидетельствуют: цифровая трансформация — это не автономный процесс внедрения технологий, а сложный переход к новой форме взаимодействия государства, общества и институтов публичной политики.

Во-первых, очевидной становится необходимость признания цифровой политики как сферы, охватывающей не только телекоммуникации, но и социальные, правовые и гуманитарные аспекты. Отсутствие формализованных связей между цифровыми инициативами и механизмами социальной защиты создаёт риски воспроизведения неравенства и подрыва доверия к цифровой повестке. Доклад Организации экономического сотрудничества и развития подчёркивает: цифровое управление эффективно только в тех государствах, где выстроены устойчивые механизмы межведомственного согласования и институционального диалога [19,20].

Во-вторых, проект выявил дефицит горизонтальных коммуникаций между центральными ведомствами и органами на местах. Хотя формальные механизмы передачи полномочий существуют, фактический уровень координации и понимания целей цифровой трансформации остается фрагментарным. Решением может стать создание специализированных консультативных структур - советов цифрового воздействия, объединяющих представителей исполнительной власти, местного самоуправления, гражданского общества и экспертного сообщества. Подобные структуры успешно функционируют, например, в Канаде и Финляндии, где они играют роль независимого института общественной экспертизы и мониторинга цифровых инициатив [20].

В-третьих, кадровое обеспечение процесса цифровой трансформации требует системного пересмотра. В настоящее время ощущается острый дефицит специалистов, обладающих компетенциями в области цифровых прав, социальной оценки проектов (SIA) и управления социальными рисками. В этой связи целесообразно разработать национальную программу сертификации экспертов по цифровой справедливости, включающую модули по международным стандартам, инструментам участия граждан и механизмам социальной компенсации [15,16].

Кроме того, перспективным направлением выступает внедрение цифровых платформ управления социальными обязательствами. Такие решения позволяют не только автоматизировать подачу и обработку жалоб, но и обеспечивать прозрачность процессов компенсации, доступ к информации в режиме реального времени, а также обоснованную реакцию со стороны органов власти. В странах, где подобные платформы уже реализованы (например, Грузия, Индия), наблюдается рост доверия населения и снижение конфликтности в рамках реализации инфраструктурных проектов [6,16].

Таким образом, институциональные уроки проекта Digital-CASA подводят к осознанию ключевого тезиса: цифровая трансформация — это не столько внедрение волоконно-оптических кабелей и дата-центров, сколько формирование новой архитектуры социальной ответственности. Без этой составляющей цифровые стратегии рискуют превратиться в технократические проекты, лишенные поддержки общества и устойчивости в долгосрочной перспективе.

Кыргызстан, опираясь на накопленный опыт, имеет возможность использовать Digital-CASA как платформу для создания не только цифровой инфраструктуры, но и зрелой цифровой политики. Такой подход требует синхронизации технологических решений с

институтами справедливости, прав человека и общественного участия - и именно это должно стать главным ориентиром в формировании будущей модели цифрового развития.

7. Институциональные и правовые вызовы: необходимость системного регулирования

Реализация проекта Digital-CASA в КР выявила фундаментальные ограничения, препятствующие полной реализации концепции цифровой справедливости. Эти ограничения проявляются как в несогласованности нормативно-правовой базы, так и в институциональной фрагментации, недостаточной кадровой обеспеченности и слабом практическом внедрении механизмов защиты прав затронутого населения.

Ключевая проблема заключается в том, что нормы, регламентирующие процедуры отчуждения земель, компенсации и участия населения, разбросаны по различным законам и кодексам – Земельному, Градостроительному, Закону «О государственной регистрации прав на недвижимое имущество» и другим [17,18]. Эти нормативные акты не содержат чёткой интеграции принципов, закреплённых в международных стандартах ESS5, в частности – обязательных консультаций, предварительной компенсации, альтернативных механизмов расселения и правозащитного мониторинга [12].

Отсутствие юридической связки между документом RPF и национальной системой права создает ситуацию, в которой даже формально прогрессивные положения остаются вне сферы правового принуждения. В результате наблюдается несовпадение между декларируемыми обязательствами по соблюдению международных стандартов и фактическими механизмами их реализации на местах [11,13].

Институциональные барьеры усугубляют ситуацию. Разделение функций между министерствами цифрового развития, сельского хозяйства, юстиции, а также органами местного самоуправления, не сопровождается устойчивыми каналами взаимодействия. Вследствие этого в ряде случаев наблюдаются дублирование функций, пробелы в ответственности и административная неопределенность. Согласно мониторингу, проведенному при реализации Digital-CASA, менее 50% сотрудников акимиатов обладают достаточной осведомлённостью о положениях RPF и механизмах социальной оценки [10, 14].

Дополнительным вызовом остается хронический дефицит специалистов по оценке социального воздействия (SIA), особенно в регионах. Во многих случаях такая оценка либо проводится постфактум, либо ограничивается формальным описанием последствий, без включения мнений затронутого населения. Между тем международные практики (в том числе по линии Азиатского банка развития и ПРООН) указывают на необходимость предварительной и качественной SIA до утверждения проектной документации [15,16].

Для преодоления перечисленных проблем необходим переход от фрагментарного реагирования к системному регулированию. В качестве ключевых решений предлагается:

- юридическое закрепление положений ESS5 и RPF в национальном законодательстве, с прямым признанием их обязательности в рамках цифровых и инфраструктурных программ;
- разработка методологических рекомендаций и национального стандарта по проведению SIA, с адаптацией под специфику цифровых проектов и региональные особенности;
- создание интегрированной информационной системы для отслеживания реализации социальных обязательств, с открытым доступом к данным, отчётом и жалобам;
- институционализация роли омбудсмена по цифровым правам, наделённого полномочиями по мониторингу соблюдения социальных стандартов и реагированию на обращения граждан;
- разработка национальной программы обучения и аттестации специалистов в области цифровой справедливости и правозащитного сопровождения цифровых реформ.

Таким образом, только при условии законодательной интеграции международных стандартов, институционального укрепления и профессионализации кадров возможно выстроить жизнеспособную модель цифровой трансформации, совместимую с принципами социальной ответственности. В противном случае цифровая модернизация может не только не решить старые проблемы, но и породить новые формы исключения и неравенства.

Заключение.

Анализ реализации проекта Digital-CASA в Кыргызской Республике позволяет сделать важный вывод: цифровая трансформация не может рассматриваться исключительно

как технологическое или инфраструктурное явление. Она представляет собой глубоко институциональный процесс, в основе которого лежат вопросы прав человека, социальной инклюзии, справедливого доступа и равноправного участия. Без должного учета этих аспектов цифровизация рискует стать фактором усиления социального неравенства, подрыва доверия и роста конфликтов на локальном уровне.

Опыт Кыргызстана демонстрирует стремление интегрировать международные механизмы социальной защиты в практику цифровых преобразований. Разработка и внедрение документа «Рамочная политика по переселению» (RPF) в рамках проекта Digital-CASA стало значимым шагом в направлении адаптации стандартов ESS5 к национальным реалиям. Внедрение консультативных процедур, предварительной компенсации, механизмов обратной связи и мониторинга позволило заложить основы для построения справедливой цифровой среды.

В то же время исследование выявило серьезные вызовы, препятствующие полному осуществлению этих стандартов. Среди них - нормативная фрагментация законодательства, отсутствие прямых отсылок к международным социальным стандартам в национальных кодексах, институциональная разобщенность и кадровый дефицит в области социальной оценки. Эти структурные проблемы требуют системных решений, выходящих за рамки одного проекта или сектора.

Для перехода от пилотной апробации к устойчивой модели цифровой справедливости необходимо:

- обеспечить юридическую имплементацию стандартов ESS5 и документа RPF в национальную нормативную базу;
- разработать стандартизованные подходы к социальной оценке цифровых проектов с участием независимых экспертов и НПО;
- создать устойчивые механизмы координации между органами власти на всех уровнях;
- сформировать институт цифрового омбудсмена как гарант прав и интересов населения в условиях цифровой трансформации;
- развивать цифровые платформы обратной связи и мониторинга, адаптированные к нуждам граждан, включая малограмотные и уязвимые группы.

Кыргызская Республика, находясь на перекрестке цифровой модернизации и социального обновления, имеет возможность выработать уникальную модель цифрового развития, в центре которой будут не только технологии, но и человек. Такой подход способен стать ориентиром не только для внутренней политики, но и для других стран региона, ищущих баланс между инновацией и социальной справедливостью.

Достижение подлинной цифровой справедливости требует политической воли, межведомственного взаимодействия и открытого диалога с обществом. Только в этом случае цифровая трансформация станет не источником отчуждения, а инструментом сближения государства и граждан, построения инклюзивной, устойчивой и справедливой цифровой среды.

Список литературы

1. Организация Объединённых Наций. Цели устойчивого развития и цифровая трансформация. — Нью-Йорк: ООН, 2021. — 120 с [Электронный ресурс] - Режим доступа: <https://sdgs.un.org/publications/technology-and-innovation-report> (дата обращения: 12.09.2024).
2. ЮНЕСКО. Доклад о цифровой инклюзии и социальной справедливости. — Париж: ЮНЕСКО, 2022. — 56 с [Электронный ресурс] - Режим доступа:<https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000381122> (дата обращения: 19.12.2024).
3. Всемирный экономический форум. Доклад о глобальном управлении технологиями. — Женева: ВЭФ, 2021. — 94 с [Электронный ресурс] - Режим доступа: <https://www.weforum.org/reports/global-technology-governance-report-2021> (дата обращения: 05.09.2024).
4. Европейская комиссия. Права и принципы цифрового перехода в ЕС. — Брюссель: ЕС, 2021. — 22 с [Электронный ресурс] - Режим доступа:<https://digital-strategy.ec.europa.eu/en/library/eu-digital-rights-and-principles> (дата обращения: 20.09.2024).

5. Академия электронного управления. Цифровые права и социальное воздействие. — Таллин: e-Governance Academy, 2020. — 44 с [Электронный ресурс] - Режим доступа: <https://ega.ee/publications/digital-rights-impact> (дата обращения: 05.01.2025).
6. Всемирный банк. Цифровое управление и инновации, основанные на правах: уроки Грузии и Эстонии. — Вашингтон : Всемирный банк, 2023 [Электронный ресурс] - Режим доступа: <https://openknowledge.worldbank.org/handle/10986/39124> (дата обращения: 12.05.2025).
7. Министерство цифрового развития Кыргызской Республики. Национальный план реализации проекта Digital CASA. — Бишкек, 2023. — 27 с [Электронный ресурс] - Режим доступа: <https://digital.gov.kg> (дата обращения: 16.05.2024).
8. Ишканян, А. Участие и неравенство в цифровом управлении [Текст] / А. Ишканян. — Кембридж: Издательство Кембриджского университета, 2021. — 264 с.
9. Всемирный банк. Проект Digital CASA: описание [Электронный ресурс] — Режим доступа: <https://projects.worldbank.org/en/projects-operations/project-detail/P160230> (дата обращения: 22.08.2024).
10. Министерство цифрового развития Кыргызской Республики. Статус реализации проекта Digital CASA. — Бишкек, 2023 [Электронный ресурс] - Режим доступа: <https://digital.gov.kg/digital-casa-status-2023> (дата обращения: 24.02.2025).
11. Всемирный банк. Политика переселения: рамочный документ для проекта Digital CASA. — Бишкек: МБишкек:023. — 42 с. (дата обращения: 15.01.2025).
12. Всемирный банк. Экологическая и социальная основа: стандарт ESS5. Изъятие земли, ограничения на её использование и вынужденное переселение. — Вашингтон: Всемирный банк, 2017. — 25 с [Электронный ресурс] - Режим доступа:<https://www.worldbank.org/en/projects-operations/environmental-and-social-framework> (дата обращения: 17.02.2025).
13. Всемирный банк. Отчёт о ходе реализации проекта Digital CASA — Кыргызская Республика — Отчёт № ISR58121. — Вашингтон, 2023 [Электронный ресурс] - Режим доступа: <https://documents.worldbank.org> (дата обращения: 14.02.2025).
14. Азиатский банк развития. Инструментарий оценки социального воздействия для инфраструктурных проектов в Кыргызской Республике. — Манила [Электронный ресурс] - Режим доступа: <https://www.adb.org/projects/documents/kgz-social-impact-assessment-toolkit> (дата обращения: 09.01.2025).
15. Программа развития ООН. *Социальные гарантии в проектах ИКТ*. — Нью-Йорк: ПРООН, 2022 с [Электронный ресурс] - Режим доступа: -- <https://www.undp.org/publications/social-safeguards-ict> (дата обращения: 13.05.2025).
16. Всемирный банк. *Модели цифрового управления: примеры из Грузии и Индии*. — (Серия заметок по цифровому развитию). — Вашингтон: Всемирный банк, 2023 [Электронный ресурс] - Режим доступа:<https://documents.worldbank.org/en/publication/documents-reports/documentdetail/9935116792351> (дата обращения: 30.05.2025).
17. Кыргызская Республика. Закон «О государственной регистрации прав на недвижимое имущество и сделок с ним» от 22 декабря 1998 г. № 153 [Электронный ресурс] — Режим доступа: <http://cbd.minjust.gov.kg/act/view/ru-ru/153> (дата обращения: 25.05.2025).
18. Кыргызская Республика. Кодекс о земле № 15 от 2 июня 1999 г. (в ред. на 2024 г.) [Электронный ресурс] — Режим доступа: <http://cbd.minjust.gov.kg/act/view/ru-ru/588> (дата обращения: 05.05.2025).
19. Организация экономического сотрудничества и развития. *Шесть измерений цифрового управления*. — Париж: OECD, 2020 [Электронный ресурс] - Режим доступа: <https://www.oecd.org/gov/digital-government-policy-framework.htm> (дата обращения: 20.05.2025).
20. Правительство Канады. Консультативный совет по цифровому воздействию. — Оттава, 2022 [Электронный ресурс] - Режим доступа:<https://ised-isde.canada.ca/site/digital-impact/en> (дата обращения: 19.05.2025).

А.А. Сагымбаев¹, З.К. Кожомуратов², К.Т. Шадыханов³, Амантур А. Сагымбаев⁴

¹И. Рazzаков атындағы КМТУ, ²КР санараптик өнүктүрүү

жана инновациялык технологиялар министрлиги,

³КР инженердик Академиясы, ⁴IaaS булуут камсыздоочу RackCorp,

Бишкек, Кыргыз Республикасы

¹КГТУ им. И. Рazzакова, ²Министерство цифрового развития и инновационных технологий КР, ³Инженерная академия КР,

⁴Облачный провайдер «IaaS RackCorp»

Бишкек, Кыргызская Республика

A.A. Sagymbaev¹, Z.K. Kozhomuratov², K.T. Shadykhanov³, A.A. Sagymbaev⁴

¹I. Razzakov KSTU, ²Ministry of Digital Development and Innovative Technologies of the Kyrgyz Republic, ³Engineering Academy of the Kyrgyz Republic,

⁴Cloud provider «IaaS RackCorp»

Bishkek, Kyrgyz Republic

О ЦИФРОВОМ КОДЕКСЕ КЫРГЫЗСКОЙ РЕСПУБЛИКИ: ЦЕЛИ, СТРУКТУРА И ПЕРСПЕКТИВЫ ПРИМЕНЕНИЯ

КЫРГЫЗ РЕСПУБЛИКАСЫНЫН САНАРИПТИК КОДЕКСИ ЖӨНҮНДӨ: МАКСАТТАРЫ, ТҮЗҮМҮ ЖАНА КОЛДОНУУНУН КЕЛЕЧЕГИ

ON THE DIGITAL CODE OF THE KYRGYZ REPUBLIC: OBJECTIVES, STRUCTURE AND PROSPECTS OF IMPLEMENTATION

Макалада Кыргыз Республикасынын кабыл алынган санараптик кодексинин негизги өзгөчөлүктөрү жана мазмуну талдоого алынат. Бул кодекс өлкөдөгү санараптик мамилелерди жөнгө салган биринчи комплекстүү укуктук акт болуп саналат. Анда кодекстин максаттары, түзүмү жана жаңычылдыктары баяндалып, түрүктүү санараптик чөйрөнү жана экономика түзүүдө анын мааниси баса белгиленет. Санараптик укуктарды коргоо, санараптик платформаларды жөнгө салуу, ачык маалыматтар жана мамлекеттик органдардын, жарандардын жана бизнес коомчулуктун өз ара аракеттенүүсү боюнча маселелер каралат. Жыйынтыгында, кодекстин эффективдүү ишке аширылышы учун сунуштар берилет.

Түйүндүү сөздөр: санараптик кодекс, санараптик трансформация, санараптик укуктар, санараптик экономика, мыңзамдар, Кыргызстан, санараптик чөйрө.

В статье рассматриваются ключевые аспекты принятого Цифрового кодекса Кыргызской Республики - первого комплексного правового акта, регулирующего цифровые отношения в стране. Анализируются цели, структура и нововведения кодекса, а также его значение для формирования устойчивой цифровой среды и цифровой экономики. Отдельное внимание уделяется вопросам защиты цифровых прав, регулированию цифровых платформ, открытых данных и взаимодействию между государством, бизнесом и гражданами. В статье представлены выводы о необходимости последовательной реализации норм кодекса и даны рекомендации для правоприменительной и законодательной практики в Кыргызстане.

Ключевые слова: цифровой кодекс, цифровая трансформация, цифровые права, цифровая экономика, законодательство, Кыргызстан, цифровая среда.

The article analyzes the key aspects of the adopted Digital Code of the Kyrgyz Republic - the first comprehensive legal act regulating digital relations in the country. The study reviews the goals, structure, and innovations of the code, emphasizing its importance in shaping a sustainable digital environment and economy. Special attention is paid to the protection of digital rights, regulation of digital platforms, open data, and interaction between the state, business, and citizens. The article concludes with recommendations for the effective implementation and further development of digital legislation in Kyrgyzstan.

Key words: digital code, digital transformation, digital rights, digital economy, legislation, Kyrgyzstan, digital environment.

Введение. В XXI веке, Цифровизация выступает одним из ключевых двигателей трансформации государственного управления, экономических процессов и социальной инфраструктуры. Кыргызская Республика, как часть глобального цифрового пространства, осознает важность правового регулирования, направленного на обеспечение сбалансированного и безопасного перехода к цифровой экономике и обществу. Одним из важнейших шагов в этом направлении стало принятие **Цифрового кодекса Кыргызской Республики** - уникального документа, кодифицирующего правовые основы цифровой трансформации государства.

Актуальность изучения и анализа Цифрового кодекса обусловлена рядом факторов. Во-первых, он отражает стремление Кыргызской Республики системно упорядочить нормы, регулирующие цифровое пространство, объединив ранее разрозненные положения в сфере информационно-коммуникационных технологий (ИКТ), информационной безопасности, персональных данных, цифровых услуг и электронного управления [1]. Во-вторых, Кодекс представляет собой шаг в сторону формирования «цифрового суверенитета» - способности государства самостоятельно регулировать цифровую среду с учетом национальных интересов [2]. В-третьих, он открывает новые возможности для устойчивого развития страны, повышая прозрачность и доступность государственных сервисов, а также создавая правовую среду для цифровой экономики [3].

При этом международный опыт кодификации цифрового законодательства весьма ограничен. Несмотря на существование отдельных нормативных актов в ЕС, США, Японии и Южной Корее, комплексных кодексов, аналогичных Кыргызстанскому опыту, насчитывается лишь несколько прецедентов - например, проекты «Цифровой закон» в Германии и «Цифровой сервисный акт» (DSA) в ЕС, которые по своей сути охватывают лишь отдельные сферы регулирования [4,5].

Таким образом, анализ положений Цифрового кодекса Кыргызской Республики представляет научный интерес не только с точки зрения оценки его внутренней логики и полноты, но и в контексте сопоставления с международной практикой. Цель настоящей статьи - исследовать содержание, задачи и перспективы реализации Цифрового кодекса, выявить его сильные стороны и проблемные положения, а также сформулировать предложения по его совершенствованию с учетом как национального, так и зарубежного опыта.

1. Предпосылки принятия Цифрового кодекса в Кыргызской Республике.

Разработка и принятие Цифрового кодекса Кыргызской Республики стали логическим продолжением Национальной политики цифрового развития, начатой в рамках реализации стратегии «Цифровой Кыргызстан 2019-2023». Несмотря на отдельные достижения в цифровизации государственных услуг, правовое регулирование в данной сфере до недавнего времени носило фрагментарный характер. Отдельные нормативные акты регулировали лишь узкие аспекты, такие как электронный документооборот, электронная цифровая подпись или защита персональных данных, не создавая целостной правовой среды.

В условиях расширения цифровых сервисов, внедрения систем электронного голосования, роста цифровых платформ и использования искусственного интеллекта (ИИ), возникла объективная необходимость в создании кодифицированного правового акта,

который бы охватывал всю совокупность правовых отношений в цифровой сфере. Кроме того, усиление киберугроз, распространение дезинформации и трансграничный характер цифровых услуг потребовали от государства адаптации законодательства к новым реалиям, соответствующим принципам цифрового суверенитета и защиты прав человека в цифровой среде.

Международный опыт также продемонстрировал важность комплексного подхода к правовому регулированию цифровых процессов. Так, в странах Европейского союза были приняты такие ключевые документы, как «Общий регламент по защите данных» (GDPR) и «Цифровой сервисный акт» (DSA), направленные на защиту персональных данных, регулирование деятельности цифровых платформ и обеспечение прозрачности алгоритмов. Республика Корея, Эстония, Казахстан и Узбекистан также предприняли шаги по кодификации отдельных аспектов цифрового регулирования. В Кыргызской Республике подготовка Цифрового кодекса сопровождалась общественным обсуждением, в котором приняли участие представители IT-сообщества, государственного сектора, академических кругов и гражданского общества. Это позволило учесть интересы различных слоев общества и усилить легитимность предлагаемых норм.

Таким образом, Цифровой кодекс Кыргызской Республики стал попыткой институционализировать переход к цифровому правовому порядку, обеспечив предсказуемость, юридическую определенность и защиту интересов граждан, государства и бизнеса в цифровом пространстве.

2. Цифровой кодекс Кыргызской Республики: структура, цели и основные положения.

Цифровой кодекс Кыргызской Республики был разработан в целях создания единого, систематизированного нормативного акта, охватывающего ключевые правовые аспекты цифровой трансформации. Он вступил в силу в июне 2025 года и стал результатом многолетней работы государственных органов, научного сообщества и представителей ИКТ-отрасли [6]. Кодекс объединяет более 30 ранее разрозненных законов и подзаконных актов, обеспечивая унифицированный подход к регулированию цифровых процессов.

2.1. Структура Кодекса.

Кодекс состоит из общих и особенных частей, включающих в себя положения по следующим направлениям:

- правовой статус цифровых данных;
- обеспечение кибербезопасности;
- электронная коммерция и цифровые платформы;
- цифровые подписи и электронные удостоверения;
- защита персональных данных;
- государственные цифровые услуги;
- цифровая грамотность и цифровое образование [7].

Такой подход позволяет более гибко адаптировать законодательство к быстроменяющимся реалиям цифрового мира, устранивая правовые пробелы и коллизии.

2.2. Цели принятия Кодекса.

Основными целями Цифрового кодекса являются:

- формирование правовой основы цифрового развития экономики и общества;
- обеспечение цифрового суверенитета Кыргызской Республики;
- гарантия прав и свобод граждан в цифровой среде;
- укрепление доверия к цифровым сервисам и платформам;
- обеспечение безопасности персональных данных и информационных систем [8].

Таким образом, Кодекс должен стать фундаментом для внедрения современных цифровых сервисов, электронного документооборота, автоматизации госуслуг, а также для построения правовой среды, благоприятной для развития ИКТ-бизнеса.

2.3. Ключевые принципы регулирования.

В числе наиболее значимых принципов, закрепленных в Кодексе:

- технологическая нейтральность: право регулирует цели и принципы, а не конкретные технологии, что позволяет гибко реагировать на появление новых технологических решений [9];

- безопасность по умолчанию и по проекту (privacy and security by design): все цифровые сервисы должны быть изначально ориентированы на защиту персональных данных и кибербезопасность [10];

- открытость и прозрачность: государственные цифровые платформы должны предоставлять гражданам доступ к своим данным и алгоритмам принятия решений.

2.4. Нововведения и практическое значение.

Одним из новшеств Кодекса является введение электронного резидентства, позволяющего иностранным гражданам удаленно регистрировать бизнес в Кыргызской Республике. Также важным элементом стало закрепление понятия «цифровой идентичности», что открыло путь к созданию единой системы идентификации граждан при получении онлайн-услуг [11]. Кроме того, предусмотрены нормы, направленные на защиту детей в цифровой среде, борьбу с ложной информацией, цифровую инклюзию, а также поддержку локальных разработчиков программного обеспечения.

3. Международная практика цифрового регулирования: опыт и заимствования.

В условиях стремительной цифровизации экономики и общества, многие страны мира уже внедрили комплексные правовые акты, регулирующие цифровую сферу. Анализ их подходов позволил разработчикам Цифрового кодекса Кыргызской Республики использовать наиболее успешные международные практики как ориентир при формировании отечественной модели цифрового регулирования.

3.1. Эстония: пионер цифрового государства.

Одним из наиболее ярких примеров служит Эстония, где с 2001 года внедрена система электронного управления и цифрового гражданства. В рамках программы e-Estonia, каждый житель страны имеет цифровой идентификатор, с помощью которого он получает доступ ко всем государственным и частным сервисам - от налогов до медицинских услуг [12].

В Кодексе Кыргызской Республики использован аналогичный подход в разделе о цифровой идентичности и электронных реестрах, а также инициатива электронного резидентства, позволяющая удаленно регистрировать бизнес в Кыргызской Республике, вдохновлена эстонским примером [13].

3.2. Европейский союз: правовая модель цифрового суверенитета.

На уровне Европейского союза, важнейшими нормативными актами являются «Общий регламент по защите данных» и «Цифровой сервисный акт», вступившие в силу в 2018 и 2022 годах соответственно [14]. Эти документы устанавливают:

- строгие правила обработки персональных данных;
- обязанности платформ по модерации контента;
- ответственность цифровых посредников;
- меры по противодействию цифровой дискриминации.

Кыргызская Республика при разработке норм о персональных данных и защите частной жизни использовала многие принципы GDPR, адаптируя их к местным условиям [15].

3.3. Китай: государственное лидерство в цифровизации.

Китайская модель ориентирована на централизованной цифровой инфраструктуре. Принятые в 2021 году Законы «О защите персональных данных» и «О безопасности в киберпространстве» предоставляют государству значительные полномочия по контролю за цифровыми технологиями и процессами [16]. Однако, в отличие от китайской модели, Цифровой кодекс Кыргызской Республики строится на принципах открытости и транспарентности, при этом сохраняя баланс между цифровым суверенитетом и гражданскими свободами.

3.4. Южная Корея и Япония: инновации и правовое обеспечение.

В Южной Корее действует «Стратегия цифровой трансформации (2020–2025)», нацеленная на развитие «умных» городов, автоматизацию государственных услуг и

внедрение ИИ в образование. Япония, в свою очередь, внедрила закон «О цифровом агентстве», создавая юридическую базу для централизации всех цифровых сервисов и защиты кибербезопасности [17,18]. Кыргызская Республика использует схожие подходы при формировании Национальной платформы электронного правительства и внедрении принципов «единого окна» для граждан и бизнеса.

4. Основные вызовы и риски цифровизации в Кыргызской Республике.

Несмотря на масштабные реформы, сопровождающие принятие Цифрового кодекса, процесс цифровой трансформации в Кыргызской Республике сталкивается с рядом объективных и структурных рисков. Анализ текущей ситуации показывает, что наряду с потенциалом цифровизации в стране сохраняется высокая степень уязвимости инфраструктурных, нормативных и кадровых компонентов.

4.1. Низкий уровень цифровой инфраструктуры в регионах.

Одной из наиболее серьезных проблем остается цифровое неравенство между столицами и отдаленными регионами страны. Согласно отчету Всемирного банка (2023), доступ к скоростному интернету в сельских районах Кыргызской Республики составляет менее 35%, тогда как в городах Бишкек и Ош - свыше 80% [19]. Эта разница приводит к ограниченному доступу населения к электронным государственным услугам и образовательным платформам. Более того, в условиях слаборазвитой телекоммуникационной инфраструктуры существует риск «цифровой изоляции» определенных социальных групп - особенно пожилых граждан, инвалидов и малообеспеченных слоев населения.

4.2. Киберугрозы и отсутствие координированной системы информационной безопасности.

Развитие цифровых сервисов влечет за собой рост числа киберинцидентов. Национальный координационный центр Кыргызской Республики по информационной безопасности в 2023 году зафиксировал более 2500 случаев фишинга, вредоносного программного обеспечения и взлома веб-сайтов государственных органов [20]. Однако система реагирования на эти угрозы остается фрагментированной: отсутствует единая архитектура управления инцидентами, механизмы межведомственного взаимодействия и устойчивое регулирование сектора информационной безопасности.

4.3. Отставание нормативной базы от технологических реалий.

Даже несмотря на разработку Цифрового кодекса, в практике правоприменения сохраняются пробелы. Например, до сих пор отсутствуют четкие процедуры внедрения искусственного интеллекта в государственное управление, этичного использования биометрических данных, а также регулирование цифровой валюты [21].

Юридические коллизии наблюдаются при внедрении новых цифровых платформ, особенно на стыке гражданского и административного права, что порождает риски правовой неопределенности.

4.4. Кадровый дефицит и цифровая неграмотность.

По данным Министерства науки и образования Кыргызской Республики, уровень цифровой грамотности среди школьников и студентов в 2022 году составил менее 45%, а среди государственных служащих - около 37% [22]. Это существенно ограничивает эффективность реализации электронного документооборота и государственных онлайн-сервисов. Наблюдается также дефицит специалистов в области кибербезопасности, цифровой трансформации и юридического сопровождения ИТ-проектов, особенно на уровне местного самоуправления.

4.5. Недостаточный уровень доверия к цифровым сервисам.

Низкий уровень правовой культуры и слабая информированность граждан о механизмах защиты персональных данных ведут к формированию недоверия к цифровым государственным системам. Согласно социологическому опросу IRI (2023), лишь 26% граждан считают безопасным передавать свои данные государственным порталам [23].

Для эффективного внедрения Цифрового кодекса необходимо развивать механизмы цифрового просвещения, обратной связи, прозрачности процедур и обеспечения права на отказ от цифровой формы взаимодействия.

5. Потенциал и стратегические направления развития цифрового законодательства в КР.

Переход Кыргызской Республики к цифровой экономике и обществу невозможен без адаптивной и перспективной законодательной базы. Цифровой кодекс, принятый в июне 2025 года, является отправной точкой этого процесса, но требует дальнейшего системного развития. Современные вызовы цифровой трансформации, включая искусственный интеллект, облачные технологии, большие данные и платформенные решения, требуют гибких, междисциплинарных подходов в правовом регулировании.

5.1. Формирование единой цифровой правовой среды.

В рамках действующего Цифрового кодекса необходимо обеспечить устранение правовых коллизий между различными законами и подзаконными актами. Ключевым направлением является создание единого реестра цифровых нормативных правовых **актов**, который обеспечит прозрачность и автоматизацию процессов применения законодательства [24]. Кроме того, следует внедрить принципы «digital-by-default» и «once-only» — автоматическую интеграцию цифровых решений при оказании государственных услуг и исключение повторного предоставления информации гражданами, уже доступной в государственных реестрах [25].

5.2. Развитие правового регулирования искусственного интеллекта и больших данных.

На текущий момент в Кыргызской Республике отсутствует комплексный закон о применении технологий ИИ. Международная практика показывает, что ключевые риски связаны с этикой, алгоритмической дискриминацией и ответственностью за решения, принятые системами ИИ.

С учетом опыта Европейского союза «Акт искусственного интеллекта» (AI Act) и рекомендаций ЮНЕСКО, Кыргызской Республике рекомендуется разработать рамочный закон об искусственном интеллекте, включающий положения об аудитах ИИ, обязательной маркировке автоматизированных решений и защите цифровых прав человека [26].

5.3. Защита персональных данных и цифровые права граждан.

В условиях расширения использования цифровых платформ и биометрических решений критически важно развивать механизмы надзора за соблюдением цифровых прав. В частности, требуется укрепление института уполномоченного по защите персональных данных, обеспечение права на цифровое забвение, право на человеко-читаемое объяснение алгоритмов, участвующих в принятии решений [27].

В перспективе возможно внедрение национальной программы «Цифровая этика и права граждан», ориентированной на просвещение населения о правах в цифровой среде.

5.4. Цифровая юстиция и автоматизация судопроизводства.

Развитие цифровых правовых механизмов невозможно без интеграции электронных технологий в правосудие. Внедрение электронного судопроизводства, онлайн-разбирательств, электронных доказательств, смарт-контрактов требует адаптации Гражданского процессуального и Уголовно-процессуального кодексов [28]. Позитивным примером является практика Республики Эстония, где в рамках «e-Justice» была достигнута оптимизация процессов рассмотрения гражданских дел с использованием ИИ-помощников.

5.5. Международное сотрудничество и гармонизация цифрового законодательства.

Цифровое развитие невозможно без участия в глобальных правовых инициативах. Кыргызская Республика должна активно взаимодействовать с структурами ЕАЭС, ООН, ВТО и ОЭСР по вопросам правового регулирования цифровой торговли, трансграничного обмена данными, кибербезопасности и электронной идентификации [29]. Необходима интеграция норм Цифрового кодекса с проектами цифровой трансформации в рамках Центрально-Азиатского региона (например, проект Digital-CASA) с целью обеспечения юридической совместимости и устойчивого развития.

Заключение. Принятие Цифрового кодекса Кыргызской Республики в июне 2025 года стало важным шагом в направлении формирования единой правовой основы цифровой трансформации. Однако для достижения реальной эффективности необходима его постоянная актуализация, адаптация к стремительно развивающимся технологиям, а также согласованность с международными стандартами и практиками.

Анализ показал, что Цифровой кодекс должен не только кодифицировать уже действующие нормативные акты, но и стать инструментом прогнозирования и правового сопровождения будущих изменений. Ключевыми направлениями остаются защита цифровых прав граждан, обеспечение кибербезопасности, поддержка инноваций и цифровой экономики, а также развитие электронной юстиции.

Особое внимание должно быть уделено институциональному обеспечению реализации положений Кодекса, включая повышение цифровой грамотности сотрудников органов государственной власти, разработку подзаконных актов, запуск пилотных проектов и платформенных решений. Практика таких стран, как Эстония, Сингапур и ОАЭ, подтверждает необходимость интеграции «гибкого права» (soft law) и экспериментального правового регулирования (regulatory sandboxes) в цифровой сфере.

Для Кыргызской Республики важно не только внутреннее совершенствование, но и активное участие в региональных и глобальных инициативах по цифровому праву. Это позволит создать эффективную, прозрачную и устойчивую цифровую экосистему, способную обеспечить экономический рост, социальную справедливость и технологическую независимость страны в долгосрочной перспективе.

Список литературы

1. Министерство цифрового развития КР. Цифровой кодекс Кыргызской Республики: — Бишкек, 2024.
2. DeNardis, L. The Internet in Everything: Freedom and Security in a World with No Off Switch. — New Haven: Yale University Press, 2020.
3. OECD. Digital Government Index. — Paris: OECD Publishing, 2021[Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://www.oecd.org/gov/digital-government-index.htm>
4. Bundesministerium für Wirtschaft und Energie (BMWi). Digital Strategy 2025. — Berlin, 2020 [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://www.bmwk.de/Redaktion/EN/Dossier/digital-strategy.html>
5. European Commission. Digital Services Act (DSA). — Brussels, 2022 [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://digital-strategy.ec.europa.eu/en/policies/digital-services-act-package>
6. Министерство юстиции КР. Проект и комментарии к Цифровому кодексу. — Бишкек, 2023.
7. Министерство цифрового развития КР. Анализ законодательства и разработка структуры Цифрового кодекса. — Бишкек, 2022.
8. Министерство цифрового развития КР. Concept Note of Digital Kyrgyzstan 2023. — Бишкек, 2023 [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://digitalkyrgyzstan.gov.kg>
9. European Union Agency for Cybersecurity (ENISA). Privacy and Security by Design. — 2021 [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://www.enisa.europa.eu>
10. Gasser, U.; Almeida, V. A. F. A Layered Model for Digital Governance. // Communications of the ACM. — 2017.
11. Estonian e-Residency Program [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://e-resident.gov.ee>
12. e-Estonia Briefing Centre. Digital Society. — Tallinn, 2023 [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://e-estonia.com>
13. e-Residency Estonia [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://e-resident.gov.ee>

14. European Commission. Digital Services Act Package. — Brussels, 2022 [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://ec.europa.eu/digital-strategy>
15. Министерство цифрового развития КР. Проект по гармонизации с GDPR. — Бишкек, 2023.
16. China Internet Information Office. Cybersecurity Law & Personal Data Protection Law. — Beijing, 2021.
17. Ministry of Science and ICT (Korea). Digital Strategy 2020–2025. — Seoul, 2022.
18. Digital Agency of Japan. Establishment and Law Framework. — Tokyo, 2021 [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://www.digital.go.jp>
19. World Bank. Digital CASA Project Reports: Country Infrastructure Assessments. — Washington, D.C., 2023.
20. Национальный координационный центр по информационной безопасности КР. Годовой отчёт об инцидентах информационной безопасности. — Бишкек, 2023.
21. OECD. Digital Economy Outlook: Legal Readiness for Emerging Technologies. — Paris: OECD Publishing, 2022.
22. Министерство образования и науки КР. Аналитический отчёт о цифровой грамотности населения. — Бишкек, 2022.
23. International Republican Institute. Public Opinion Poll: Kyrgyz Republic Digital Governance. — Washington, D.C., 2023 [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://www.iri.org>
24. Министерство цифрового развития КР. Проект по формированию реестра цифровых НПА. — Бишкек, 2023.
25. European Commission. eGovernment Benchmark Report. — Brussels, 2020.
26. UNESCO. Recommendation on the Ethics of Artificial Intelligence. — Paris, 2021.
27. Privacy International. Global Trends in Data Protection and Digital Rights. — London, 2022.
28. World Justice Project. e-Justice: Innovations in Access to Courts. — Washington, D.C., 2023.
29. OECD. Digital Trade and Cross-border Data Flows: Policy Considerations. — Paris: OECD Publishing, 2022.

Р.К.Султанов¹, Б.Д.Шаршембаев²

¹Ж. Баласагын атындагы Кыргыз улуттук университети,

²Кыргыз-Түрк Манас университети

Бишкек, Кыргыз Республика

¹Кыргызский национальный университет им. Ж. Баласагына,

²Кыргызско-Турецкий университет Манас

Бишкек, Кыргызская Республика

¹ORCID: 0000-0001-8802-8021

² ORCID: 0000-0003-4037-9601

¹R.K. Sultanov, ²B.D. Sharshembaev

¹Kyrgyz National University n.a. J. Balasagyn,

²Kyrgyz-Turkish Manas University

Bishkek, Kyrgyz Republic

srk1955@mail.ru, bakyts.sharshembaev@manas.edu.kg

РАСПОЗНАВАНИЕ ЛИЦА В 3D НА ОСНОВЕ МЕТОДА ОПОРНЫХ УЗЛОВ

ТАЯНЫЧ ТҮЙҮНДӨРҮНҮН ҮКМАСЫ НЕГИЗИНДЕ 3D ЖҰЗ ТААНУУ

3D FACE RECOGNITION BASED ON METOD SUPPORT NODES

Бул илимий шите адамдын жузүн таануунун жаңы алгоритми сунушталат, ал дискреттик функцияны оптималдаштыруу маселесин чечүүгө негизделген. Бул маселеде чечим катары 3D сүрөттөгү белгилүү бир пиксelderдин алдындагы топтом каралат. Башкы идея — дискреттик функцияны чектелген сандагы таяныч түйүндөр менен жакындашылган түрдө оптималдаштыруу. Бул чекиттер жөнөкөй нейрондук тармакты үйрөтүү үчүн өзгөчөлүк катары колдонулат. Ошондой эле алгоритмди иерархиялык кластерлешириүү үкмасы катары да түшүндерүү сунушталат. Алгоритм Техас университетинин 3D маалымат базасында сыйналып, идентификация маселесинде жогорку тақтык көрсөткөн. Мындан тышкары, үкманын ызы-чууларга жана геометриялык бурмaloолорго туруктуулугу каралат. Эксперименттердин жыйынтыктары сунушталган үкма биометриялык идентификациянын практикалык системаларында ийгиликтүү колдонулушу мүмкүн экенин тастыктады. Өнүктүрүлгөн модел бурчка бурулууга, жылууга жана масштабга инварианттуу болуп, туруктуу өзгөчөлүктөрдү натыйжалуу бөлүп алууга мүмкүндүк берет.

Түйүндүү сөздөр: бетти таануу, таяныч түйүндөр, дискреттик оптималдаштыруу, жакындашылган алгоритмдер, бөлчөк-сызыктай апроксимация, иерархиялык кластерлешириүү, 3D сүрөттөр, нейрондук тармак, сүрөттүн өзгөчөлүктөрү, антропометриялык мүнөздөмөлөр.

В данной работе излагается новый алгоритм распознавание лиц, основанный на решении задачи оптимизации дискретной функции, где решением является подмножество некоторых пикселей из 3D изображения. Ключевая идея заключается в приближенном решении задачи оптимизации дискретной функции с ограниченным числом узлов, определяющих так называемые "опорные точки". Эти точки далее используются в качестве признаков для обучения простой нейронной сети. Также предлагается интерпретация алгоритма как метода иерархической кластеризации. Алгоритм протестирован на 3D-базе данных Техасского университета и показал высокую точность в задаче идентификации. Дополнительно рассматриваются вопросы устойчивости метода к

шуму и геометрическим искажениям. Результаты экспериментов подтверждают применимость предложенного подхода в практических системах биометрической идентификации. Разработанная модель инвариантна к поворотам, сдвигам и масштабированию, а также позволяет эффективно извлекать устойчивые признаки из изображения.

Ключевые слова: распознавание лиц, опорные узлы, дискретная оптимизация, приближённые алгоритмы, кусочно-линейная аппроксимация, иерархическая кластеризация, 3D-изображения, нейронная сеть, признаки изображения, антропометрические характеристики.

This paper presents a novel face recognition algorithm based on solving a discrete optimization problem, where the solution is a subset of selected pixels from a 3D image. The key idea is to approximately solve a discrete optimization task with a limited number of nodes, which define so-called "support points." These points are then used as features for training a simple neural network. The algorithm is also interpreted as a method of hierarchical clustering. It has been tested on the 3D database of the University of Texas and has demonstrated high accuracy in the identification task. Additionally, the study explores the robustness of the method to noise and geometric distortions. The experimental results confirm the applicability of the proposed approach in practical biometric identification systems. The developed model is invariant to rotation, translation, and scaling, and enables effective extraction of stable features from images.

Key words: face recognition, support nodes, discrete optimization, approximate algorithms, piecewise-linear approximation, hierarchical clustering, 3D images, neural network, image features, anthropometric characteristics.

В большинстве моделях распознавание лиц основано на обучении нейронной сети для определения антропометрических характеристик лица. В данной статье предлагается метод определения особенностей лица не основанных антропометрических данных, а на поведения функции описывающей лицо. Для этого в изображении лица пиксели рассматриваются как одномерные функции и предлагается определить “антропометрические” характеристики как решения задачи оптимизации. Естественно найденные “антропометрические” характеристики отличаются от анатомической характеристики лица.

Так как точное решение задачи оптимизации трудоемко, предлагается алгоритм приближенного решения одномерной задачи дискретной оптимизации. Задача оптимизации определяется так: пусть нам дана некоторая одномерная дискретная функция $\{x_i, y_i\}$, такая что $h = x_{i+1} - x_i$ для всех узлов $i = 0, 1, 2, \dots, n - 1$. Предполагается что x_i - координаты пикселей, а y_i - значения пикселей в изображении по какому то разрезу.

Определим задачу оптимизации следующим образом:

$$\min_K \left(\sum_{i \in I} \sqrt{(x_{i+1} - x_i)^2 + (y_{i+1} - y_i))^2} - \sum_{i \in K} \sqrt{(x_{i+1} - x_i)^2 + (y_{i+1} - y_i))^2} \right) \quad (1)$$

где I множество индексов заданной дискретной функции, а K искомое множество. Причем множество $K \subset I$ и количество элементов $k = \dim(K)$ заранее задано и $k < n$, а концы дискретной функции фиксированы: $x_0, y_0, x_n, y_n \subset I$ и $x_0, y_0, x_n, y_n \subset K$.

Отметим что разность $x_{i+1} - x_i$ для множества индексов I равномерная, а для множества индексов K не обязательно равномерная и она зависит от поведения дискретной функции. Примечательное свойство решения задачи (1) – оно не зависит от преобразования координат на сжатие и поворота. Данный факт позволяет нам найти “антропометрические” характеристики лица. Количество “антропометрических” характеристик заранее задается как параметр элементов $k = \dim(K)$ и определяется множеством K . Теоретически решения задачи (1) можно найти перебором, рассматривая все варианты. Из-за быстрого роста количества вариантов, найти минимум перебором практически невозможно, поэтому мы предлагаем приближенное решения, которая практически приемлема для распознавания лиц.

Приближенно решая задачу (1) найденные узлы x_i и y_i используем их как признаки поведения заданной дискретной функции. В качестве признака выбираем величину сторон треугольников. Построив простенькую нейронную сеть покажем идею распознавания лиц основанную на решении задачи оптимизации дискретной функции, где решениям является подмножество некоторых пикселей из 3D изображения.

Для начала в следующем разделе опишем метод решения задачи (1) и покажем другую интерпретацию алгоритма как иерархической кластеризации. Далее, применяя их для извлечения признаков из изображения, построим нейронную сеть, подготовим обучающие и тестирующие данные, обучим нейронную сеть и проверим результаты.

1. Геометрическая интерпретация алгоритма и его описание.

Покажем геометрическую интерпретацию данного алгоритма для приближенного решения задачи наилучшего приближения одномерной функции при ограниченном количестве узлов [9]. Для описания алгоритма сделаем следующие предположения: пусть множество $X = \{x_i\}$ содержит координаты пикселей какой то строки (столбца) заданного изображения, а $y_i = f(x_i)$ значения пикселей в заданных координатах x_i соответственно. Количество элементов множества X равно количеству пикселей по строкам (столбцам) в зависимости от выбора строки (столбца). Тогда длина ломаной будет равна сумме расстояний между узлами. Для геометрической трактовки алгоритма определяем величины:

$$\begin{aligned} a_i &:= \sqrt{(x_i - x_{i-1})^2 + (y_i - y_{i-1})^2}, \\ c_i &:= \sqrt{(x_{i+1} - x_{i-1})^2 + (y_{i+1} - y_{i-1})^2}, \\ b_i &:= \sqrt{(x_i - x_{i+1})^2 + (y_i - y_{i+1})^2}. \end{aligned}$$

Их расположения показано на Рисунке 1. Если мы удалим некоторый узел x_i и заново построим из оставшихся узлов новую кусочно-линейную интерполяцию, то длина ломаной уменьшится. Тогда разница длин первоначальной аппроксимации до удалении узла и аппроксимации после удалении узла будет равна $a_i + b_i - c_i$, где a_i, b_i отрезки аппроксимации функции заданной дискретной функции $f(x)$ слева и справа от узла x_i до удалении, а c_i длина отрезка интерполяции после удалении x_i которая появляется при линейной интерполяции между узлами x_{i-1} и x_{i+1} . В этом алгоритме в качестве исключаемого узла выбирается тот узел, для которого достигается минимальное значение выражения $a_i + b_i - c_i$ для всех внутренних интерполяционных узлов. Данный процесс повторяется до тех пор, пока не останется необходимое количество узлов. Заметим, что при повторном построении изменяются только соседние узлы к удаляемому узлу, а остальная часть остаётся без изменения. Мы будем решать задачу (1) с помощью так называемого “жадного алгоритма” с учетом вышеуказанного факта.

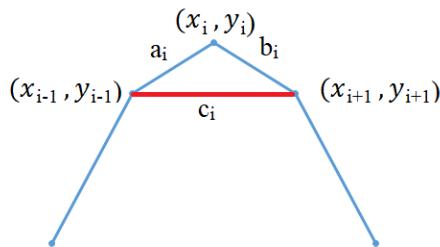


Рисунок 1. Геометрическая интерпретация алгоритма.

Алгоритм нахождения приближенного решения:

1. Принимаем множество $Y = X$
2. k количество элементов множества Y (что означает $k = n$)
3. Выполняем пока $k > m$:

a) Вычислим для всех $i = 2, 3, \dots, k - 1$:

$$\begin{aligned} a_i &:= \sqrt{(x_i - x_{i-1})^2 + (y_i - y_{i-1})^2}; \\ c_i &:= \sqrt{(x_{i+1} - x_{i-1})^2 + (y_{i+1} - y_{i-1})^2}; \\ b_i &:= \sqrt{(x_i - x_{i+1})^2 + (y_i - y_{i+1})^2}; \end{aligned}$$

- $d_i := a_i + b_i - c_i;$
- b) Находим $l = \operatorname{argmin}(\{d_i\}$ для $i = 2, 3, \dots, k - 1$);
- c) Из множества Y исключим элемент x_l найденный в шаге b);
- d) $k := k - 1$.

4. Множество Y принимаем как приближенное решение задачи с $m = k$ узлами.

Заметим, что после первой итерации вычисление значений величин a_i, b_i, c_i, d_i в пункте а) 3-го шага повторные вычисления производятся только для соседних значений узла l . Это связано с тем, что значения остальных узлов не изменяются, так как из множества Y был исключен только узел x_l . Данный факт используется для ускорения времени выполнения алгоритма.

Очевидно, что найденные в решении новые узлы всегда являются подмножеством заданных узлов и при некотором количестве итераций остаётся необходимое количество узлов, поэтому данный метод решения предлагаем кратко назвать Методом опорных узлов.

В ходе выполнения алгоритма в зависимости от количества итераций можно оценить величину расхождения приближения функции по длине. Аппроксимация функции при $m = 2$ будет максимально наихудшей. Данный факт применяется для определения параметра m в данном алгоритме. Еще раз отметим, что в расчетах длина функции $f(x)$ вычисляется как длина кусочно-линейной функции. Данный алгоритм не находит точного решения, но расчеты показали неплохое приближение для решения задачи (1). Другой алгоритм решения подобной задачи и полезность решения такой задачи, в частности рассмотрена в статьях [1-2].

2. Интерпретация алгоритма как иерархической кластеризации.

С другой стороны выше указанный алгоритм можно трактовать как алгоритм иерархической кластеризации Ланса-Уильямса[3] объекта W в класс S с объектами U, V :

$$R(W, S) = \alpha_U \cdot R(U, S) + \alpha_V \cdot R(V, S) + \beta \cdot R(U, V) + \gamma \cdot |R(U, S) - R(V, S)| \quad (4)$$

со следующими коэффициентами $\alpha_U = 1/2, \alpha_V = 1/2, \beta = 0, \gamma = -1/2$.

Если за меру расстояния взять Евклидово расстояние, то для шага 3 в предлагаемом алгоритме:

$$\begin{aligned} R(U, S) &= a_i, \\ R(V, S) &= b_i, \\ R(U, S) - R(V, S) &= c_i \end{aligned} \quad (5)$$

При такой трактовке алгоритма результат кластеризацию равносителен нахождению дендрограмм в задачах классификации, состоящих из смежно расположенных кусочно-линейных функций. Действительно, так-как $d_i \geq 0$ для любого i , то из этого следует что если функция на каком то отрезке $[a, b]$ линейная, то вышеописанный алгоритм выделяет их в один класс, потому-что значения $d_i = a_i + b_i - c_i$ равны нулю для любого x_i на отрезке $[a, b]$ и значения $l = \operatorname{argmin}(\{d_i\}$ для $i = 2, 3, \dots, k - 1$) достигаются именно в этих узлах. Если функция состоит из кусочно-линейных непрерывных $m-1$ функций, но количеством узлов $n > m$, то алгоритм находит все кусочно-линейные функции и его длина равна исходной, первоначальной длине, но с наименьшим количеством узлов представления функции. При этом в решении находятся все узлы соприкосновения кусочно-линейных непрерывных функций и это является точным решением данной задачи.

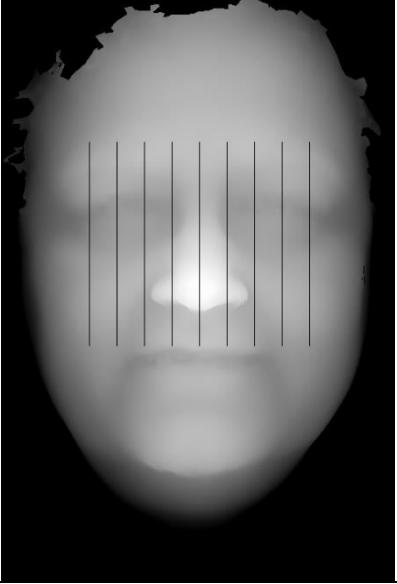
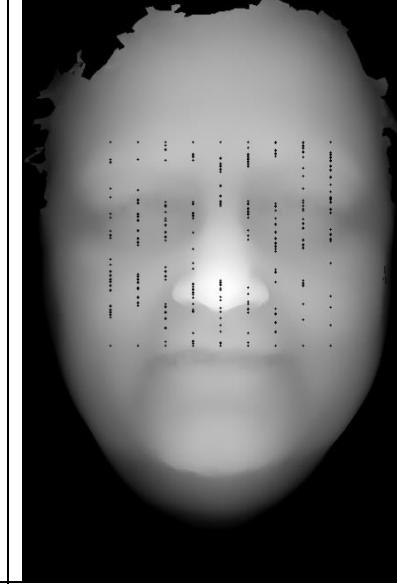
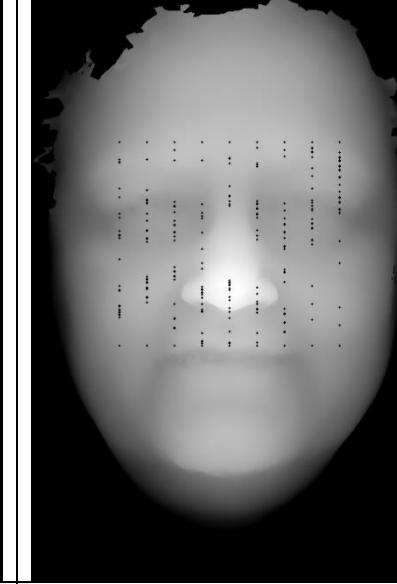
4. Определение опорных узлов в изображении

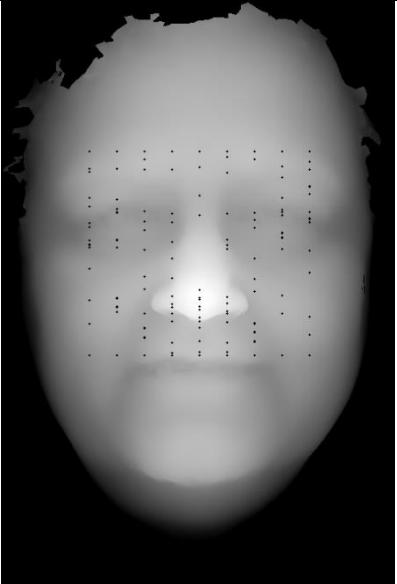
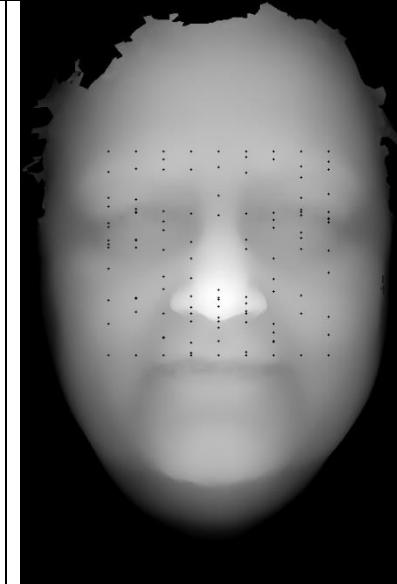
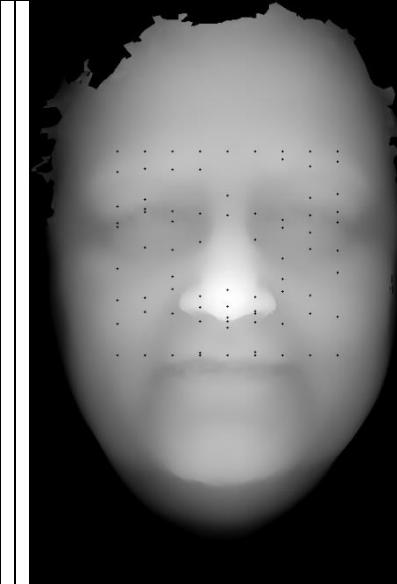
Для апробации применимости алгоритма для 3D-распознавания лиц мы используем Техасскую базу данных [5-8]. Эта база данных содержит 1149 пар изображений высокого разрешения, в нормализованных позах, предварительно обработанных и идеально выровненных по цвету и диапазону изображений 118 взрослых людей, полученных с помощью стереокамеры. Изображения сопровождаются информацией о половой и этнической принадлежности, выражении лица испытуемых, а также о местоположении 25 вручную установленных антропометрических опорных точек лица. Также включены специальные разделы данных для разработки и оценки алгоритмов трехмерного распознавания лиц. Алгоритмы распознавания лиц в основном основаны на глубоком обучении нейронной сети основанных на антропометрических опорных точках лица. В отличие от работы S. Gupta, K. R. Castleman, M. K. Markey, A. C. Bovik мы выбираем не антропометрические опорные точки, а опорные точки определяемой по алгоритму MSN. Для

этого рассмотрим 9 разрезов по вертикали. Почему выбраны 9 разрезов и их расположения пока обсуждать не будем. В данной статье мы хотим показать альтернативный алгоритм распознавания объектов в общем виде.

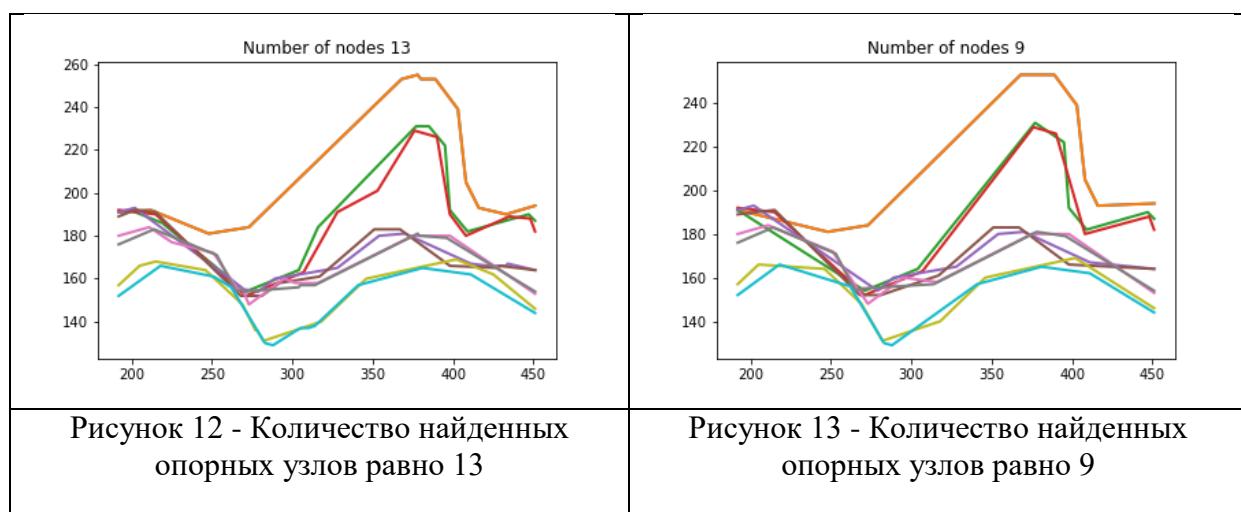
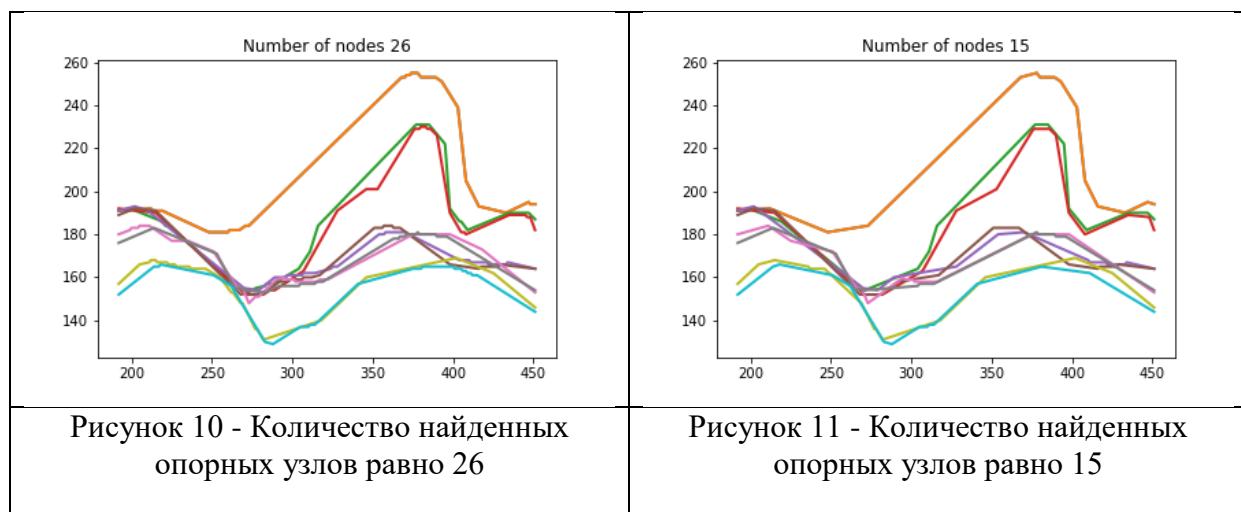
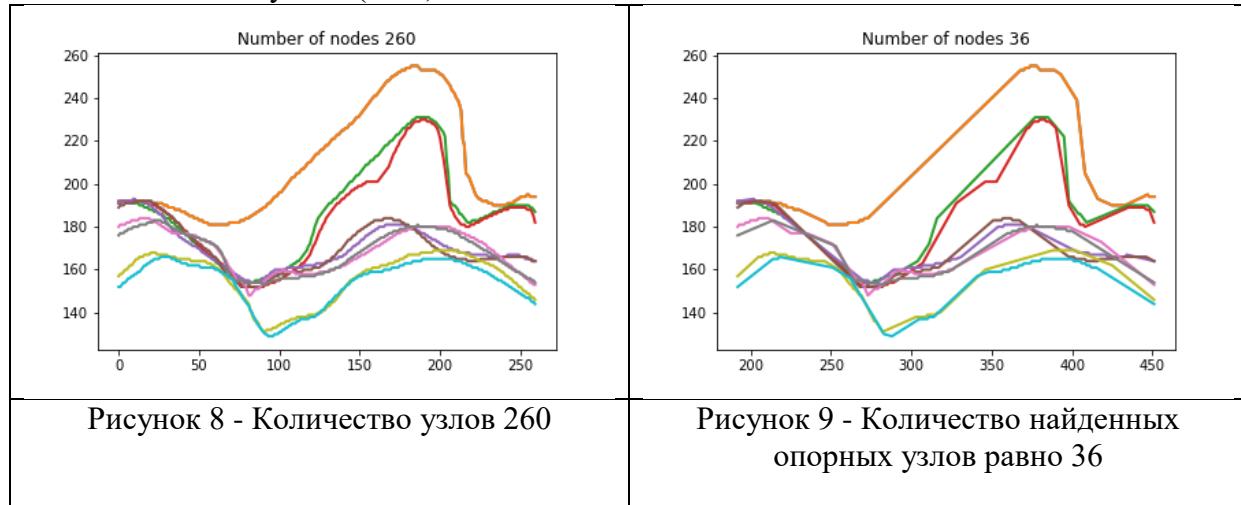
Итак, центральный разрез проходит по кончику носа, остальные расположены симметрично слева и справа. Количество узлов (пикселей) в каждом разрезе 260. Количество узлов (пикселей) между разрезами равно 35.

В качестве примера для изображения Raw_0001_001_20050913115022_Range.png из Техасской базы данных эти разрезы показаны на Рисунке 2. Для каждого разреза находили опорные узлы с помощью алгоритма MSN. На Рисунках (3-7) показаны найденные узлы (пиксели) при $k = 36, 26, 15, 13, 9$ для каждого разреза и они на рисунках отмечены крестиком.

		
Рисунок 2 - Количество узлов 260	Рисунок 3 - Количество найденных опорных узлов равно 36	Рисунок 4 - Количество найденных опорных узлов равно 26

		
Рисунок 5 - Количество найденных опорных узлов равно 15	Рисунок 6 - Количество найденных опорных узлов равно 13	Рисунок 7 - Количество найденных опорных узлов равно 9

На Рисунке 8 показаны значения пикселей в исходных разрезах в виде одномерной функции, где график функции центрального разреза соответствует графику проходящий выше всех графиков, а самые крайние разрезы соответствует графику расположенный ниже всех графиков и соответствует разрезам изображения в Рисунке 2. Результаты полученных узлов по методу MSN, соответствующим Рисункам (3-7), и после линейной аппроксимации они показаны на Рисунках (9-13).



Если мы сравним графики функций на Рисунках (8-13) видно что, алгоритм MSN сперва удаляет узлы которые расположены почти в прямой линии, оставляя концы отрезков-

опорных узлов. Это хорошо видно на горбинке носа при $k = 36$, где исчезли все узлы от переключичты глаз до кончика носа. Сравните Рисунок 2 и Рисунок 3, также их графики на Рисунке 8 и Рисунке 9. На Рисунке 3 узлы исчезли, а Рисунке 9 данный отрезок заменен отрезком прямой линии.

5. Подготовка признаков изображений.

Мы решили принимать количество опорных узлов $k = 10$ считая, что это количество достаточно, так как это визуально не портит графики представленных функций. В качестве признака для каждого изображения были приняты величины a_i и c_i найденные по результатам предлагаемого алгоритма. Совокупность этих величин однозначно определяет опорные узлы и они инвариантны для преобразований – растяжение, поворот и на параллельной перенос. При $k = 10$ количество величин a_i и c_i будет равно 9 и 8 соответственно, что в сумме равно 17 данным для каждого разреза. Данные получаемые по найденным опорным узлам для каждого разреза и нормированные так чтобы было в сумме было равна единице для изображение Raw_0001_001_20050913115022_Range.png показана в Таблице-1.

Таблица1. - Нормированные данные для изображения
Raw_0001_001_20050913115022_Range.png

Разрезы	1	2	3	4	5	6	7	8	9
a_0	0.031	0.033	0.027	0.015	0.026	0.027	0.037	0.030	0.040
a_1	0.035	0.063	0.074	0.011	0.092	0.057	0.051	0.047	0.044
a_2	0.034	0.043	0.041	0.033	0.014	0.040	0.022	0.058	0.016
a_3	0.132	0.025	0.059	0.064	0.018	0.031	0.026	0.048	0.043
a_4	0.016	0.086	0.013	0.078	0.033	0.014	0.054	0.029	0.010
a_5	0.018	0.021	0.042	0.028	0.054	0.032	0.061	0.046	0.031
a_6	0.053	0.041	0.015	0.025	0.020	0.069	0.017	0.033	0.045
a_7	0.012	0.013	0.057	0.049	0.047	0.029	0.032	0.037	0.078
a_8	0.028	0.046	0.048	0.060	0.067	0.078	0.075	0.034	0.070
c_0	0.065	0.095	0.099	0.025	0.113	0.082	0.085	0.074	0.079
c_1	0.067	0.098	0.106	0.044	0.104	0.094	0.070	0.101	0.059
c_2	0.164	0.063	0.096	0.097	0.031	0.058	0.044	0.094	0.058
c_3	0.144	0.110	0.070	0.134	0.050	0.043	0.079	0.076	0.051
c_4	0.032	0.100	0.052	0.105	0.085	0.045	0.114	0.074	0.040
c_5	0.069	0.055	0.052	0.052	0.071	0.100	0.077	0.079	0.074
c_6	0.061	0.052	0.065	0.072	0.065	0.096	0.048	0.069	0.119
c_7	0.039	0.055	0.083	0.108	0.111	0.105	0.106	0.070	0.143

Таким образом в заданных изображениях для признаков каждого лица получено 153 величины ($9+8=17$, $17 \times 9 = 153$). Эти величины определяет “антропометрические” характеристики лиц. Заметим, что такие “антропометрические” характеристики можно определять для любого изображения. Таким образом были подготовлены все 1149 признаков для каждого изображения.

6. Архитектура нейронной сети.

В качестве платформы для нейронной сети была принята платформа tensorflow. Нейронная сеть построена с целью принятия решений, при определении принадлежности заданных пар признаков на входе к одному и тому же объекту. Для этой цели на вход нейронной сети подаются признаки сравниваемых лиц (по 153 характеристик для каждой). Для данных с одинаковыми лицами результатом нейронной сети должна быть 1, а для несовпадающих лиц результат должен быть равен 0. Функцией активизации на выходном слое была взята

функция sigmoid. Между входным и выходным слоем были взяты два плотных слоя с количеством узлов 306 и 128 соответственно. В обеих внутренних слоях использовалась функция активизации relu. В качестве функции ошибок для сети использовалась Binary Crossentropy. Для оптимизации параметров сети использовали градиентный метод Adam со стандартным обучающим параметром с числом пакетов по 100 записей и 30 эпох.

7. Данные для обучения и тестирование.

Из подготовленных 1149 признаков создали две группы данных. Первая группа содержала 600, а вторая 549 данных. Для обучения генерировано 12490 пар признаков с использованием данных первой группы. При тестировании использовали данные второй группы, создав для них 11419 пар данных. Точность и ошибки обучения показаны на Рисунке-14 и Рисунке-15.

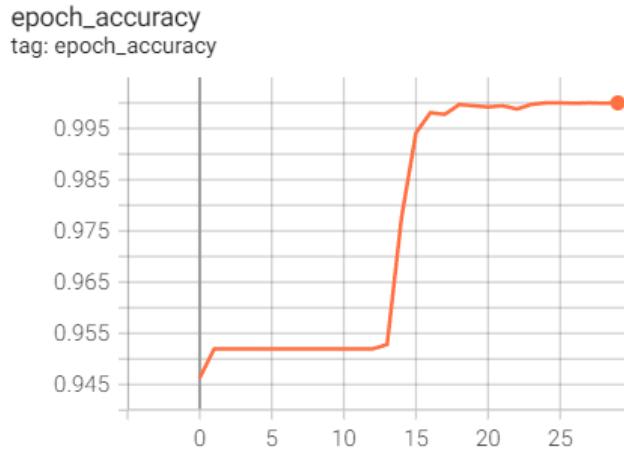


Рисунок 14 - График точности модели по эпохам

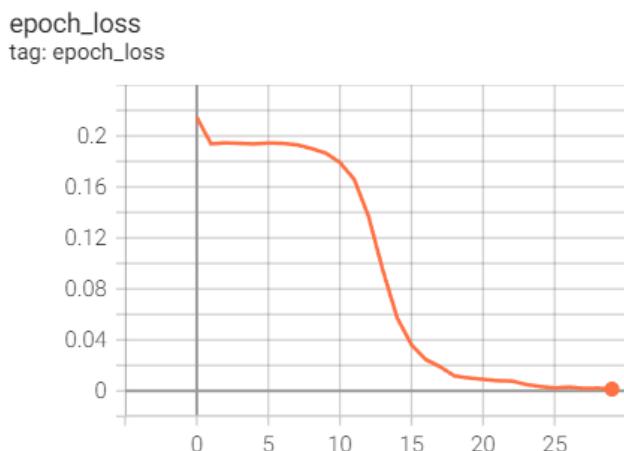


Рисунок 15 - График изменения функции потерь во время обучения

При тестировании из 549 положительных ответов все были найдены правильно. Средняя вероятность распознавания положительных ответов была 0.9618896, минимальное и максимальное значения 0.72326624, 0.9938875, среднее квадратичное отклонение равнялось 0.032332536. Средняя вероятности распознавания правильных отрицательных ответов была 0.0024026022, минимальное и максимальное значения 5.8714456e-20, 0.75968075, среднее квадратичное отклонения равнялось 0.020143095.

Изображения в файлах Clean_0723_109_20050912214205_Range.png и Clean_0714_109_20050912201805_Range.png, а также Clean_0729_109_20050912222552_Range.png и Clean_0737_109_20050912232448_Range.png нейронная сеть выдала как одно лицо.

8. Заключение.

Проведенные исследования применения метода опорных узлов для идентификации лиц в изображения по нашему мнению имеет очень интересный и привлекательный способ, поэтому дальнейшее исследование в данной области имеет перспективу.

Список литературы

1. Sultanov, R., Atakan, A., & Ismailova, R. (2019). An algorithm for line matching in an image by mapping into an n - dimensional vector space. Turkish Journal of Electrical Engineering & Computer Sciences, 27(5), 3532-3543
2. Sultanov, R., & Ismailova, R. (2019). Algorithm for Solving Some Optimization Problems and its Application to Object Matching Problem. In International Turkic World Congress on Science and Engineering (pp. 734-740). Niğde – Turkey
3. G. N. Lance, W. T. Williams; A General Theory of Classificatory Sorting Strategies: 1. Hierarchical Systems, The Computer Journal, Volume 9, Issue 4, 1 February 1967, Pages 373–380
4. <https://live.ece.utexas.edu/research/texas3dfr/>
5. S. Gupta, M. K. Markey, A. C. Bovik, "Anthropometric 3D Face Recognition", International Journal of Computer Vision, 2010, Volume 90, 3:331-349.
6. S. Gupta, K. R. Castleman, M. K. Markey, A. C. Bovik, "Texas 3D Face Recognition Database", IEEE Southwest Symposium on Image Analysis and Interpretation, May 2010, p 97-100, Austin, TX.
7. S. Gupta, K. R. Castleman, M. K. Markey, A. C. Bovik, "Texas 3D Face Recognition Database", URL: <http://live.ece.utexas.edu/research/texas3dfr/index.htm>.
8. Blanz, Volker & Vetter, Thomas. (2023). A Morphable Model For The Synthesis Of 3D Faces. 10.1145/3596711.3596730.

К.Ч. Кожогулов, Б.Т. Джакупбеков, Э. уулу Жыргалбек, С.У. Исагалиева

И. Рazzakov атындагы КМТУ, Бишкек, Кыргыз Республикасы

КГТУ им. И. Рazzакова, Бишкек, Кыргызская Республика

K.Ch. Kozhogulov, B.T. Djakupbekov, E. uulu Zhyrgalbek, S.U. Isagalieva

I. Razzakov KSTU, Bishkek, Kyrgyz Republic

igion.nankr@gmail.com, billi_jb@mail.ru, edutechie007@gmail.com, isagalieva3103@mail.ru

ВОПРОСЫ ПЕРВОНАЧАЛЬНОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ АЛЬТЕРНАТИВНОГО ТУННЕЛЯ ЧЕРЕЗ ПЕРЕВАЛ ТӨӨ-АШУУ

ТӨӨ-АШУУ АРКЫЛУУ ӨТҮҮЧҮ АЛЬТЕРНАТИВДҮҮ ТУННЕЛДИ АЛГАЧКЫ ДОЛБООРЛОО МАСЕЛЕЛЕРИ

QUESTIONS OF THE INITIAL DESIGN OF AN ALTERNATIVE TUNNEL THROUGH THE TOO-ASHUU PASS

Бул макалада *OpenTopography* сыйктуу ачык булактардан алынган рельефтин санариптик моделдерин (*DEM*) Төө-Ашуу аркылуу Бишкек–Ош автоунаа жолундагы альтернативдүү тоннелди долбоорлоодо инженердик-геомеханиктик талдоо учун колдонуу методикасы баяндалат. Иштин алкагында *WGS 84* географиялык координат системасынан *UTM* түз бурчтуу проекциясына чейинки *DEM* маалыматтарын *QGIS* программасында трансформациялоо, уч бурчтук туура келбеген тор (*TIN*) түзүү жана *Autodesk Civil 3D* программасында жердин уч өлчөмдүү моделин куруу процесстери сүрөттөлөт. Алынган моделдер жер рельефинин морфологиясын талдоодо, жантайма бурчтарды эсептөөдө жана тоннелдин оптималдуу трассасын аныктоодо колдонулат. Сунушталган ыкма инженердик эсептөөлөрдүн тактыгын жогорулатууга жана тоолуу аймактарда инфраструктуралык объектилерди пландаштыруунун алгачкы этаптарында негизделген чечимдерди кабыл алууга шарт түзөт.

Түйүндүү сөздөр: рельефтин санариптик модели, *DEM*, *OpenTopography*, *QGIS*, *Civil 3D*, *TIN*, тоннел, Төө-Ашуу, геомаалыматтык талдоо, трассалоо.

В статье представлена методика использования цифровых моделей рельефа (*DEM*), полученных из открытых источников *OpenTopography*, для инженерно-геодезического анализа в контексте проектирования альтернативного тоннеля через перевал Тое-Ашуу на автодороге Бишкек–Ош (Кыргызстан). Описан процесс подготовки пространственных данных: преобразование модели рельефа из географической системы координат *WGS 84* в прямоугольную (*UTM*) с применением инструментов *QGIS*, построение триангулированной нерегулярной сети (*TIN*) и создание трёхмерной модели рельефа в *Autodesk Civil 3D*. Полученные модели используются для анализа морфологии местности, расчёта уклонов и оптимизации трассировки тоннеля. Предложенный подход позволяет повысить точность инженерных расчётов и обоснованность проектных решений на ранних этапах планирования инфраструктурных объектов в горных районах.

Ключевые слова: цифровая модель рельефа, *DEM*, *OpenTopography*, *QGIS*, *Civil 3D*, *TIN*, тоннель, Тое-Ашуу, геоинформационный анализ, трассировка.

*This article presents a methodology for utilizing digital elevation models (*DEMs*) obtained from open-access sources, such as the *OpenTopography* platform, for engineering and geospatial analysis in the context of designing an alternative tunnel through the Too-Ashuu Pass on the Bishkek–Osh highway (Kyrgyzstan). The workflow includes the transformation of *DEM* data from*

the geographic coordinate system WGS 84 to a projected UTM system using QGIS tools, the construction of a Triangulated Irregular Network (TIN), and the development of a three-dimensional terrain model in Autodesk Civil 3D. The resulting models are employed to analyze terrain morphology, evaluate slopes, and optimize tunnel alignment. The proposed approach enhances the accuracy of engineering calculations and supports informed decision-making during the early planning stages of infrastructure development in mountainous regions.

Key words: digital elevation model, DEM, OpenTopography, QGIS, Civil 3D, TIN, tunnel, Too-Ashuu, geospatial analysis, alignment

Ведение. Применение цифровых моделей рельефа **DEM** значительно повышает точность, скорость и информативность на всех этапах жизненного цикла инженерных объектов — от предпроектного анализа до строительства и последующей эксплуатации.

Использование трехмерной модели рельефа особенно актуально при проектировании линейных подземных сооружений, таких как тунNELи, где точное понимание геоморфологии местности позволяет оптимизировать проектные решения.

На этапе трассировки туннеля 3D-модель рельефа играет ключевую роль в выборе наиболее рационального маршрута, а также точек входа и выхода. Анализ цифровой поверхности помогает избежать прохождения тоннеля через геологически неблагоприятные участки, например, водоносные горизонты или зоны повышенной сейсмической активности.

Кроме того, цифровая модель позволяет определить оптимальные места размещения вентиляционных и аварийных шахт, оценить возможности подъезда строительной техники, а также провести предварительную оценку объемов земляных работ и рисков, связанных с геотехническими условиями.

Таким образом, интеграция ЦМР в процесс проектирования способствует повышению безопасности, снижению затрат и минимизации геоинженерных рисков [1].

Предлагаемая методика позволяет выполнять построение продольных профилей трассы тоннеля, что способствует обоснованию проектных решений на ранних стадиях. Параметры проектируемого тоннеля: расположение на высоте 2200 метров над уровнем моря, протяжённость 11 км, а также предполагаемая пропускная способность 6–10 тыс. машин в сутки [2, 3].

Результаты исследования подтверждают, что использование DEM, TIN-моделей в QGIS и 3D-моделей в Civil 3D является эффективным инструментом для проектирования транспортных сооружений в сложных горных условиях [4, 5, 6].

Перевал Тoo-Ашуу является стратегическим транспортным узлом Кыргызстана, соединяющим северную и южную части страны по автодороге Бишкек–Ош. Эта дорога обеспечивает не только внутренние пассажирские и грузовые перевозки, но и международные транспортные потоки в направлении Центральной Азии. В силу сложного горного рельефа и высокогорного расположения перевала движение на данном участке сопровождается повышенными транспортными рисками, в том числе снежными заносами, лавинами, оползневыми процессами и частыми дорожно-транспортными происшествиями.

Строительства нового современного тоннеля, который обеспечит безопасное и круглогодичное сообщение между севером и югом Кыргызстана. Алтернативный тоннель запланирован на высоте 2200 метров над уровнем моря, что на 1000 м., ниже существующего тоннеля, что позволит снизить уклоны автодороги, сократить время в пути и повысить безопасность движения [2, 3].



Рисунок 1 - Перевала Тoo - Ашуу проектируемого тоннеля 1 - Северный склон, 2 - Южный склон

Проектирование столь масштабного инфраструктурного объекта требует предварительного инженерно-геодезического анализа рельефа и геологических условий. Современные методы цифрового моделирования позволяют на ранних стадиях проекта оценить альтернативные варианты трассировки и выбрать наиболее оптимальный.

Анализ инженерно-геологических условий участка строительства альтернативного туннеля по автодороге Бишкек-Ош (Тоо - Ашуу). **Киргизский хребет** — один из горных хребтов внутреннего Тянь-Шаня на территории Кыргызстана, частично на территории соседнего Казахстана. Хребет был нанесен на карты русскими исследователями в середине XIX века и был назван Александровский хребет в честь российского императора Александра II. В 1933 году постановлением ВЦИК Александровский хребет был переименован в Киргизский хребет.

Длина хребта — 375 км [3]. Протягивается с востока на запад от Боомского ущелья до города Тараз. Наибольшая высота — 4875 м (пик Западный Аламедин). Сложен преимущественно осадочными и метаморфическими породами, порфиритами, гранитами. Северный склон более пологий и длинный, чем южный, который продолжает русло реки Чу. Полупустыни на почвах сероземного типа простираются до высоты 1100—1200 м. На склонах до высоты 2500 м — степи, леса (ель, арча) с горными тёмно-каштановыми почвами и чернозёмами, выше — субальпийские и альпийские луга. С высоты 3700 м — снежники и ледники (общая площадь оледенения 223 км²). В предгорьях развито поливное земледелие, склоны используются как летние пастбища хозяйствами Казахстана и Кыргызстана [3].

В центральной части хребта на высоте 3180 метров над уровнем моря расположен перевал Тоо-Ашуу. Через перевал проходит автомобильная дорога Бишкек-Ош, являющаяся стратегически важной артерией, соединяющей юг и север Кыргызстана [4].

Карамойнокская свита (Q₃? kr).

Карамойнокская свита располагается в северо-восточной части площади листа Киргизского хребта в районе перевала Тоо-Ашуу и значительные территории в бассейнах реки Карабалты, Чон-Каинды, Чолок-Каинды, Бактыбай, Чария. Она трансгрессивно перекрывает различные горизонты нижележащих отложений, налегая по р. Карабулак на эфузивы относимые к баркольской свите (указанные эфузивные могут принадлежать к Каргалинской свите) а в бассейнах рек Туюк и Чон-Каинды – на отложениях Карабалгинской свиты.

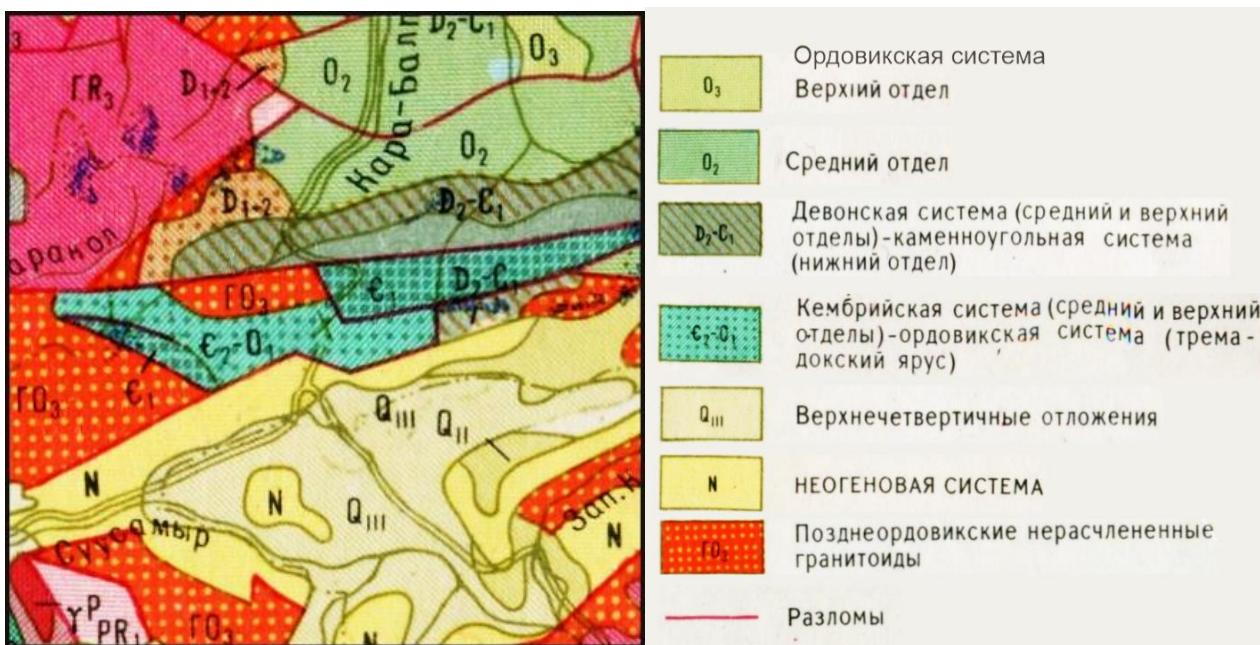


Рисунок 2 - Геологическая карта перевала Тoo-Ашуу

DEM (Digital Elevation Model) — это фундаментальная и широко используемая цифровая модель рельефа (ЦМР), которая представляет собой дискретное цифровое представление поверхности Земли в виде регулярного массива данных о высотах. Она является ключевым инструментом для картографирования, инженерного проектирования, ландшафтного дизайна, гидрологического моделирования и множества других прикладных научных и инженерных задач. Активное и повсеместное использование цифровых моделей рельефа, получаемых из авторитетных открытых источников, таких как международная платформа OpenTopography, и их последующая комплексная обработка в свободной программной ГИС-среде QGIS, является современным стандартом работы в области геоинформатики. QGIS — это мощное, свободно распространяемое и открытое программное обеспечение для работы с географическими информационными системами (ГИС), распространяемое под лицензией GNU General Public License. Данный программный комплекс предоставляет обширный встроенный набор инструментов и алгоритмов для визуализации, редактирования, пространственного анализа, обработки растровых и векторных данных, а также для эффективного управления разнородными геопространственными данными. Функционал QGIS позволяет пользователям не только создавать, редактировать и отображать данные, но и выполнять ключевые инженерные операции, включая точное преобразование географических координат в метрические, построение высокоточных TIN-моделей (Triangulated Irregular Network — триангулированная нерегулярная сеть) и генерацию детальных продольных и поперечных профилей рельефа для анализа. Дополнительное применение созданных трехмерных моделей в профессиональной САПР-среде Autodesk Civil 3D открывает широкие возможности для реалистичной трехмерной визуализации местности, углубленного анализа уклонов и проектных профилей, а также для оптимизации трассировки линейных сооружений, таких как тоннели. Полученные в результате обработки данные являются необходимыми и критически важными для решения следующих задач: [6], определения границ и характеристик водоносных горизонтов и анализа гидрологических режимов территории; точного количественного анализа уклонов и создания проектных инженерных профилей; обоснованного выбора наиболее благоприятных точек начала и выхода тоннеля на основе анализа рельефа; эффективного снижения инженерных рисков и комплексной оптимизации проектных решений на ранних стадиях.

Подготовка данных. Для детального и всестороннего исследования рельефа местности использовались общедоступные цифровые модели высот (DEM), загруженные из авторитетных открытых источников на специализированной платформе OpenTopography. На начальном и очень важном этапе подготовки данных в качестве первого шага была задана область интереса (AOI), точно соответствующая административным или физико-географическим границам исследуемого участка перевала Тоо-Ашуу. Для последующего высокоточного моделирования рельефа территории была использована и построена TIN-поверхность (Triangulated Irregular Network - Триангулированная Нерегулярная Сеть), которая представляет собой векторную сеть неравномерных и непересекающихся треугольников, построенных на основе исходного набора точек с известными плановыми координатами и высотными отметками. В классическом двухмерном представлении рельеф местности традиционно и наглядно визуализируется с помощью системы контурных линий (горизонталей) — это изолинии, соединяющие точки с одинаковой абсолютной высотой над уровнем моря. Для получения максимально подробных и достоверных данных о рельефе применялись глобальные цифровые модели высот с пространственным разрешением 30 метров, в частности — высококачественные данные ALOS (Advanced Land Observing Satellite). Эти проверенные данные обеспечивают достаточную детальность и высокую метрическую точность для корректного построения TIN-модели и последующей автоматической генерации контурных линий с заданным интервалом. На основе полученной и верифицированной TIN-поверхности были автоматически сгенерированы горизонтали с заданным пользователем вертикальным интервалом, что позволило наглядно отобразить рельеф участка в двухмерной форме для картографирования. Контурные линии дают интуитивно понятное и точное представление о крутизне склонов и общем характере местности: чем ближе эти линии расположены друг к другу, тем круче уклон и наоборот., также применялись данные других миссий, таких как Copernicus и NASADEM для верификации и увеличения точности [4, 7, 8, 9, 10, 11, 12].

Репроекция данных в QGIS. Для обеспечения абсолютной корректности проведения дальнейшей пространственной обработки и анализа данные исходной цифровой модели рельефа (ЦМР, DEM) в обязательном порядке необходимо привести к подходящей проекционной прямоугольной системе координат, соответствующей локальному проектному участку и минимизирующей искажения. Исходная модель, как правило, представлена в глобальной географической системе координат WGS 84 (идентификатор EPSG:4326), которая непригодна для линейных измерений. Непосредственно перед трансформацией была выполнена предварительная проверка на корректность отображения, целостности данных и отсутствие пропусков для исключения ошибок на следующем этапе. Далее была выполнена ключевая операция рирпроекции пространственных данных в целевую прямоугольную (проективную) систему координат, соответствующую либо региональным, либо международным картографическим стандартам, используемым в проектной документации. В зависимости от конкретного географического положения проектного участка применялись следующие картографические проекции: WGS 84 / UTM Zone 36N (EPSG:32636) — стандартно используется для участков, расположенных в пределах зоны 36 северного полушария между долготами 30° и 36° восточной долготы; Пулково 1942 / Гаусс-Крюгер, зона 4 (EPSG:28404) — это одна из зон прямоугольной проекции, основанной на эллипсоиде Красовского 1940 года, которая исторически использовалась в России и ряде стран СНГ до перехода на современные координатные системы (например, МСК, СК-95, СК-2011 и др.). Данное преобразование в метрическую прямоугольную систему координат обеспечивает необходимую геодезическую согласованность координат, эффективно устраняет искажения длин и площадей, присущие глобальным географическим системам, и позволяет корректно выполнять инженерный анализ рельефа, проводить точные пространственные расчёты, а также обеспечивать точную привязку проектных элементов в инженерных ГИС- и САПР-средах, таких как AutoCAD Civil 3D [5].

Построение модели рельефа в Autodesk Civil 3D. После выполнения процедуры рирпроекции и подготовки окончательная цифровая модель рельефа (DEM) экспортируется из QGIS в подходящем формате (например, XYZ) и импортируется в профессиональный

программный комплекс Autodesk Civil 3D для последующей углубленной инженерной обработки и проектирования. На основе импортированных данных формируется динамическая TIN-поверхность (Triangulated Irregular Network) — это триангулированная нерегулярная сетка, которая позволяет с высокой детализацией и точностью отразить все морфологические особенности и нюансы рельефа местности. TIN-модель представляет собой сложный набор взаимосвязанных непересекающихся треугольников, вершины которых располагаются в точках с известными трехмерными координатами и высотными отметками. Такая векторная структура обеспечивает максимально точную аппроксимацию даже очень сложных и крутых форм рельефа и широко применяется при выполнении следующих инженерно-геодезических задач: детальный анализ уклонов и экспозиции склонов для строительства; точный расчет объемов земляных масс для планировки территории и составления картограмм земляных работ; проектирование линейных и площадных объектов инфраструктуры (автодороги, железнодорожные трассы, каналы, дренажные системы и пр.); формирование топографических подоснов и создание комплектов рабочих чертежей в соответствии с ГОСТ или другими стандартами. Дополнительно, применение трехмерных моделей в Civil 3D позволяет проводить интерактивную пространственную визуализацию и всесторонний анализ проектных решений, включая трассировку дорог, магистралей и подземных сооружений, таких как тоннели. Это значительно повышает общую точность и качество проектирования, позволяет комплексно учитывать геоморфологические и геотехнические условия местности, а также оптимизировать объемы строительных работ и затраты на реализацию проекта. Пошаговый процесс подготовки DEM и построения модели рельефа представлен на рисунках 3 и 7 [6].



Рисунок 3 - Исходная цифровая модель рельефа выделена рамкой в Google Earth

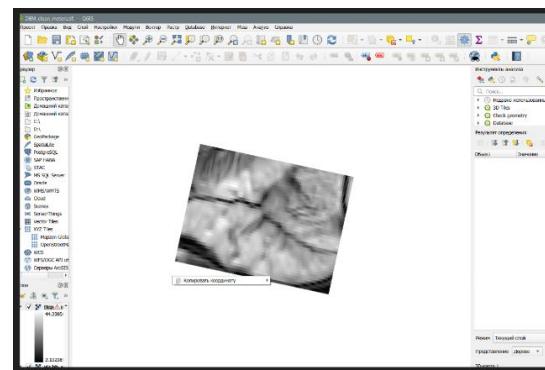


Рисунок 4 - Загруженные данные в ПО QGIS и дальнейшая обработка



Рисунок 5 - TIN-поверхность участка в 2D-представлении (контурные линии рельефа)

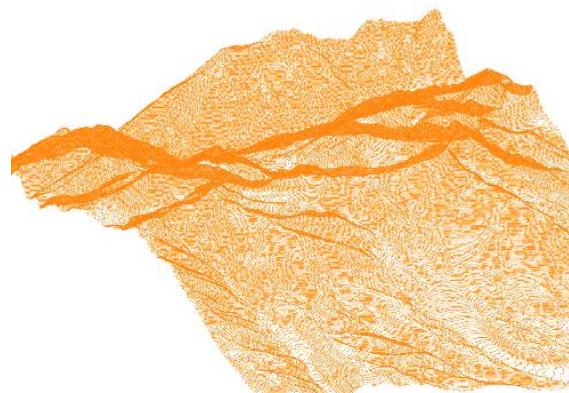


Рисунок 6 - TIN-поверхность участка в 3D-представлении (контурные линии рельефа)

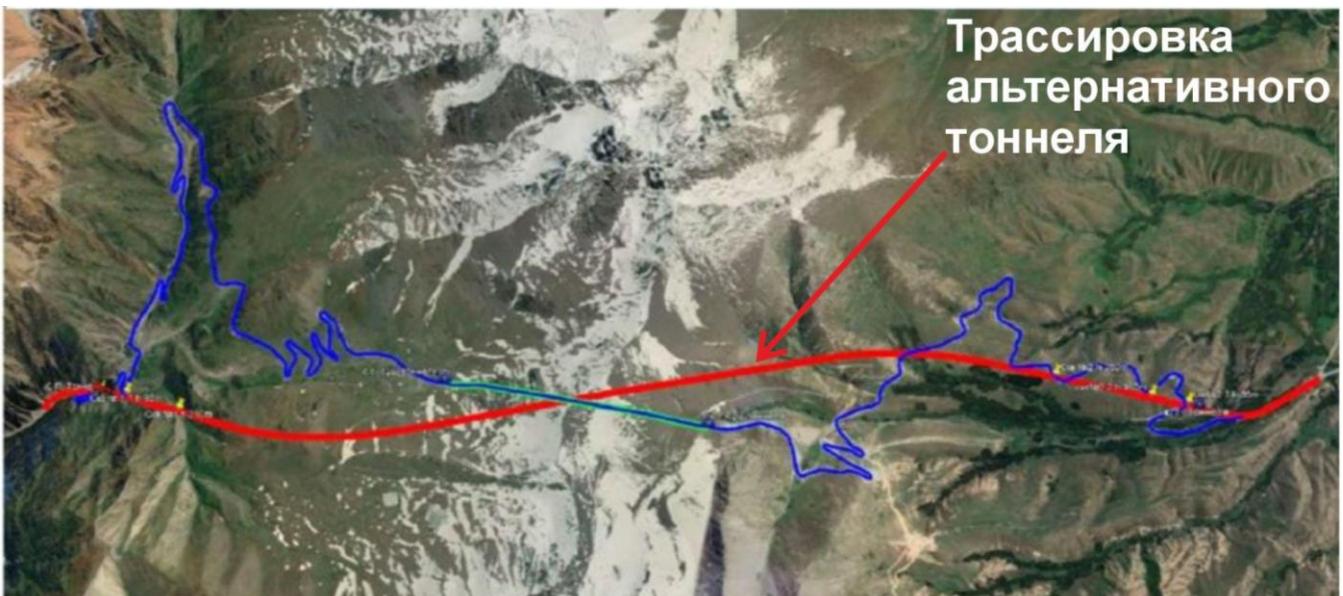


Рисунок 7 - Схема альтернативного туннеля через перевал Тoo-Ашуу

Заключение. Предложенная методика с использованием высокоточных открытых данных позволяет получать детализированное представление о морфологии поверхности без необходимости проведения дорогостоящих полевых работ. Преобразование DEM в формат, пригодный для использования в Autodesk Civil 3D, обеспечивает гибкость при моделировании рельефа, позволяя создавать TIN-поверхности с учётом локальных особенностей местности — таких как резкие перепады высот, хребты, ложбины и обрывы.

Репроекция данных из географической системы координат в прямоугольную обеспечивает точное позиционирование и согласованность координат, что критично для корректного отображения рельефа.

Использование связки QGIS и Civil 3D позволяет создавать детализированные 3D-модели местности, анализировать уклоны и продольные профили, а также визуализировать альтернативные варианты трасс.

Методика является доступной и гибкой: открытые данные и бесплатное ПО позволяют адаптировать подход под различные регионы и задачи без значительных затрат.

Ограничения метода связаны с разрешением исходных DEM и алгоритмами построения TIN, однако соблюдение рекомендованных процедур гарантирует высокую точность моделей.

Перспективы развития включают автоматизацию обработки DEM, интеграцию в комплексные процессы анализа и применение для задач трассирования, гидрологического моделирования и оценки рельефа.

Благодаря применению данной методики стало возможным сочетать преимущества открытых данных с функциональностью профессионального программного обеспечения, при этом значительно снижая общие затраты на подготовку исходных данных и цифровое моделирование [4, 5, 6].

Список литературы

1. Титовская, М. А. Построение цифровой модели местности как основа для разработки информационных моделей транспортных сооружений // *Universum: технические науки*. — 2021. — № 6(87) [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://7universum.com/ru/tech/archive/item/11910> (дата обращения: 17.10.2025).
2. Инвестиционный портал Кыргызстана. *Стратегия развития транспортной инфраструктуры* [Электронный ресурс] — Режим доступа: <https://invest.gov.kg/wp-content/uploads/2021/12/47.pdf> (дата обращения: 17.10.2025).

3. Министерство транспорта и коммуникаций Кыргызской Республики [Электронный ресурс] — Режим доступа: <https://mtd.gov.kg> (дата обращения: 17.10.2025).
4. *OpenTopography. Digital Elevation Models (DEM)* [Электронный ресурс] — Режим доступа: <https://opentopography.org> (дата обращения: 17.10.2025).
5. QGIS Development Team. *QGIS Geographic Information System / Open-Source Geospatial Foundation Project.* — 2023.
6. Autodesk. *AutoCAD Civil 3D User Guide.* — Autodesk, 2023.
7. Heng, T., Reuter H. I. *Geomorphometry: Concepts, Software, Applications.* — Boca Raton: CRC Press, 2017.
8. *Shuttle Radar Topography Mission (SRTM).* — NASA, 2000[Электронный ресурс] — Режим доступа: <https://www2.jpl.nasa.gov/srtm/> (дата обращения: 17.10.2025).
9. ALOS Global Digital Surface Model / Japan Aerospace Exploration Agency (JAXA). — 2016.
10. *Copernicus Programme / European Space Agency (ESA)* [Электронный ресурс] — Режим доступа: <https://www.copernicus.eu> (дата обращения: 17.10.2025).
11. Burrough, P. A., McDonnell R. A. *Principles of Geographical Information Systems.* — Oxford: Oxford University Press, 1998.
12. Левин, А. Б. *Цифровые модели рельефа и их применение в геоинформационных системах* [Текст] / А. Б. Левин. — Москва: Недра, 2012.

Йонг Санг Чо¹, С.К. Абдиева², З. Касымбекова³

¹Ж.Баласагын ат. КУУ, ²И. Рazzаков ат. КМТУ,

³КР Улуттук банк

Бишкек, Кыргыз Республикасы

¹КНУ имени Ж.Баласагына, ²КГТУ имени И.Раззакова,

³Национальный банк КР

Бишкек, Кыргызская Республика

Young-Sang Choi¹, Abdieva Samara Kadimovna², Zhazgul Kasymbekova³

¹J. Balasagyn KNU, ²I.Razzakov KSTU,

³National Bank KR

Bishkek, Kyrgyz Republic

choi2018kz@gmail.com, a_sama09@mail.ru, zhazgulkasymbekova417@gmail.com

**REINFORCEMENT LEARNING AND MATHEMATICAL ECONOMICS:
THEORETICAL INTEGRATION AND SIMULATION-BASED COMPARISON WITH
MACHINE LEARNING USING OPEN DATASETS**

**ОКУТУУНУ БЕКЕМДӨӨ ЖАНА МАТЕМАТИКАЛЫК ЭКОНОМИКА:
ТЕОРИЯЛЫК ИНТЕГРАЦИЯНЫ ЖАНА АЧЫК МААЛЫМАТ ТОПТОМДОРУН
КОЛДОНУУ МЕНЕН МАШИНАЛЫК ҮЙРӨНҮҮ ҮКМАЛАРЫН
МОДЕЛДЕШТИРҮҮ НЕГИЗИНДЕ САЛЫШТАРУУ**

**ОБУЧЕНИЕ С ПОДКРЕПЛЕНИЕМ И МАТЕМАТИЧЕСКАЯ ЭКОНОМИКА:
ТЕОРЕТИЧЕСКАЯ ИНТЕГРАЦИЯ И СРАВНЕНИЕ НА ОСНОВЕ
МОДЕЛИРОВАНИЯ С МАШИННЫМ ОБУЧЕНИЕМ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ
ОТКРЫТЫХ НАБОРОВ ДАННЫХ**

Бул изилдөө *Markov Decision Processes (MDPs)* аркылуу моделделген *Reinforcement Learning (RL)* кантип экономикалык агенттердин пайдалуулукту максималдаштыруу жүрүм-турумуна дал келерин изилдейт. Симуляцияга негизделген пилот *Yahoo Finance* жана *Дүйнөлүк банктын AAPL* запасын жана *ИДП* маалыматтарын колдонуу менен *RL* жана салттуу *Machine Learning (ML)*ди салыштырды. *ML*, *Q-learning*, *DQN* жана гибрид моделдерин колдонгон бир нече *Python* программалары аркылуу изилдөө динамикалык, белгисиз экономикалык чөйрөдө *RL* эффективдүүлүгүн көрсөтөт. Изилдөөлөр макроэкономикалык интеграциянын келечектеги багыттары, көп агенттик тутумдар жана жакшыртылган чечмелөө мүмкүнчүлүгү менен саясатты шишен чыгууда жана экономикалык моделдөөдө *RL*нин маанисин колдойт - өзгөчө маалыматтарга негизделген саясатты шишен чыгуу учун.

Түйүндүү сөздөр: окутууну күчөтүү, математикалык экономика, *Q*-окутуу, *DQN*.

В данном исследовании рассматривается, как обучение с подкреплением (*RL*), смоделированное с помощью марковских процессов принятия решений (*MDP*), согласуется с поведением экономических агентов, направленным на максимизацию полезности. Пилотный проект, основанный на моделировании, сравнил *RL* и традиционное машинное обучение (*ML*) с использованием данных по акциям и ВВП *AAPL* от *Yahoo Finance* и Всемирного банка. С помощью нескольких программ на *Python*, использующих *ML*, *Q*-обучение, *DQN* и гибридные модели, исследование демонстрирует эффективность *RL* в динамичных, неопределенных экономических условиях. Результаты подтверждают ценность *RL* для разработки политики и экономического моделирования, а также перспективные направления в области

макроэкономической интеграции, многоагентных систем и улучшенной интерпретируемости, особенно для разработки политики на основе данных.

Ключевые слова: обучение с подкреплением, математическая экономика, Q-обучение, DQN.

This study explores how Reinforcement Learning (RL), modeled via Markov Decision Processes (MDPs), aligns with economic agents' utility-maximizing behavior. A simulation-based pilot compared RL and traditional Machine Learning (ML) using AAPL stock and GDP data from Yahoo Finance and the World Bank. Through multiple Python programs applying ML, Q-learning, DQN, and hybrid models, the study demonstrates RL's effectiveness in dynamic, uncertain economic environments. Findings support RL's value in policy design and economic modeling, with future directions in macroeconomic integration, multi-agent systems, and enhanced interpretability - particularly for data-driven policymaking.

Key words: reinforcement Learning, Mathematical Economics, Q-learning, DQN.

1. Introduction

1.1 Mathematical Economics

Mathematical Economics uses formal mathematical tools—such as calculus, linear algebra, and optimization—to model economic behavior and support decision-making under uncertainty. It enables structured analysis of micro- and macroeconomic systems through simulation, prediction, and policy evaluation.

Reinforcement Learning (RL) and Mathematical Economics share a focus on long-term optimization and dynamic programming. Both employ value functions, discounting, and sequential decision-making, making RL a suitable computational method for complex economic problems.

While Mathematical Economics is theory-driven and Machine Learning (ML) is data-driven, the two fields intersect through shared use of optimization and inference. ML methods such as regression and clustering enhance economic analysis in high-dimensional settings, supporting data-driven forecasting and policy modeling.

1.2 Research Purpose and Scope

This study investigates the integration of RL with Mathematical Economics and compares RL methods (Q-learning, DQN) with ML models using real-world datasets (yfinance and wbdata). It focuses on:

- RL's theoretical basis and relevance to economics
- Shared mathematical tools in both fields
- Simulation-based comparison of RL, ML, and hybrid models
- RL's role in adaptive behavior modeling and policy optimization

Rather than addressing all models, the study emphasizes areas where RL provides distinct advantages in economic analysis.

2. Reinforcement Learning (RL) and Its Principles

2.1 Basic Concepts of Reinforcement Learning

Reinforcement Learning is a machine learning approach where agents learn optimal behavior by interacting with an environment, guided by rewards rather than labeled data. Using frameworks like Markov Decision Processes (MDPs), RL models decision-making over time through trial and error. Its core goal is to develop policies that maximize cumulative rewards. Unlike supervised or unsupervised learning, RL focuses on sequential, feedback-driven learning and has been successfully applied in areas like finance, robotics, healthcare, and economics.

2.2 Key Concepts of Reinforcement Learning

Reinforcement Learning (RL) consists of five fundamental elements - agent, environment, state, action, and reward - that define its interactive learning process. The agent selects actions within an environment based on the observed state, receiving rewards as feedback to optimize long-term returns. These standard definitions follow Sutton and Barto (2018).

2.3 Overview of RL Algorithms: Q-Learning, Deep Q-Networks (DQN), Policy Gradient

Methods Various RL algorithms have been developed, differing in how they model and learn optimal policies.

Below are three major categories:

2.3.1 Q-Learning

Q-Learning is a **value-based** method where the agent learns a function $Q(s, a)$ that estimates the expected cumulative reward of taking action a in state s , and then following the optimal policy. The update rule is:

$$Q(s_t, a_t) \leftarrow Q(s_t, a_t) + \alpha \left[r_{t+1} + \gamma \max_{a'} Q(s_{t+1}, a') - Q(s_t, a_t) \right]$$

where:

- $Q(s_t, a_t)$: current estimate of Q-value
- α : the learning rate
- γ : the discount factor (for future rewards)
- r_{t+1} : the reward received after action a_t in state s_t
- $\max_{a'} Q(s_{t+1}, a')$: best possible Q-value for next state s_{t+1}

Q-learning is **off-policy**, meaning it can learn the optimal policy regardless of the agent's current behavior.

Here is the related Python program:

- $Q[\text{state}, \text{action}] += \text{alpha} * (\text{reward} + \text{gamma} * \text{np.max}(Q[\text{next_state}]) - Q[\text{state}, \text{action}])$
- α is the learning rate, γ is the discount factor (for future rewards),

2.3.2 Deep Q-Networks (DQN)

DQN extends Q-learning by incorporating deep neural networks to approximate the Q-function. This enables RL to scale to high-dimensional state spaces, such as those involving images or complex environments.

Key innovations in DQN include:

- **Experience replay**: Stores past experiences and samples mini-batches randomly to break correlation in training data.
- **Target networks**: Uses a separate target network to stabilize learning.

DQN was popularized by DeepMind's success in mastering Atari games directly from pixel inputs, outperforming human players.

2.3.3 Policy Gradient Methods

Policy gradient methods learn a **parameterized policy** $\pi(a / s; \theta)$, which directly maps states to action probabilities. Unlike value-based methods, policy gradient methods can handle **continuous action spaces** and learn **stochastic policies**. The objective is to **maximize the expected return**, defined as:

$$J(\theta) = E_{\tau \sim \pi_\theta}[R(\tau)]$$

Where:

- $\tau = (s_0, a_0, r_1, s_1, a_1, r_2, \dots, s_T)$ is a trajectory (sequence of states, actions, and rewards) generated by following the policy .
- $R(\tau) = \sum_{t=0}^T \gamma^t r_t$ is the return of trajectory τ , with discount factor $\gamma \in [0, 1]$.

To optimize $J(\theta)$, we compute its gradient using the **Policy Gradient Theorem**:

$$\nabla_\theta J(\theta) = E_{s \sim d^\pi, a \sim \pi_\theta} [\nabla_\theta \log \pi(a | s; \theta) \cdot Q^\pi(s, a)]$$

Where:

- $\nabla_{\theta} J(\theta)$: Gradient of the expected return with respect to the policy parameters.
- $\pi(a | s; \theta)$: Stochastic policy function - the probability of taking action a in state s , parameterized by θ .
- $Q^{\pi}(s, a)$: Action-value function - expected return after taking action a in state s , following policy π .
- $\nabla_{\theta} \log \pi(a | s; \theta)$: The **score function**, used to estimate gradients via the **log-likelihood trick**.
- $d^{\pi}(s)$: The discounted state visitation distribution under policy π .

2.3.4 Simplified Estimator (REINFORCE Algorithm):

In practice, a Monte Carlo estimate is often used (REINFORCE):

$$\nabla_{\theta} J(\theta) \approx \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N \sum_{t=0}^T \nabla_{\theta} \log \pi(a_t^i | s_t^i; \theta) \cdot R_t^i$$

Where:

- N : Number of sampled trajectories.
- $R_t^i = \sum_{k=t}^T \gamma^{k-t} r_k^i$: Return from time t onward in trajectory i .

Popular algorithms in this category include:

- **REINFORCE** (Monte Carlo-based) - a Monte Carlo-based algorithm that estimates gradients using full returns without value function approximation.
- **Proximal Policy Optimization (PPO)** - an advanced policy gradient method that uses clipped objectives and value function baselines for stability.
- **Actor-Critic Methods** (e.g., A2C, A3C) - combine a learned value function (critic) with policy updates (actor) to reduce variance compared to REINFORCE.

3. Comparison Between Reinforcement Learning and Machine Learning

Machine Learning (ML) and Reinforcement Learning (RL) are both subfields of artificial intelligence; however, they operate under distinct paradigms and are suited to different types of problems. This chapter explores the foundational structure of machine learning, emphasizes the differences between RL and other ML paradigms, and examines their respective roles and comparative effectiveness in economic and financial applications.

This section focuses solely on the theoretical aspects.

Although Reinforcement Learning (RL) is technically a subset of Machine Learning (ML), it diverges significantly in methodology and purpose.

Table 1. Key Differences Between RL and ML.

Feature	Traditional ML	Reinforcement Learning
Learning Objective	Predict outcomes from data	Maximize cumulative reward over time
Data Structure	Labeled/unlabeled datasets	Sequential interactions (states, actions)
Feedback	Fixed and immediate	Delayed and evaluative (reward-based)
Adaptability	Learns from fixed dataset	Learns dynamically via exploration/exploitation
Goal	Mapping input to output	Learning policies for decision-making

In essence, ML is reactive and passive, while RL is proactive and interactive - closer in spirit to how economic agents operate in real markets.

The experimental results are presented in Sections 5 and 6

4. Utilizing Open Datasets and Tools Used

4.1 Dataset Selection Criteria

As data-driven modeling becomes central to economics and finance, the use of open datasets is becoming increasingly vital. Reinforcement Learning (RL) and Machine Learning (ML) models

rely heavily on data to learn patterns, behaviors, and strategies. Open access datasets, such as those from Yahoo Finance (`yfinance`) and the World Bank (`wbdata`), provide real-world, dynamic economic indicators that allow for the development and evaluation of AI-based decision-making models. This chapter explores these datasets in depth and presents use cases where both RL and ML models have been employed for forecasting and optimization.

4.2 Experimental Environment (Integrated Software and Hardware Setup)

All experiments were conducted in **Python (v3.10+)** using major machine learning and Reinforcement Learning libraries, including **NumPy**, **Pandas**, **Scikit-learn**, **Gym**, **keras-rl**, and **Stable-Baselines3**. Visualization was performed with **Matplotlib** and **Plotly**. Computations were executed on an **NVIDIA RTX 3080 GPU workstation** and **Google Colab Pro (T4 GPU)**, ensuring efficient model training and reproducibility across local and cloud environments.

5. Implementation of Reinforcement Learning Programs : Q-Learning and DQN

5.1 Q-learning program from `yfinance`, `app_stock_data.csv`

- This program simulates an AI trading agent that learns to maximize profit from Apple stock data using reinforcement learning.
- The program uses Q-learning to train a discrete policy based on discretized stock prices and trading actions (Hold, Buy, Sell).
- It builds and updates a Q-table using reward feedback from portfolio value changes, employing an ϵ -greedy strategy for exploration.



Fig 1. Q-Learning of Portfolio Value Using AAPL Stock Data. Demonstrates how Q-learning progressively develops effective trading strategies through iterative, reward-driven learning. It highlights the power of reinforcement-based optimization in improving portfolio performance over time.

5.2 DQN program from `yfinance`, `app_stock_data.csv` Data

- Simulates an AI-driven trading agent using real Apple (AAPL) stock data to explore automated investment strategies.
- Implements a custom `TradingEnv` using `gymnasium`, modeling trading dynamics with observations of price, balance, and holdings.
- Uses stable-baselines3's DQN algorithm to train an agent with discrete actions and continuous state representations.

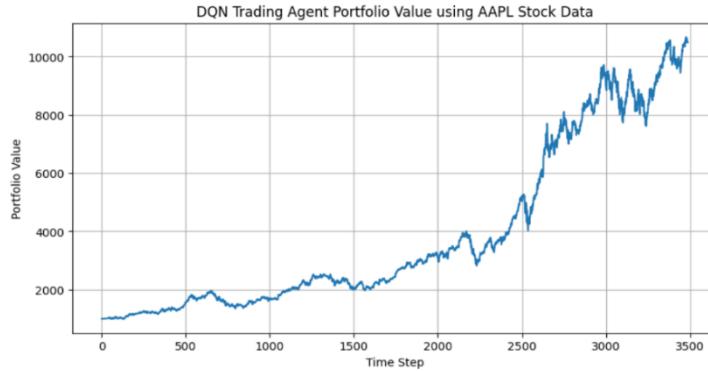


Fig 2. Portfolio Value of a Trading Agent Using AAPL Stock in a DQN. Demonstrates DQN's ability to capture complex financial dynamics using deep neural networks for stable policy enhancement. It underscores the adaptability and robustness of deep reinforcement learning in rapidly changing market environments.

6. Motivation for Hybrid (Reinforcement Learning and Machine Learning)

Reinforcement Learning (RL) enables adaptive decision-making through real-time interaction with dynamic environments, whereas Machine Learning (ML) methods such as the Random Forest model provide strong predictive power based on structured historical data. To combine these strengths, this study adopts a hybrid approach utilizing Deep Q-Networks (DQNs), which are particularly effective when traditional Q-learning struggles with large or continuous state spaces typical of multi-step economic indicators.

As introduced by Mnih et al. (2015), the DQN framework employs convolutional neural networks (CNNs), experience replay, and target networks to approximate Q-values in high-dimensional settings, uncovering complex macroeconomic patterns and adapting to various scenarios.

Unlike Machine Learning (ML) methods such as Random Forests, DQNs continuously update their policies during training to optimize cumulative rewards. This makes them well suited for multi-step economic and financial decision-making tasks where adaptability and strategic learning are crucial.

6.1 Q-learning and Machine Learning (Random Forest Model): wbdata, gdp_data.csv

- Simulates intelligent investment strategies using real-world GDP data, enabling macroeconomic decision-making and comparison of traditional machine learning with Reinforcement Learning for optimizing long-term economic rewards.
- Implements a custom Reinforcement Learning environment with discretized GDP values, allowing Q-learning to explore economic scenarios and learn adaptive strategies.
- Trains a Random Forest model to provide initial action recommendations, offering a warm start for Q-table initialization in the hybrid ML-RL framework.
- Uses Q-learning with exploration-exploitation trade-offs and evaluates model performance through cumulative return visualization to assess policy effectiveness.

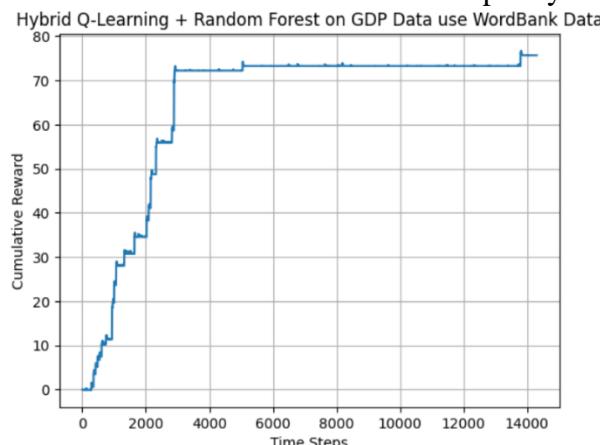


Fig 3. Hybrid of Q-Learning and Machine Learning Using wbdata. Demonstrates that integrating Q-learning with Machine Learning accelerates convergence and improves decision-making accuracy. It highlights the synergy between predictive modeling and adaptive reinforcement learning in economic forecasting.

6.2 DQN and Machine Learning (Random Forest Model): wbdata, gdp_data.csv

- Integrates traditional machine learning with deep Reinforcement Learning to enhance economic decision-making by learning optimal actions from GDP trends.
- Provides a hybrid system where a RandomForestRegressor approximates value estimates or action preferences, which are used to guide or initialize a DQN agent in a custom Gym environment simulating economic scenarios.
- Enables data-driven policy and investment simulations, offering a practical tool for financial analysts, economists, and policymakers under uncertain conditions.
- Evaluates strategy effectiveness through cumulative reward tracking and visualization to assess long-term policy performance.

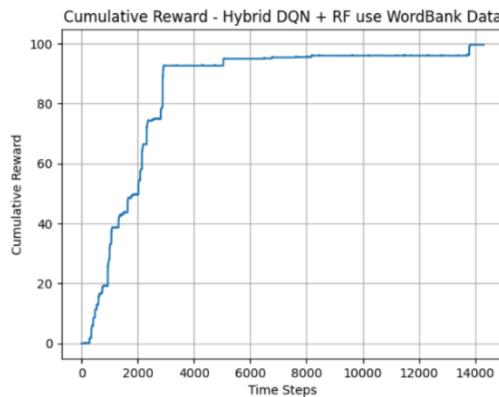


Fig 4. Hybrid of DQN and Machine Learning Using wbdata. Demonstrates that the hybrid DQN–Machine Learning framework effectively models nonlinear GDP dynamics for robust policy development. It emphasizes the advanced adaptability and integrative strength of deep learning–based reinforcement approaches in economic analysis.

6.3 Comparison Between Hybrid DQN and Hybrid Q-Learning Approaches

In this study, two hybrid Reinforcement Learning models - Hybrid DQN and Hybrid Q-learning - were implemented, and the table summarizes the results of their execution. The Hybrid DQN model achieved faster convergence and higher cumulative rewards than Hybrid Q-learning.

Table 2. Comparison Between Hybrid DQN and Hybrid Q-Learning Approaches.

Aspect	Hybrid of DQN	Hybrid of Q-Learning
RL Algorithm	Deep Q-Network (uses neural network)	Traditional Q-learning (tabular)
State Representation	Continuous (sliding window of GDP)	Discrete bins (GDP buckets)
Q-value Use from RF	RF predicts Q-values directly	RF predicts the best action only
Model Training	Uses Stable Baselines3 DQN learner	Manually implemented Q-table update
Integration Point	Optional RF warm-start or fallback at action-time	Q-table is initialized from RF prediction
Complexity & Flexibility	Higher (can generalize to large/continuous spaces)	Simpler, but limited to small discrete spaces

7. Conclusion

This study investigates the integration of Reinforcement Learning (RL) with Mathematical Economics through a simulation-based approach using open datasets (Yahoo Finance, World Bank) and multiple Python programs, including Q-learning, DQN, ML, and hybrid models. It emphasizes shared foundations like optimization and decision theory, demonstrating how RL addresses dynamic, uncertain environments where static ML methods often fall short.

7.1 Key Findings

- Reinforcement Learning (RL) outperforms traditional Machine Learning (ML) in dynamic decision-making tasks like portfolio optimization and GDP forecasting. Hybrid models, especially those using Deep Q-Networks (DQNs), show strong robustness and adaptability in high-dimensional settings (Mnih et al., 2015). RL's compatibility with concepts like bounded rationality and intertemporal choice makes it suitable for policy simulation and macroeconomic planning.
- RL consistently shows superior adaptability in sequential economic decisions due to its feedback-based learning. DQN-based hybrid models perform well in volatile, high-dimensional environments.
- RL's strength in optimizing long-term rewards supports its use in strategic areas such as fiscal policy, investment planning, and macroeconomic modeling. Its principles - value iteration, policy optimization, and recursive learning - closely align with mathematical economics, especially in dynamic and intertemporal contexts.

7.2 Future Research Directions

To advance this research, the following areas merit further exploration:

- **Enhancing data efficiency** in RL algorithms to reduce the need for extensive simulated interaction.
- **Expanding to multi-agent RL environments** to more accurately model real-world market dynamics, cooperation, and competition.
- **Improving interpretability and ethical transparency** in RL systems, especially for deployment in public policy and regulated sectors.

References

1. R. S. Sutton and A. G. Barto, *Reinforcement Learning: An Introduction*, 2nd ed. Cambridge, MA: MIT Press, 2018.
2. S. Ravichandiran, *Deep Reinforcement Learning with Python: Master classic RL, deep RL, distributional RL, inverse RL, and more with OpenAI Gym and TensorFlow*. Birmingham, U.K.: Packt Publishing, 2020.
3. V. Mnih, K. Kavukcuoglu, D. Silver et al., “Human-level control through deep reinforcement learning,” *Nature*, vol. 518, no. 7540, pp. 529–533, 2015.
4. D. P. Bertsekas, *Dynamic Programming and Optimal Control*, 4th ed. Belmont, MA: Athena Scientific, 2021.
5. C. J. C. H. Watkins and P. Dayan, “Q-learning,” *Machine Learning*, vol. 8, nos. 3–4, pp. 279–292, 1992.
6. J. Moody and M. Saffell, “Learning to trade via direct reinforcement,” *IEEE Transactions on Neural Networks*, vol. 12, no. 4, pp. 875–889, 2001.
7. Z. Jiang, D. Xu, and J. Liang, “A deep reinforcement learning framework for the financial portfolio management problem,” arXiv preprint, arXiv:1706.10059, 2017.

УДК 336.1. 364.2

DOI:10.56634/16948335.2025.4.1077-1083

Чжао Хайцзунь
И.Раззаков атындагы КМТУ, Бишкек, Кыргыз Республикасы
КГТУ им.И.Раззакова, Бишкек, Кыргызская Республика

Zhao Haijun
I. Razzakov KSTU, Bishkek, Kyrgyz Republic
1290985628@qq.com

ПРАКТИКА СОЦИАЛЬНОЙ ОТВЕТСТВЕННОСТИ В КЫРГЫЗСКОЙ РЕСПУБЛИКЕ

КЫРГЫЗ РЕСПУБЛИКАСЫНДАГЫ СОЦИАЛДЫК ЖООПКЕРЧИЛИК ПРАКТИКАСЫ

SOCIAL RESPONSIBILITY PRACTICE IN THE KYRGYZ REPUBLIC

Бул макалада Кыргыз Республикасында жана башка өлкөлөрдө кайрымдуулуктун жана корпоративдик социалдык жоопкерчиликтин (КСЖ) практикалык аспекттери каралган. Өлкөдө социалдык жана экологиялык демилгелерге катышкан компаниялар менен уюмдардын мисалдары көлтирилген. Мамлекеттик деңгээлде системалуу жана институционалдаштырылган КСЖ практикасынын зарылдыгы, КСЖны өнүктүрүү учун стимулдарды иштеп чыгуу жана компаниялар менен коомчулуктун арасында маалымдуулукту жогорулатуу боюнча тыянактар чыгарылган.

Түйүндүү сөздөр: Кыргыз Республикасы, ЕАЭБ, корпоративдик социалдык жоопкерчилик (КСЖ), кайрымдуулук, жаарандык коом, Кыргызстандын Эл аралык бизнес көнеши (ЭИК), Дүйнөлүк кайрымдуулук индекси (ДСЖ), ESG, түрүктүү өнүгүү стратегиялары, чет элдик компаниялар, тоо-кен өнөр жайы, Кумтор, Жер-Үй.

В статье рассматриваются практические аспекты осуществления благотворительности и корпоративной социальной ответственности (КСО) в Кыргызской Республике и в других странах. Приведены примеры участия компаний и организаций республики в социальных и экологических мероприятиях. Сделаны выводы о необходимости системности, институционализации практики КСО на государственном уровне, разработки стимулирующих мер развития КСО, повышения информированности компаний и социума.

Ключевые слова: Кыргызская Республика, ЕАЭС, корпоративная социальная ответственность (КСО), благотворительность, гражданский сектор, Международный деловой совет Кыргызстана (МДС), Всемирный индекс благотворительности WGI (World Giving Index), ESG, стратегии устойчивого развития, иностранные компании, горнодобывающая отрасль, Кумтор, Джеруй.

The article examines the practical aspects of charity and corporate social responsibility (CSR) in the Kyrgyz Republic and other countries. Examples of the participation of companies and organizations of the republic in social and environmental events are given. Conclusions are drawn

about the need for consistency, institutionalization of CSR practice at the state level, the development of incentive measures for the development of CSR, raising awareness of companies and society.

Keywords: Kyrgyz Republic, EAEU, corporate social responsibility (CSR), charity, civil sector, International Business Council of Kyrgyzstan (IBC), World Charity Index WGI (World Giving Index), ESG, sustainable development strategies, foreign companies, mining industry, Kumtor, Jeruy.

В Кыргызской Республике многие компании и организации занимаются благотворительностью[1], включая не только финансовую помощь и пожертвования, но и волонтерскую деятельность (помощь детским домам, реабилитационным центрам, многодетным и бедным семьям, больным и ЛОВЗ), помощь в чрезвычайных ситуациях. Международная организация Charities Aid Foundation совместно с исследовательской компанией Gallup постоянно отслеживает ситуацию (путем опросов) и с 2010 года составляет Всемирный индекс благотворительности WGI (World Giving Index) [2]. Индекс основан на измерении щедрости в соответствии с тремя межкультурными моделями человеческого поведения: финансовые пожертвования, жертвование собственными силами и личным временем для волонтерской работы и оказание помощи незнакомым людям. Следует отметить, что Кыргызская Республика в 2023 г. поднималась на 34-е место по WGI (45% населения занималось благотворительностью), но в 2024 г. опустилась на 64-е место (42% населения). В 2024 г. 65% населения оказывали помощь незнакомым людям, 39% делали денежные пожертвования и 22% занимались волонтерской деятельностью (рис.1).

Если рассматривать благотворительную практику среди стран ЕАЭС, то Кыргызстан практически всегда в эти годы показывал хорошие результаты несмотря на то, что довольно отстает по экономическим показателям от соседей. В десятилетнем агрегированном рейтинге по благотворительности за 2009-2018 годы [3] Кыргызстан лидирует среди стран ЕАЭС, занимая 55 место в мире (в целом 33% населения занимается благотворительностью, при этом 47% помогают незнакомым, 28% делают пожертвования, 25% занимаются волонтерством). На втором месте -Казахстан (78-е место в рейтинге, где 26% населения занимаются благотворительностью), на третьем месте – Беларусь (92-е место или 25% населения), на четвертом месте Армения (114-е место или 21% населения), на последнем месте Россия (117-е место или 21% населения). Китай же в данном рейтинге занял 126 место (в целом всего 16% населения занимается благотворительностью, при этом 31% помогают незнакомым, 11% делают пожертвования и всего 5% занимаются волонтерством).

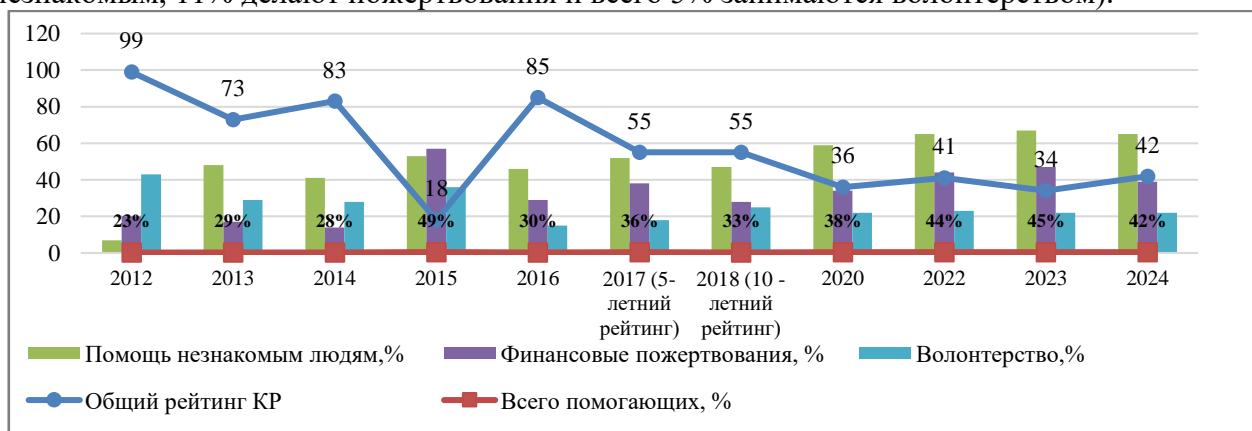


Рисунок 1 - Рейтинг Кыргызской Республики по индексу WGI

Источник: Составлено автором по данным <https://www.cafonline.org>

В последние годы население Кыргызской Республики стало активнее заниматься частной благотворительностью, что ярко проявилось в период COVID-19. В разгар пандемии обычные граждане начали оказывать помощь незнакомым, собирали средства, покупали

лекарства и оборудование на собственные средства, дежурили в больницах, помогали больным и одиноким пожилым соседям и мн.др. Что интересно, в условиях недостаточности государственного финансирования социальной сферы, именно простые граждане, причем небогатые, проявляют большую щедрость и милосердие к нуждающимся. Как показывают отдельные исследования [4], люди из более низких социальных слоев демонстрируют повышенное внимание к другим людям и большую чувствительность к трудностям других по сравнению с лицами из более обеспеченных слоев общества. Лица из более обеспеченных слоев общества чаще демонстрируют эгоцентрические модели социального поведения, нечувствительность к чужому неблагополучию, и даже осуществляя акты милосердия склонны к демонстративному поведению (обнародование благотворительных акций, пресс-конференции, таблички на зданиях, PR, реклама). В качестве примера можно привести тот факт, что в США, входящие в пятерку стран по высокому индексу WGI, а в десятилетнем (2009-2018 годы) агрегированном рейтинге по благотворительности занимает первое место, богатейшие слои населения жертвуют всего 1,3% своих доходов, а беднейшие - 3,2% дохода [5]. При этом, как правило, бедные американцы даже не пользуются налоговыми льготами по благотворительности, в отличие от богатых и средних слоев общества. Примечательно также, что богатые люди делают пожертвования на развитие университетов и частных школ, больниц, поддержку галерей и музеев, а бедные – на поддержку бездомных, нищих, голодающих и больных людей [6].

В республике зарегистрировано более 30 тыс. некоммерческих организаций (НКО) [7], большинство из них работают в политической и правозащитной сфере, в сфере благотворительной деятельности функционирует около сотни организаций, среди которых есть международные организации - Help the Children-SKD, Международный комитет Красного креста, Babushka Adoption Foundation, Катарская благотворительная организация, и др. Среди национальных организаций можно отметить - Элим Барсынбы, Добро Кей Джи, Алтын уя, Луч надежды и др. Активно функционируют экологические организации - NABU.KG, «Зеленый Альянс Кыргызстана», «MoveGreen», Мобильное приложение Tazar, Гражданская инициатива Peshcom, «Инициатива Арча», «Городские инициативы и др.

Как и во всем мире, инициативы по реализации КСО привносятся именно иностранными компаниями, т.к. они понимают, что вложения в общественное развитие, дают возможности создать привлекательный образ и расширить охват бизнеса. Крупные иностранные компании в республике заняты в сфере разведочного бурения, добычи и обогащения руды драгоценных металлов, производства и торговли нефтепродуктами, производства безалкогольных напитков, строительства, связи, транспорта, банковского, отельного бизнеса и др. В целом, можно отметить, что в Кыргызстане практика КСО наиболее выражена в горнодобывающей отрасли, сотовой связи, банковском секторе, торговле и производстве напитков.

Стоит отметить, что многие иностранные компании (особенно, работающие в горнодобывающем секторе), подвергаются большому давлению со стороны местного населения и властей из-за высокого уровня экологических и социальных рисков. Горнодобывающие компании при разведке и разработке недр наносят тот или иной вред окружающей среде, поэтому они стараются минимизировать экологический ущерб, поддерживают социальную инфраструктуру, привлекают на работу и обучают местное население, проводят экологические мероприятия. В республике среди компаний с иностранным капиталом выделялась ЗАО «Кумтор Голд Компани», владевшая концессией на разработку золотого рудника Кумтор. Справедливости ради, нужно отметить, что за время существования ЗАО «Кумтор Голд Компани» внесло значительный вклад в развитие экономики республики. Исходя из имеющихся открытых данных за 2012-2019 годы [8], совокупные доходы компании от реализации золота и прочих доходов составили 5514,84 млн.\$, расходы - 5498,8 млн.\$, экономическая выгода - 15,64 млн.\$. За весь период работы компаний в республиканский бюджет было внесено 1309,4 млн.\$ налоговых и таможенных платежей, в Социальный фонд - 230 млн.\$, в Фонд развития Иссык-Кульской области - 69,95

млн.\$. Компания в 2012-2019 гг. осуществляла добровольные вложения в социальную сферу – 118024,8 тыс. \$ (2,15% затрат). Отчисления на благотворительность и инвестиции в местные сообщества за эти годы составили 43973,1 тыс. \$, в Фонд развития природы – 61100 тыс. \$, в Фонд социального партнерства по развитию регионов – 5951,7 тыс. \$, в Фонд поддержки онкологической службы -7000 тыс. \$.

Несмотря на то, что компания вносила значительный вклад в развитие республики, при разработке рудника часто случались экологические инциденты. Так, в 1998 г. автоцистерна с 1,7 тоннами цианида упала машина в реку Барскоон, откуда вода попала в озеро Иссык-Куль, была отравлена почва, пострадавшие подали иски на компанию. За эти годы создавались государственные комиссии, проводились экологические аудиты, которые выявили такие нарушения как ненадлежащее хранение хвостохранилищ и хранение отвалов с высоким содержанием тяжелых металлов, что привело к разрушению и таянию ледников, загрязнению почвы, обвалу грунтов с авариями и человеческими жертвами. Ущерб, нанесенный экологии региона по разным меркам, составил 3,0-4,9 млрд. \$. В результате, в 2021 г. было введено внешнее управление, а в 2022 г. рудник был национализирован. Все акции «Кумтор голд компани» и «Кумтор оперейтинг компани» перешли в собственность ОАО «Кыргызалтын». Так, беспрецедентное событие по национализации рудника было связано с нарушениями экологического законодательства республики.

Еще в качестве примера можно привести Джеруйское месторождение в Таласской области, занимающее второе место по запасам золота в республике. Было много попыток начать разработку месторождения, заключались отдельные соглашения со многими компаниями, но не реализованные по разным причинам. Российское ОАО «Восток-геодобыча» в 2015 г. получила лицензию на разработку месторождения Джеруй с намерениями вложить 600 млн. \$. Инвестором были предложены такие экоподходы как подземная разработка с принудительным обрушением руды и открытый выработанным пространством, предварительная сенсорная сортировка руды, обезвоживание цианида озоном, сухое складирование хвостов и др. [9]. Для разработки рудника было создано ОсОО «Альянс Алтын», разработан проект открытого карьера, сооружена золотоизвлекательная фабрика, вахтовые поселки, склады, цехи, здравпункт, спортзал, построено 43 км. дорог, добыча руды началась в октябре 2019 г. Для нейтрализации опасений местного населения по поводу вреда экологии при добыче руды, «Альянс Алтын» начал выделять средства (через фонд благосостояния «Бакубат Талас») для развития инфраструктуры, решения острых социальных вопросов, участвовать в создании новых рабочих мест. С 2015 года выплачено 28,4 млрд. сом. налогов и других платежей в бюджет республики. В 2023 г. в «Альянс Алтын» работало 829 сотрудников, из них 807 чел. являются гражданами республики (97%). Должное внимание придается экологической составляющей производства, ведется контроль состояния воздуха и поверхностных вод, производится отчисления за рекультивацию используемых земель. Для развития местной инфраструктуры «Альянс Алтын» производит отчисления в местные фонды развития 2% от выручки [10]. Так, компания старается вести диалог с местными властями и населением, организуются встречи, ознакомительные экскурсии на предприятии.

Сотовые операторы (мобильные сети Мегаком, Билайн, О!) активно развивают КСО (образовательные проекты, социальные инициативы для нуждающихся, содействие цифровизации экономики) для улучшения репутации, поддержки имиджа, повышения лояльности клиентов, получения поощрений от государственных органов. К примеру, **Beeline внедрил ESG**, принимает участие в экоакциях, создает коворкинг-центры, MegaCom осуществляет патронаж детских домов и интернатов, помогает ветеранам ВОВ, закупает для школ компьютеры, взяла шефство над территорией НЦ охраны материнства и детства в мкр. «Джал». Практически все учреждения банковского и финансового сектора также занимаются благотворительностью, поддерживают образование, помогают социально уязвимым слоям населения [11]. Среди банков с иностранным капиталом можно отметить О!Банк, Оптима

банк, Демирбанк, Финка банк, Банк Компаньон, Банк Азии – все они в той или иной мере придерживаются социально-ответственного поведения. Но и другие банки с государственным и отечественным капиталом активно работают по развитию КСО: MBank (в рамках ESG-подхода внедрил кредитную программу «Зелёный туризм» для поддержки устойчивого туризма и экологических практик), Дос-Кредобанк (DCB Green для внедрения и запуска экологичных технологий как экотранспорт, зеленые и энергоэффективные технологии), Элдик Банк (ESG – облигации), Айыл Банк (обучение сотрудников, зеленые кредиты, программы ESG-образования) и т.д. ОсОО «Газпром Кыргызстан» построил 9 спорткомплексов, общеобразовательную школу в Бишкеке, на регулярной основе поддерживает более 450 ветеранов Великой Отечественной войны, выделяет помощь нуждающимся, детским домам, реабилитационным центрам, поддерживает науку и образование [12]. ЗАО «Кока-Кола Бишкек Боттлерс» (CCI Кыргызстан) поддерживает экологические стартапы, участвует в движении по переработке пластика.

В республике инициатива в продвижении идей социальной ответственности зачастую исходит от гражданского сектора. Так, в апреле 2011 года Международным деловым советом Кыргызстана (МДС) было инициировано создание Комитета по устойчивому развитию и корпоративной социальной ответственности, призванное сблизить бизнес-сообщество с заинтересованными сторонами для решения социально-экономических, экологических и других проблем. МДС и Комитет принимали активное участие по разработке программ по устойчивому развитию, в частности, в принятии Программы перехода Кыргызской Республики к устойчивому развитию на 2013-2017 годы [14], Национальной стратегии развития Кыргызской Республики на 2018-2040 годы [15], Национальной стратегии развития Кыргызской Республики 2030 года [16]. МДС и представители Boston Consulting Group (BCG) обсуждают предпосылки и цели разработки проекта Стратегии критических минералов для горнодобывающей отрасли республики.

В этих программах в рамках создания благоприятной бизнес-среды предполагается достижение взаимной ответственности государства и бизнеса путем создания справедливой конкуренции, равного доступа распределемых ресурсов (финансовых, материальных и др.). Планируется также развитие практики саморегулирования, т.е. бизнес-ассоциации должны принять коллективную ответственность за соблюдение законодательства отдельными предпринимательскими структурами. В области государственной политики по развитию гражданского общества предполагается дальнейшее поощрение благотворительной, спонсорской и волонтерской деятельности, усиление социальной ответственности бизнеса, в частности, в сфере уплаты налогов.

В настоящее время бизнес становится более-менее ответственным, повышая качество продукции и услуг для потребителей, создавая необходимые условия труда для своего персонала, вкладывая средства в развитие инфраструктуры и улучшение положения местного населения. Но следует отметить, что в республике такие инициативы зачастую носят единовременный характер, местные учреждения и компании, конечно же, откликаются в чрезвычайных ситуациях (землетрясения, события в Баткене и др.), когда работники перечисляют однодневную заработную плату. Эти средства идут с доходов граждан, а в компаниях нет практики систематического выделения средств на социальные инициативы отдельной строкой в бюджете. Это говорит о том, что в отечественных компаниях корпоративная социальная ответственность в классическом понимании пока отсутствует. Эффект от КСО будет реально заметен в стратегических и долгосрочных инициативах, а не только в единичных программах и акциях. Мы приходим к выводу, что просто благотворительность, пусть даже и довольно частая, не решает системные проблемы. Хотя, благотворительность можно считать первой ступенью социальной ответственности.

Крупные иностранные компании осуществляют добровольные вложения в местные сообщества, социальную сферу, развитие территории. Но имеется проблема недовольства и протестов со стороны населения из-за загрязнения экологии, несбалансированной кадровой политики.

На наш взгляд, тормозящим фактором является недостаточное восприятие и понимание необходимости развития КСО как на уровне предприятий (особенно, малого и среднего бизнеса), так и государственных структур, гражданского сектора, населения. А с другой стороны, есть проблемы, связанные с несовершенством законодательной базы, отсутствием государственных стандартов в сфере КСО, неопределенностью статуса и критериев социально-ответственных компаний, преференциальных мер, стимулирования, санкций и др. К сожалению, в Кыргызстане не применяется официальный индекс социальной ответственности предприятий, хотя проводятся исследования, которые в той или иной мере оценивают их социальную деятельность, но единого комплексного показателя, отражающего КСО, пока не существует.

На наш взгляд, заметных сдвигов КСО в Кыргызской Республике, можно добиться путем включения КСО в государственную политику. Иностранные компании должны озабочиться беспрекословным выполнением экологических и социально-экономических обязательств перед республикой и местным населением, а государство должно взять на себя ответственность и предоставлять твердые гарантии перед инвесторами.

Список литературы

1. Закон КР «О меценатстве и благотворительной деятельности» от 6 ноября 1999 года N 119 (в ред. Закона КР от 10 мая 2017 года № 79) [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://cbd.minjust.gov.kg/4-268/edition/802635/ru> (дата обращения 16.05.2024)
2. **Официальный сайт Charities Aid Foundation.** [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://www.cafonline.org> (дата обращения 17.05.2025)
3. Отчет World Giving Index 2024/ Global trends in generosity [Электронный ресурс] – Режим доступа: https://www.cafonline.org/docs/default-source/about-us-publications/caf_wgi_10th_edition_report_2712a_web_101019.pdf (дата обращения 12.06.2025)
4. Piff P.K, Robinson A.R. Social class and prosocial behavior: current evidence, caveats, and questions. Curr Opin Psychol. 2017 Dec [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/29221512/> (дата обращения 14.06.2025)
5. K.Stern. Why the Rich Don't Give to Charity. <https://www.theatlantic.com/magazine/archive/2013/04/why-the-rich-dont-give/309254/>
6. Korndörfer M, Egloff B, Schmukle SC. A Large-Scale Test of the Effect of Social Class on Prosocial Behavior. PLoS One. 2015 Jul 20 [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/26193099> (дата обращения 14.06.2025)
7. Закон КР О некоммерческих организациях от 15 октября 1999 года № 111 (в посл. ред. Закона КР 28 февраля 2023 года № 44). [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://cbd.minjust.gov.kg/274/edition/1236974/ru> (дата обращения 10.04.2025)
8. **Официальный сайт ЗАО «Кумтор Голд Компани»** [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://www.kumtor.kg/ru/deposit/reports/>
9. **Официальный сайт ОсОО «Альянс алтын»** [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://www.alliance-altyn.kg/o-kompanii/aktivy/>
10. <https://vesti.kg/obshchestvo/item/139488-alyans-altyn-10-let-upornoj-raboty.html>
11. **Официальный сайт ОсОО «Газпром Кыргызстан»** [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://kyrgyzstan.gazprom.ru>
12. <https://banks.kg/news/top-20-largest-taxpayers-companies-kyrgyzstan>
13. Официальный сайт Международного делового совета [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://ibc.kg>
14. Программа перехода Кыргызской Республики к устойчивому развитию на 2013–2017 годы, одобренная постановлением Правительства Кыргызской Республики от 30 апреля 2013 года № 218. [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://cbd.minjust.gov.kg/53067/edition/475399/ru> (дата обращения 21.06.2024)

15. Указ Президента Кыргызской Республики «О Национальной стратегии развития Кыргызской Республики на 2018-2040 годы» от 31 октября 2018 года, УП № 221 [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://mineconom.gov.kg/storage/directs/documents/209/15421950795bec078718fff.pdf> (дата обращения 6.05.2025)

16. Национальная стратегия развития Кыргызской Республики до 2030 года [Электронный ресурс] - Режим доступа: <https://cbd.minjust.gov.kg/53-383/edition/32963/ru> (дата обращения 10.10.2025)

А.А.Асанов¹, Н.К.Джаманкызов², Б.Т.Мекенбаев¹

¹И. Рazzаков атындағы КМТУ

² УИА академик Ж. Жеенбаев атындағы физика Институту,
Бишкек, Кыргыз Республикасы

¹КГТУ им. И. Рazzакова

² Институт физики им. академика Ж. Жеенбаева НАН,
Бишкек, Кыргызская Республика

A.A. Asanov¹, N.K. Dzhamankyzov², B.T. Mekenbaev¹

¹I. Razzakov KSTU, ²Institute of Physics Academician Zh. Zheenbaev National Academy of Sciences, Bishkek, Kyrgyz Republic
asanov52@mail.ru, nasip49@gmail.com, mekenbt@mail.ru

КӨМҮР ПИРОЛИЗИНДЕ ЖЫЛУУЛУК АЛМАШУУ ПРОЦЕССИНИН ПАРАМЕТРЛЕРИН САН-АНАЛИТИКАЛЫК ҮКМАНЫ КОЛДОНУУ МЕНЕН ЭСЕПТӨӨ

РАСЧЕТ ПАРАМЕТРОВ ТЕПЛООБМЕННОГО ПРОЦЕССА В УГОЛЬНОМ ПИРОЛИЗЕ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ЧИСЛЕННО-АНАЛИТИЧЕСКОГО МЕТОДА

CALCULATION OF HEAT EXCHANGE PROCESS PARAMETERS IN COAL PYROLYSIS USING A NUMERICAL-ANALYTICAL METHOD

Жылуулук жана масса алмашуу процесстері каттуу муздаткыч менен көмүр бөлүкчөлөрүнүн ортосундагы жылуулук балансынын аналитикалык төндемелерин камтыган математикалык моделди колдонуу менен симуляцияланган. Аралашма компоненттеринин температурасын реактордогу жүрүү убактысынын функциясы катары аналитикалык математикалык формулалар сунушталган, бул аралашма компоненттеринин геометриялык жана термофизикалык параметрлеринин негизинде төң салмақтуулук температурасына жетүү убактысын аныктоого мүмкүндүк берет. Бул өз кезегинде пиролиз процессин натыйжалуу башкарууга мүмкүндүк берет. Алынган моделдөөнүн жыйынтыктары пиролиз машиналарын долбоорлоодо жана башка бир катар инженердик маселелерди чечүүдө колдонулушу мүмкүн.

Түйүндүү сөздөр: каттуу жылуулук алып журуүчүлөр; пиролиз; көмүр; температура; жылуулук алмашуу; моделдөө.

Моделирование тепло-массообменных процессов было выполнено с использованием математической модели, которая включает в себя аналитические уравнение теплового баланса между твердым теплоносителем и частицами угля. Предложены аналитические математические формулы для температур компонентов смеси в зависимости от времени их движения в реакторе, что позволило определить время наступления равновесного значения температуры компонентов смеси в зависимости от их геометрических и теплофизических параметров. Это свою очередь позволяет эффективно управлять процессом пиролиза. Полученные результаты моделирования дают может быть

использована при проектировании пиролизных машин и при решении ряда других инженерных задач.

Ключевые слова: твердый теплоноситель; пиролиз; уголь; температура; теплообмен; моделирование.

Modeling of heat and mass exchange processes was performed using a mathematical model that includes an analytical equation of the thermal balance between a solid coolant and coal particles. Analytical mathematical formulas are proposed for the temperatures of the mixture components depending on the time of their movement in the reactor, which made it possible to determine the time of onset of the equilibrium temperature of the mixture components depending on their geometric and thermophysical parameters. This, in turn, makes it possible to effectively manage the pyrolysis process. The obtained simulation results can be used in the design of pyrolysis machines and in solving a number of other engineering problems.

Key words: solid coolant; pyrolysis; coal; temperature; heat transfer; modeling.

Киришүү. Нефть жана газга жарды болгон Кыргызстандын энергетикалык коопсуздугун кепилдеген эбөгейсиз чоң көмүр запастары бар. Айлана-чөйрөнүн булганышынан улам аны колдонуу чектелген, импорттолуучу мунай жана жаратылыш газынын көлөмү көбөйүүдө [1]. Андан тышкary, өндүрүлгөн катуу отундун 80% чейини төмөн сорттогу күрөн көмүр болуп саналат.

Мындай көмүрдүн экономикалык жана технологиялык потенциалын аларды керектөө касиеттери жакшырган экологиялык жактан таза отун продукциясын өндүрүү үчүн чийки зат катары пайдалануу менен жогорулатууга болот.

Мында көмүр продукцияларын күйгүзгөндөн чыккан газдар, түз күйгөндөн чыкканга караганда бир кыйла төмөн. Күрөн көмүрдү кайра иштетүүнүн жаңы, экологиялык жактан таза продукцияларын түзүү жана алардын потенциалын өлкөнүн экономикасына интеграциялоо аларды өндүрүүнүн техникалык системаларын өнүктүрүү зарылдыгын жаратты. Мындай системаларда пиролиз агрегаттары негизги ролду ойнойт [1].

Көмүрдүн пиролизинин жогорку ылдамдыктагы технологиясын жетишсиз изилдөө анын өндүрүштө суроо-талаптын жоктугунун негизги себеби болуп саналат. Бул жагдайлар жогорку ылдамдыкта көмүр жарым кокстоо үчүн шнектик элементтери бар пиролиз агрегаттарынын илимий негизделген теориясын, эсептөөсүн жана конструкциясын иштеп чыгуу маселесинин актуалдуулугун аныктайт [2, 3]. Көмүрдү жарым кокстоо процессинин маңызы көмүрдүн майда бөлүкчөлөрүн (1–7 мм) 30–60 секунд ысытууга туура келет, андан кийин ысытылган бөлүкчөлөр чоңураак бөлүкчөлөр үчүн жылуулук булагы болуп калат. Мында пиролиздик камерага көмүрдү киргизгенден кийин 500–600 секунд убакыт аралыгында салмактуулук режими орнойт жана изотермикалык кармоо режиминде төмөнкү температурадагы карбонизация процесси жүрөт [3, 4].

Жылуулук балансынын тенденциинде көмүрдүн бөлүкчөлөрүн ысытууну моделдөөнүн натыйжалары [1, 2, 4, 5], жумуштарда берилген. Көмүрдүн пиролизинин бир өлчөмдүү стабилдүү абалдагы сандык модели [2, 3, 5], берилген, мында бөлүкчөлөрдүн өлчөмү жылтыруу ылдамдыгына олуттуу таасир этээри көрсөтүлгөн.

Аралаш бөлүкчөлөр пиролизerde, көмүрдүн бөлүкчөлөрү жылуулук алыш жүрүүчү бөлүкчөлөр тарабынан ысытылат. Терминалык ажыроо көмүрдүн бөлүкчөлөрү ысыганда пайда болот. Көмүрдүн бөлүкчөлөрүн курчап турган жылуулук алыш жүрүүчү бөлүкчөлөр катмарындагы жылуулук өткөрүмдүүлүк ушунчалык жогору жана көмүрдүн бөлүкчөлөрүнүн өлчөмү жетишерлик кичинекей болгондуктан, процесс изотермикалык деп эсептелет [6, 7].

Жылуулук балансынын тенденциин төмөнкүчө чагылдырууга болот:

$$m_{\text{уг}} c_{\text{уг}} (T_{\text{уг}} - T_{\text{уг}0}) = m_{\text{тн}} c_{\text{тн}} (T_{\text{тн}0} - T_{\text{тн}}) - m_{\text{уг}} (Y_0 - Y_t) \Delta H / Y_0, \quad (1)$$

мында $m_{\text{уг}}$, $c_{\text{уг}}$, $T_{\text{уг}0}$, $T_{\text{уг}}$ – көмүр бөлүкчөлөрүнүн массалык чыгымы (кг/с), жылуулук сыйымдуулугу, баштапкы жана учурдагы температурасы; $m_{\text{тн}}$, $c_{\text{тн}}$, $T_{\text{тн}0}$, $T_{\text{тн}}$ – жылуулук

алып жүрүүчү бөлүкчөлөрдүн массалык чыгымы (кг/с), жылуулук сыйымдуулугу, баштапкы жана учурдагы температурасы.

Тең салмактуулук температурасы (1) теңдемеден аныкталат

$$T_p = \frac{m_{th}c_{th}T_{th0} + m_{yg}c_{yg}T_{yg0} - m_{yg}\Delta H(Y_0 - Y_t)/Y_0}{m_{th}c_{th} + m_{yg}c_{yg}}. \quad (2)$$

$t=0$ болгондо (2) теңдемени төмөнкүчө өзгөртүүгө болот

$$T_{p0} = \frac{m_{th}c_{th}T_{th0} + m_{yg}c_{yg}T_{yg0}}{m_{th}c_{th} + m_{yg}c_{yg}}. \quad (3)$$

$t=\infty$ болгондо (тең салмактуулук температурасы)

$$T_{p\infty} = \frac{m_{th}c_{th}T_{th0} + m_{yg}c_{yg}T_{yg0} - m_{yg}\Delta H}{m_{th}c_{th} + m_{yg}c_{yg}}. \quad (3)$$

Системага температурасы T_p болгон жылуулук берүүнү эсепке алуу (2) теңдемени колдонуу менен баланстык теңдемени (1) төмөнкүчө чагылдырууга болот

$$m_{yg}c_{yg}(T_{yg} - T_p) = -m_{th}c_{th}(T_{th} - T_p), \quad (4)$$

Акыркы теңдемени төмөнкү түрдө жазсак болот

$$(T_{yg} - T_p) = -k(T_{th} - T_p), \quad (5)$$

мында

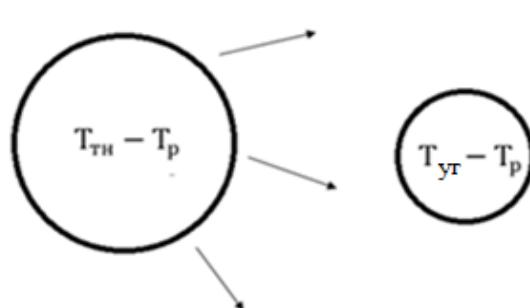
$$k = \frac{m_{th}c_{th}}{m_{yg}c_{yg}}. \quad (6)$$

Системаны T_p температурасына муздатабыз (1-сүрөт). Анда жылуулук алыш жүрүүчүнүн температурасы $T_{th} - T_p$, ал эми көмүрдүн температурасы $T_{yg} - T_p$ барабар болот.

Анализ жана моделдөө.

Кыймылдуу катмардуу пиролизер жылуулук жоготууларынын ордун толтуруу үчүн көмүрдүн бөлүкчөлөрүн белгилүү бир температурага чейин ысытылғандан кийин, көмүр бөлүкчөлөрү менен шнек азыктандыруучунун жардамы аркылуу пиролизерге берилет.

Жогорку температурагы күл жана көмүрдүн бөлүкчөлөрү пиролиздин үстүнө орнотулган аралаштыруу секциясындагы тосмолордун жардамы менен оордук күчү аркылуу аралашат.



Жылуулук алыш жүрүүчү Көмүр

1 - сүрөт. Системаны модели

Көмүр бөлүкчөлөрүн ысытканда кероген пластикалык абалга өтөт, мындан чайыр бөлүнүп чыгат, ал кийин суюк углеводороддордун - газдын жана кокстун аралашмасына ажырайт.

Көмүр бөлүкчөлөрүндөгү керогендин массалык концентрациясы, төмөнкү түрдө аныкталат [7]

$$\frac{dY_t}{dz} = -K_0 \text{Exp} \left(-\frac{E}{T_{yr}} \right) Y_t, \quad (7)$$

Мында Y_t - көмүр бөлүкчөлөрүндөгү керогендин массалык концентрациясы, K_0 - керогендин ажыроо ылдамдыгынын константасы; T_{yr} - көмүрдүн температурасы.

Көмүр жана жылуулук алыш жүрүүчү бөлүкчөлөрүнүн диаметрлери d_{yt} жана d_{th} барабар болгон сфералык бөлүкчөлөр деп эсептелет.

Көмүр бөлүкчөлөрү пиролизердеги жылуулук алыш жүрүүчү бөлүкчөлөр менен курчалган. Көмүр менен жылуулук алыш жүрүүчү заттарынын эки тоголок бөлүкчөсүнүн ортосундагы байланыш аяты, бөлүкчөлөрдүн көлөмүнө, ысытуудагы деформацияга, иштөө параметрлерине жана башкаларга жараша болот. [5] жумушта контакт болгон аянттын диаметри $d_{kon} = 0,2d_{yt}$ түрүндө бааланат. Ушундан улам, биз контакт аятынын көмүр бетинин аятына болгон катышын R_{ac} аркылуу билгилейбиз.

Биз боштуктар коэффициенти ε болгон аралаш массасынын бирдик көлөмүн Θ карап чыгабыз. Андан кийин жылуулук алыш жүрүүчүнүн көлөмү V_{th} жана көмүрдүн көлөмү V_{yr} төмөнкү түрдө жазылат

$$V_{th} = \frac{\theta(1-\varepsilon)}{(1+\theta)},$$

$$V_{yr} = \frac{1-\varepsilon}{(1+\theta)}.$$

Жылуулук алыш жүрүүчүнүн жана көмүрдүн бирдик көлөмдөгү массаларынын байланышын аныктоо үчүн формулаларды жазабыз

$$M_{th}=m/(1+m), M_{yr}=1/(1+m).$$

Формулада

$$m = \theta \frac{\rho_{th}}{\rho_{yr}},$$

мында ρ_{yr}, ρ_{th} көмүрдүн жана жылуулук алыш жүрүүчүнүн тыгыздыкторы.

Жылуулук алыш жүрүүчүнүн жана көмүрдүн бөлүкчөлөрүнүн бетки аяntary

$$S_{th} = \frac{6}{d_{th}} \frac{\theta(1-\varepsilon)}{(1+\theta)},$$

$$S_{yr} = \frac{6}{d_{yr}} \frac{1-\varepsilon}{(1+\theta)}$$

формулалары менен аныкталышат.

1. Кондуктивдүү (жылуулук өткөрүмдүүлүк аркылуу) жылуулук алмашуу. Жылуулук алыш жүрүүчү менен көмүрдүн бөлүкчөлөрүнүн ортосундагы жылуулук алмашуу

$$dq_{kon} = \frac{2k_{yr}k_{th}}{k_{yr} + k_{th}} S_{yr} R_{kon} \frac{(T_{th} - T_p) - (T_{yr} - T_p)}{d_{yr} + d_{th}} d\tau, \quad (8)$$

теңдемеси менен аныкталат. Мында k_{yr} жана k_{th} жылуулук алыш жүрүүчү менен көмүрдүн бөлүкчөлөрүнүн жылуулук өткөрүмдүүлүгү.

Аба жана көмүр бөлүкчөлөрүнүн ортосундагы жылуулук алмашуусун жазабыз

$$dq_b = \frac{\lambda}{\delta} S_{yr} (1 - R_{kon}) ((T_{th} - T_p) - (T_{yr} - T_p)) d\tau, \quad (9)$$

мында λ – абанын жылуулук өткөрүмдүүлүгү жана δ – боштуктагы аба катмарынын калыңдыгы.

Жылуулук алмашууну эсептөө үчүн Нуссельт критерийин колдонуу ынгайлдуу [8]

$$\delta = \frac{d_{yr}}{Nu}.$$

2. Жылуулук алыш жүрүүчү менен көмүрдүн бөлүкчөлөрүнүн ортосундагы радиациялык жылуулук алмашуу, температуранын айырмасына көз каранды жана төмөнкүчө чагылдырылат:

$$dq_{rad} = \beta \sigma S_{yr} (1 - R_{kon}) ((T_{th} - T_p)^4 - (T_{yr} - T_p)^4) d\tau, \quad (10)$$

мында $\sigma = 5,67 \cdot 10^{-8}$ Вт / (м² · °К⁴) - Стефана-Больцмантын турактуулугу, жана β - бөлүкчөлөрдүн нурлануу жөндөмдүүлгүү, жумушта 0,8 ге барабар деп алынган.

Ошентип, пиролизерде жылуулуктун бөлүнүп чыгуу маселесин чечүү үчүн төмөнкү тендендерди алабыз

$$m_{y\Gamma} c_{y\Gamma} d(T_{cl} - T_p) = dq_{kon} + dq_b + dq_{rad}, \quad (11)$$

$$m_{th} c_{th} d(T_{th} - T_p) = -(dq_{kon} + dq_b + dq_{rad}), \quad (12)$$

$$dY_t = -K_0 \text{Exp}\left(-\frac{E}{T_{y\Gamma}}\right) Y_t d\tau. \quad (13)$$

Баштапкы шарттары $t=0$, $z=0$, $Y_t=0$, $T_{th} = T_{th0}$, $T_{y\Gamma} = T_{y\Gamma0}$, $T_p = T_{p0}$. Жогорку алынган формулалардын жардамы менен жылуулук алып жүрүүчү жана көмүр бөлүкчөлөрүнүн ортосундагы жылуулук алмашууну аныктаган формулаларды алууга болот

$$m_{y\Gamma} c_{y\Gamma} \frac{d(T_{y\Gamma} - T_p)}{d\tau} = A((T_{th} - T_p) - (T_{y\Gamma} - T_p)) + \\ + B((T_{th} - T_p)^4 - (T_{y\Gamma} - T_p)^4); \quad (14)$$

$$m_{th} c_{th} \frac{d(T_{th} - T_p)}{d\tau} = -A((T_{th} - T_p) - (T_{y\Gamma} - T_p)) - \\ - B((T_{th} - T_p)^4 - (T_{y\Gamma} - T_p)^4); \quad (15)$$

мында

$$A = \frac{2k_{y\Gamma} k_{th}}{k_{y\Gamma} + k_{th}} \frac{S_{y\Gamma} R_{kon}}{d_{y\Gamma} + d_{th}} + \frac{\lambda N u S_{y\Gamma} (1 - R_{kon})}{d_{y\Gamma}},$$

$$B = \beta \sigma S_{y\Gamma} (1 - R_{kon}).$$

(15) дифференциальдык тенденеми, (5) тендененин жардамы менен төмөнкү түрдө жазабыз

$$m_{th} c_{th} \frac{d(T_{th} - T_p)}{d\tau} = -A(k+1)(T_{th} - T_p) - B(1 - k^4)(T_{th} - T_p)^4. \quad (16)$$

Акыркы тенденеми өзгөртөбүз

$$\frac{d(T_{th} - T_p)}{d\tau} = A_1(T_{th} - T_p) + B_1(T_{th} - T_p)^4, \quad (17)$$

мында

$$A_1 = -\frac{A(k+1)}{m_{th} c_{th}}, B_1 = -\frac{B(1 - k^4)}{m_{th} c_{th}}.$$

(17) тендененин чыгарылышы

$$T_{th} = T_p + (T_{th0} - T_{p0}) \left[\frac{A_1 \text{Exp}(-3A_1\tau)}{A_1 - B_1(T_{th0} - T_{p0})^3 (\text{Exp}(-3A_1\tau) - 1)} \right]^{1/3} \quad (18)$$

Ошондой (5) тенденеми (14) тенденеге колдонуп, көмүр бөлүкчөлөрүнүн температурасын аныктоочу формуланы алабыз

$$T_{y\Gamma} = T_p - k(T_{y\Gamma0} - T_{p0}) \left[\frac{A_1 \text{Exp}(-3A_1\tau)}{A_1 - B_1(T_{th0} - T_{p0})^3 (\text{Exp}(-3A_1\tau) - 1)} \right]^{1/3} \quad (19)$$

Жогоруда алынган формулаларды чыгаруу үчүн Рунге-Куттанын ыкмасын колдонообуз.

Баштапкы шарттар: $\rho_{th}=1550$ кг/м³; $c_{th}=840$ Дж/кгК; $k_{th}=0,29$; $T_{th0}=1093$ К, $\rho_{y\Gamma}=1250$ кг/м³; $c_{y\Gamma}=1520$ Дж/кгК; $k_{y\Gamma}=0,19$; $T_{y\Gamma0}=293$ К.

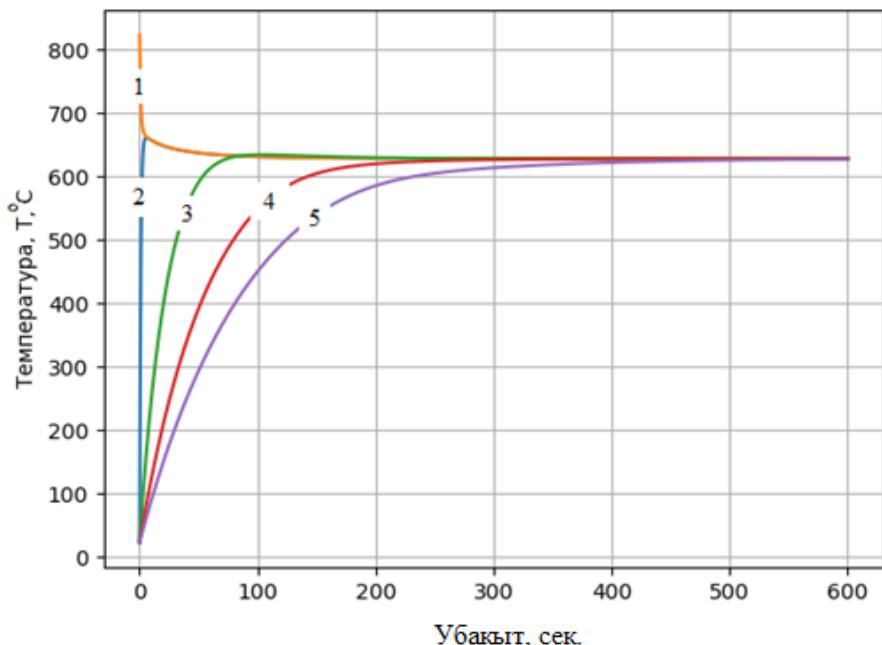
2 жана 3 сүрөттөрдө, аралашмадагы жылуулук алып жүрүүчү жана көмүрдүн ар кандай катышында көмүрдүн бөлүкчөлөрүнүн температурасынын белүштүрүлүшү көрсөтүлгөн.

Аралашмадагы жылуулук алып жүрүүчү бөлүкчөлөр пиролиздеги жылуулук булагы болуп эсептелет. Ал сүрөттөрдөн аралашмадагы жылуулук алып жүрүүчү бөлүкчөлөрдүн температурасы канчалык жогору болсо пиролизердин температурасы ошончолук жогору болорун көрсөк болот. Ошондуктан бөлүкчөлөрдүн арасындағы жылуулук алмашуу жакшы жүрөт.

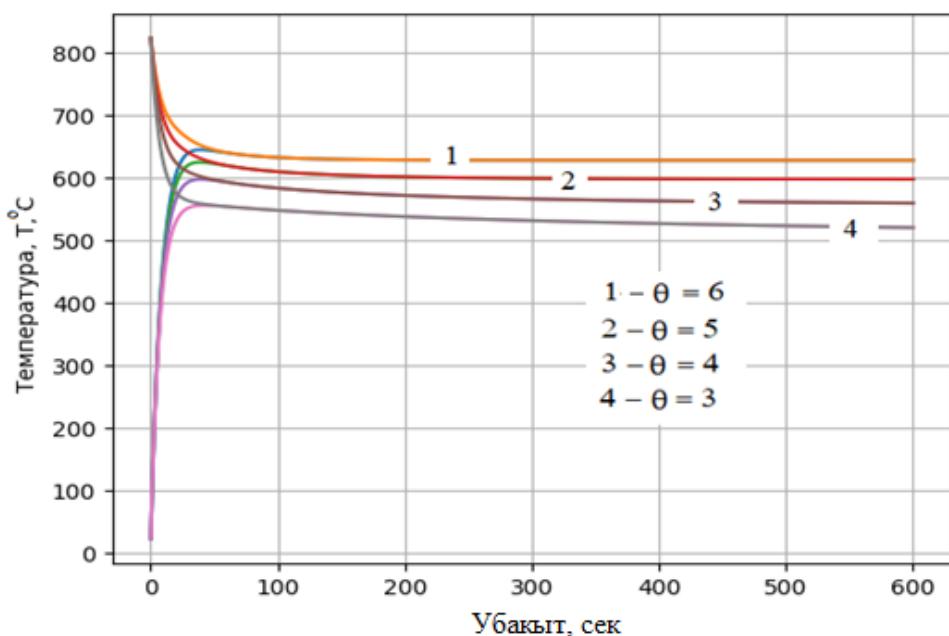
Көмүр бөлүкчөлөрүнүн диаметрлери приолиздеги жылуулук алмашуу процессинде негизки ролду ойнойт. Кичинекей размердеги бөлүкчөлөрдүн аяны чоң болгондуктан ал бөлүкчөлөр жогорку температурага чейин жылуулук алышат.

Ошондой эле жылуулук алыш жүрүүчү бөлүкчөлөрдүн аралашмадагы үлүшүн жогорулатуу көмүрдү пиролиздө убактысын азайтат.

1 - таблицада массалык үлүштөрүнүн катышы $\theta=6$ га барабар болгондо пиролиздин аяктоо убактысы t_i көрсөтүлгөн.



2 - сүрөт. Жылуулук алыш жүрүүчү жана көмүр бөлүкчөлөрүнүн температураларынын, көмүр бөлүкчөлөрүнүн ар кандай диаметрлеринде өзгөрүшү (1-жылуулук алыш жүрүүчү бөлүкчөлөрдүн диаметри – 0,001 м, көмүр бөлүкчөлөрүнүн диаметрлери: 2- 0,001 м, 3 - 0,005 м, 4- 0,008 м, 5 – 0,010 м).



3 - сүрөт. Жылуулук алыш жүрүүчү жана көмүр бөлүкчөлөрүнүн температураларынын ар кандай массалык үлүшүндө θ өзгөрүшү (1- жылуулук алыш жүрүүчү бөлүкчөлөрдүн диаметри – 0,001 м, көмүр бөлүкчөлөрүнүн диаметрлери – 0,003 м).

А.А.Асанов¹, Н.К.Джаманкызов², Б.Т.Мекенбаев¹

¹И. Рazzаков атындагы КМТУ

² УИА академик Ж. Жеенбаев атындагы физика Институту,
Бишкек, Кыргыз Республикасы

¹КГТУ им. И. Рazzакова

² Институт физики им. академика Ж. Жеенбаева НАН,
Бишкек, Кыргызская Республика

A.A. Asanov¹, N.K. Dzhamankyzov², B.T. Mekenbaev¹

¹I. Razzakov KSTU, ²Institute of Physics Academician Zh. Zheenbaev National Academy of Sciences, Bishkek, Kyrgyz Republic
asanov52@mail.ru, nasip49@gmail.com, mekenbt@mail.ru

КӨМҮР ПИРОЛИЗИНДЕ ЖЫЛУУЛУК АЛМАШУУ ПРОЦЕССИНИН ПАРАМЕТРЛЕРИН САН-АНАЛИТИКАЛЫК ҮКМАНЫ КОЛДОНУУ МЕНЕН ЭСЕПТӨӨ

РАСЧЕТ ПАРАМЕТРОВ ТЕПЛООБМЕННОГО ПРОЦЕССА В УГОЛЬНОМ ПИРОЛИЗЕ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ЧИСЛЕННО-АНАЛИТИЧЕСКОГО МЕТОДА

CALCULATION OF HEAT EXCHANGE PROCESS PARAMETERS IN COAL PYROLYSIS USING A NUMERICAL-ANALYTICAL METHOD

Жылуулук жана масса алмашуу процесстери каттуу муздаткыч менен көмүр бөлүкчөлөрүнүн ортосундагы жылуулук балансынын аналитикалык төндемелерин камтыган математикалык моделди колдонуу менен симуляцияланган. Аралашма компоненттеринин температурасын реактордогу жүрүү убактысынын функциясы катары аналитикалык математикалык формулалар сунушталган, бул аралашма компоненттеринин геометриялык жана термофизикалык параметрлеринин негизинде төң салмааттуулук температурасына жетүү убактысын аныктоого мүмкүндүк берет. Бул өз кезегинде пиролиз процессин натыйжалуу башкарууга мүмкүндүк берет. Алынган моделдөөнүн жыйынтыктары пиролиз машиналарын долбоорлоодо жана башка бир катар инженердик маселелерди чечүүдө колдонулушу мүмкүн.

Түйүндүү сөздөр: каттуу жылуулук алып журуүчүлөр; пиролиз; көмүр; температура; жылуулук алмашуу; моделдөө.

Моделирование тепло-массообменных процессов было выполнено с использованием математической модели, которая включает в себя аналитические уравнение теплового баланса между твердым теплоносителем и частицами угля. Предложены аналитические математические формулы для температур компонентов смеси в зависимости от времени их движения в реакторе, что позволило определить время наступления равновесного значения температуры компонентов смеси в зависимости от их геометрических и теплофизических параметров. Это свою очередь позволяет эффективно управлять процессом пиролиза. Полученные результаты моделирования дают может быть

использована при проектировании пиролизных машин и при решении ряда других инженерных задач.

Ключевые слова: твердый теплоноситель; пиролиз; уголь; температура; теплообмен; моделирование.

Modeling of heat and mass exchange processes was performed using a mathematical model that includes an analytical equation of the thermal balance between a solid coolant and coal particles. Analytical mathematical formulas are proposed for the temperatures of the mixture components depending on the time of their movement in the reactor, which made it possible to determine the time of onset of the equilibrium temperature of the mixture components depending on their geometric and thermophysical parameters. This, in turn, makes it possible to effectively manage the pyrolysis process. The obtained simulation results can be used in the design of pyrolysis machines and in solving a number of other engineering problems.

Key words: solid coolant; pyrolysis; coal; temperature; heat transfer; modeling.

Киришүү. Нефть жана газга жарды болгон Кыргызстандын энергетикалык коопсуздугун кепилдеген эбөгейсиз чоң көмүр запастары бар. Айлана-чөйрөнүн булганышынан улам аны колдонуу чектелген, импорттолуучу мунай жана жаратылыш газынын көлөмү көбөйүүдө [1]. Андан тышкary, өндүрүлгөн катуу отундун 80% чейини төмөн сорттогу күрөн көмүр болуп саналат.

Мындай көмүрдүн экономикалык жана технологиялык потенциалын аларды керектөө касиеттери жакшырган экологиялык жактан таза отун продукциясын өндүрүү үчүн чийки зат катары пайдалануу менен жогорулатууга болот.

Мында көмүр продукцияларын күйгүзгөндөн чыккан газдар, түз күйгөндөн чыкканга караганда бир кыйла төмөн. Күрөн көмүрдү кайра иштетүүнүн жаңы, экологиялык жактан таза продукцияларын түзүү жана алардын потенциалын өлкөнүн экономикасына интеграциялоо аларды өндүрүүнүн техникалык системаларын өнүктүрүү зарылдыгын жаратты. Мындай системаларда пиролиз агрегаттары негизги ролду ойнойт [1].

Көмүрдүн пиролизинин жогорку ылдамдыктагы технологиясын жетишсиз изилдөө анын өндүрүштө суроо-талаптын жоктугунун негизги себеби болуп саналат. Бул жагдайлар жогорку ылдамдыкта көмүр жарым кокстоо үчүн шнектик элементтери бар пиролиз агрегаттарынын илимий негизделген теориясын, эсептөөсүн жана конструкциясын иштеп чыгуу маселесинин актуалдуулугун аныктайт [2, 3]. Көмүрдү жарым кокстоо процессинин маңызы көмүрдүн майда бөлүкчөлөрүн (1–7 мм) 30–60 секунд ысытууга туура келет, андан кийин ысытылган бөлүкчөлөр чоңураак бөлүкчөлөр үчүн жылуулук булагы болуп калат. Мында пиролиздик камерага көмүрдү киргизгенден кийин 500–600 секунд убакыт аралыгында салмактуулук режими орнойт жана изотермикалык кармоо режиминде төмөнкү температурадагы карбонизация процесси жүрөт [3, 4].

Жылуулук балансынын тенденциинде көмүрдүн бөлүкчөлөрүн ысытууну моделдөөнүн натыйжалары [1, 2, 4, 5], жумуштарда берилген. Көмүрдүн пиролизинин бир өлчөмдүү стабилдүү абалдагы сандык модели [2, 3, 5], берилген, мында бөлүкчөлөрдүн өлчөмү жылтыруу ылдамдыгына олуттуу таасир этээри көрсөтүлгөн.

Аралаш бөлүкчөлөр пиролизerde, көмүрдүн бөлүкчөлөрү жылуулук алыш жүрүүчү бөлүкчөлөр тарабынан ысытылат. Терминалык ажыроо көмүрдүн бөлүкчөлөрү ысыганда пайда болот. Көмүрдүн бөлүкчөлөрүн курчап турган жылуулук алыш жүрүүчү бөлүкчөлөр катмарындагы жылуулук өткөрүмдүүлүк ушунчалык жогору жана көмүрдүн бөлүкчөлөрүнүн өлчөмү жетишерлик кичинекей болгондуктан, процесс изотермикалык деп эсептелет [6, 7].

Жылуулук балансынын тенденциин төмөнкүчө чагылдырууга болот:

$$m_{\text{уг}} c_{\text{уг}} (T_{\text{уг}} - T_{\text{уг}0}) = m_{\text{тн}} c_{\text{тн}} (T_{\text{тн}0} - T_{\text{тн}}) - m_{\text{уг}} (Y_0 - Y_t) \Delta H / Y_0, \quad (1)$$

мында $m_{\text{уг}}$, $c_{\text{уг}}$, $T_{\text{уг}0}$, $T_{\text{уг}}$ – көмүр бөлүкчөлөрүнүн массалык чыгымы (кг/с), жылуулук сыйымдуулугу, баштапкы жана учурдагы температурасы; $m_{\text{тн}}$, $c_{\text{тн}}$, $T_{\text{тн}0}$, $T_{\text{тн}}$ – жылуулук

алып жүрүүчү бөлүкчөлөрдүн массалык чыгымы (кг/с), жылуулук сыйымдуулугу, баштапкы жана учурдагы температурасы.

Тең салмактуулук температурасы (1) теңдемеден аныкталат

$$T_p = \frac{m_{th}c_{th}T_{th0} + m_{yg}c_{yg}T_{yg0} - m_{yg}\Delta H(Y_0 - Y_t)/Y_0}{m_{th}c_{th} + m_{yg}c_{yg}}. \quad (2)$$

$t=0$ болгондо (2) теңдемени төмөнкүчө өзгөртүүгө болот

$$T_{p0} = \frac{m_{th}c_{th}T_{th0} + m_{yg}c_{yg}T_{yg0}}{m_{th}c_{th} + m_{yg}c_{yg}}. \quad (3)$$

$t=\infty$ болгондо (тең салмактуулук температурасы)

$$T_{p\infty} = \frac{m_{th}c_{th}T_{th0} + m_{yg}c_{yg}T_{yg0} - m_{yg}\Delta H}{m_{th}c_{th} + m_{yg}c_{yg}}. \quad (3)$$

Системага температурасы T_p болгон жылуулук берүүнү эсепке алуу (2) теңдемени колдонуу менен баланстык теңдемени (1) төмөнкүчө чагылдырууга болот

$$m_{yg}c_{yg}(T_{yg} - T_p) = -m_{th}c_{th}(T_{th} - T_p), \quad (4)$$

Акыркы теңдемени төмөнкү түрдө жазсак болот

$$(T_{yg} - T_p) = -k(T_{th} - T_p), \quad (5)$$

мында

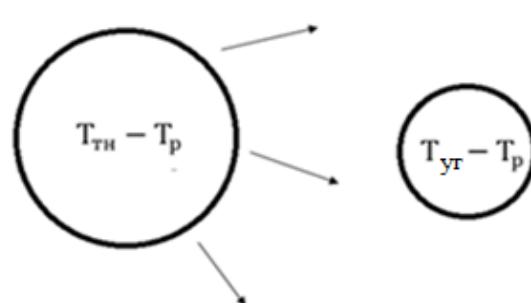
$$k = \frac{m_{th}c_{th}}{m_{yg}c_{yg}}. \quad (6)$$

Системаны T_p температурасына муздатабыз (1-сүрөт). Анда жылуулук алыш жүрүүчүнүн температурасы $T_{th} - T_p$, ал эми көмүрдүн температурасы $T_{yg} - T_p$ барабар болот.

Анализ жана моделдөө.

Кыймылдуу катмардуу пиролизер жылуулук жоготууларынын ордун толтуруу үчүн көмүрдүн бөлүкчөлөрүн белгилүү бир температурага чейин ысытылғандан кийин, көмүр бөлүкчөлөрү менен шнек азыктандыруучунун жардамы аркылуу пиролизерге берилет.

Жогорку температурагы күл жана көмүрдүн бөлүкчөлөрү пиролиздин үстүнө орнотулган аралаштыруу секциясындагы тоスマлордун жардамы менен оордук күчү аркылуу аралашат.



Жылуулук алыш жүрүүчү Көмүр

1 - сүрөт. Системаны модели

Көмүр бөлүкчөлөрүн ысытканда кероген пластикалык абалга өтөт, мындан чайыр бөлүнүп чыгат, ал кийин суюк углеводороддордун - газдын жана кокстун аралашмасына ажырайт.

Көмүр бөлүкчөлөрүндөгү керогендин массалык концентрациясы, төмөнкү түрдө аныкталат [7]

$$\frac{dY_t}{dz} = -K_0 \text{Exp} \left(-\frac{E}{T_{yr}} \right) Y_t, \quad (7)$$

Мында Y_t - көмүр бөлүкчөлөрүндөгү керогендин массалык концентрациясы, K_0 - керогендин ажыроо ылдамдыгынын константасы; T_{yr} - көмүрдүн температурасы.

Көмүр жана жылуулук алыш жүрүүчү бөлүкчөлөрүнүн диаметрлери d_{yt} жана d_{th} барабар болгон сфералык бөлүкчөлөр деп эсептелет.

Көмүр бөлүкчөлөрү пиролизердеги жылуулук алыш жүрүүчү бөлүкчөлөр менен курчалган. Көмүр менен жылуулук алыш жүрүүчү заттарынын эки тоголок бөлүкчөсүнүн ортосундагы байланыш аяты, бөлүкчөлөрдүн көлөмүнө, ысытуудагы деформацияга, иштөө параметрлерине жана башкаларга жараша болот. [5] жумушта контакт болгон аянттын диаметри $d_{kon} = 0,2d_{yt}$ түрүндө бааланат. Ушундан улам, биз контакт аятынын көмүр бетинин аятына болгон катышын R_{ac} аркылуу билгилейбиз.

Биз боштуктар коэффициенти ε болгон аралаш массасынын бирдик көлөмүн Θ карап чыгабыз. Андан кийин жылуулук алыш жүрүүчүнүн көлөмү V_{th} жана көмүрдүн көлөмү V_{yr} төмөнкү түрдө жазылат

$$V_{th} = \frac{\theta(1-\varepsilon)}{(1+\theta)},$$

$$V_{yr} = \frac{1-\varepsilon}{(1+\theta)}.$$

Жылуулук алыш жүрүүчүнүн жана көмүрдүн бирдик көлөмдөгү массаларынын байланышын аныктоо үчүн формулаларды жазабыз

$$M_{th}=m/(1+m), M_{yr}=1/(1+m).$$

Формулада

$$m = \theta \frac{\rho_{th}}{\rho_{yr}},$$

мында ρ_{yr}, ρ_{th} көмүрдүн жана жылуулук алыш жүрүүчүнүн тыгыздыкторы.

Жылуулук алыш жүрүүчүнүн жана көмүрдүн бөлүкчөлөрүнүн бетки аяntary

$$S_{th} = \frac{6}{d_{th}} \frac{\theta(1-\varepsilon)}{(1+\theta)},$$

$$S_{yr} = \frac{6}{d_{yr}} \frac{1-\varepsilon}{(1+\theta)}$$

формулалары менен аныкталышат.

1. Кондуктивдүү (жылуулук өткөрүмдүүлүк аркылуу) жылуулук алмашуу. Жылуулук алыш жүрүүчү менен көмүрдүн бөлүкчөлөрүнүн ортосундагы жылуулук алмашуу

$$dq_{kon} = \frac{2k_{yr}k_{th}}{k_{yr} + k_{th}} S_{yr} R_{kon} \frac{(T_{th} - T_p) - (T_{yr} - T_p)}{d_{yr} + d_{th}} d\tau, \quad (8)$$

теңдемеси менен аныкталат. Мында k_{yr} жана k_{th} жылуулук алыш жүрүүчү менен көмүрдүн бөлүкчөлөрүнүн жылуулук өткөрүмдүүлүгү.

Аба жана көмүр бөлүкчөлөрүнүн ортосундагы жылуулук алмашуусун жазабыз

$$dq_b = \frac{\lambda}{\delta} S_{yr} (1 - R_{kon}) ((T_{th} - T_p) - (T_{yr} - T_p)) d\tau, \quad (9)$$

мында λ – абанын жылуулук өткөрүмдүүлүгү жана δ – боштуктагы аба катмарынын калыңдыгы.

Жылуулук алмашууну эсептөө үчүн Нуссельт критерийин колдонуу ынгайлдуу [8]

$$\delta = \frac{d_{yr}}{Nu}.$$

2. Жылуулук алыш жүрүүчү менен көмүрдүн бөлүкчөлөрүнүн ортосундагы радиациялык жылуулук алмашуу, температуранын айырмасына көз каранды жана төмөнкүчө чагылдырылат:

$$dq_{rad} = \beta \sigma S_{yr} (1 - R_{kon}) ((T_{th} - T_p)^4 - (T_{yr} - T_p)^4) d\tau, \quad (10)$$

мында $\sigma = 5,67 \cdot 10^{-8}$ Вт / (м² · °К⁴) - Стефана-Больцмантын турактуулугу, жана β - бөлүкчөлөрдүн нурлануу жөндөмдүүлгүү, жумушта 0,8 ге барабар деп алынган.

Ошентип, пиролизерде жылуулуктун бөлүнүп чыгуу маселесин чечүү үчүн төмөнкү тендендерди алабыз

$$m_{y\Gamma} c_{y\Gamma} d(T_{cl} - T_p) = dq_{kon} + dq_b + dq_{rad}, \quad (11)$$

$$m_{th} c_{th} d(T_{th} - T_p) = -(dq_{kon} + dq_b + dq_{rad}), \quad (12)$$

$$dY_t = -K_0 \text{Exp}\left(-\frac{E}{T_{y\Gamma}}\right) Y_t d\tau. \quad (13)$$

Баштапкы шарттары $t=0$, $z=0$, $Y_t=0$, $T_{th} = T_{th0}$, $T_{y\Gamma} = T_{y\Gamma0}$, $T_p = T_{p0}$. Жогорку алынган формулалардын жардамы менен жылуулук алып жүрүүчү жана көмүр бөлүкчөлөрүнүн ортосундагы жылуулук алмашууну аныктаган формулаларды алууга болот

$$m_{y\Gamma} c_{y\Gamma} \frac{d(T_{y\Gamma} - T_p)}{d\tau} = A((T_{th} - T_p) - (T_{y\Gamma} - T_p)) + \\ + B((T_{th} - T_p)^4 - (T_{y\Gamma} - T_p)^4); \quad (14)$$

$$m_{th} c_{th} \frac{d(T_{th} - T_p)}{d\tau} = -A((T_{th} - T_p) - (T_{y\Gamma} - T_p)) - \\ - B((T_{th} - T_p)^4 - (T_{y\Gamma} - T_p)^4); \quad (15)$$

мында

$$A = \frac{2k_{y\Gamma} k_{th}}{k_{y\Gamma} + k_{th}} \frac{S_{y\Gamma} R_{kon}}{d_{y\Gamma} + d_{th}} + \frac{\lambda N u S_{y\Gamma} (1 - R_{kon})}{d_{y\Gamma}},$$

$$B = \beta \sigma S_{y\Gamma} (1 - R_{kon}).$$

(15) дифференциальдык тенденеми, (5) тендененин жардамы менен төмөнкү түрдө жазабыз

$$m_{th} c_{th} \frac{d(T_{th} - T_p)}{d\tau} = -A(k+1)(T_{th} - T_p) - B(1 - k^4)(T_{th} - T_p)^4. \quad (16)$$

Акыркы тенденеми өзгөртөбүз

$$\frac{d(T_{th} - T_p)}{d\tau} = A_1(T_{th} - T_p) + B_1(T_{th} - T_p)^4, \quad (17)$$

мында

$$A_1 = -\frac{A(k+1)}{m_{th} c_{th}}, B_1 = -\frac{B(1 - k^4)}{m_{th} c_{th}}.$$

(17) тендененин чыгарылышы

$$T_{th} = T_p + (T_{th0} - T_{p0}) \left[\frac{A_1 \text{Exp}(-3A_1\tau)}{A_1 - B_1(T_{th0} - T_{p0})^3 (\text{Exp}(-3A_1\tau) - 1)} \right]^{1/3} \quad (18)$$

Ошондой (5) тенденеми (14) тенденеге колдонуп, көмүр бөлүкчөлөрүнүн температурасын аныктоочу формуланы алабыз

$$T_{y\Gamma} = T_p - k(T_{y\Gamma0} - T_{p0}) \left[\frac{A_1 \text{Exp}(-3A_1\tau)}{A_1 - B_1(T_{th0} - T_{p0})^3 (\text{Exp}(-3A_1\tau) - 1)} \right]^{1/3} \quad (19)$$

Жогоруда алынган формулаларды чыгаруу үчүн Рунге-Куттанын ыкмасын колдонообуз.

Баштапкы шарттар: $\rho_{th}=1550$ кг/м³; $c_{th}=840$ Дж/кгК; $k_{th}=0,29$; $T_{th0}=1093$ К, $\rho_{y\Gamma}=1250$ кг/м³; $c_{y\Gamma}=1520$ Дж/кгК; $k_{y\Gamma}=0,19$; $T_{y\Gamma0}=293$ К.

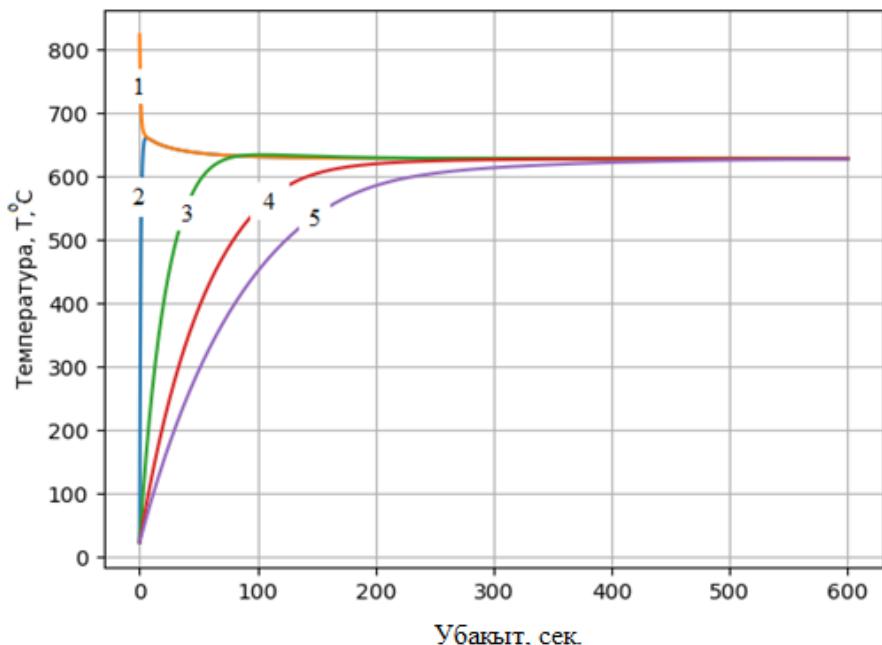
2 жана 3 сүрөттөрдө, аралашмадагы жылуулук алып жүрүүчү жана көмүрдүн ар кандай катышында көмүрдүн бөлүкчөлөрүнүн температурасынын белүштүрүлүшү көрсөтүлгөн.

Аралашмадагы жылуулук алып жүрүүчү бөлүкчөлөр пиролиздеги жылуулук булагы болуп эсептелет. Ал сүрөттөрдөн аралашмадагы жылуулук алып жүрүүчү бөлүкчөлөрдүн температурасы канчалык жогору болсо пиролизердин температурасы ошончолук жогору болорун көрсөк болот. Ошондуктан бөлүкчөлөрдүн арасындағы жылуулук алмашуу жакшы жүрөт.

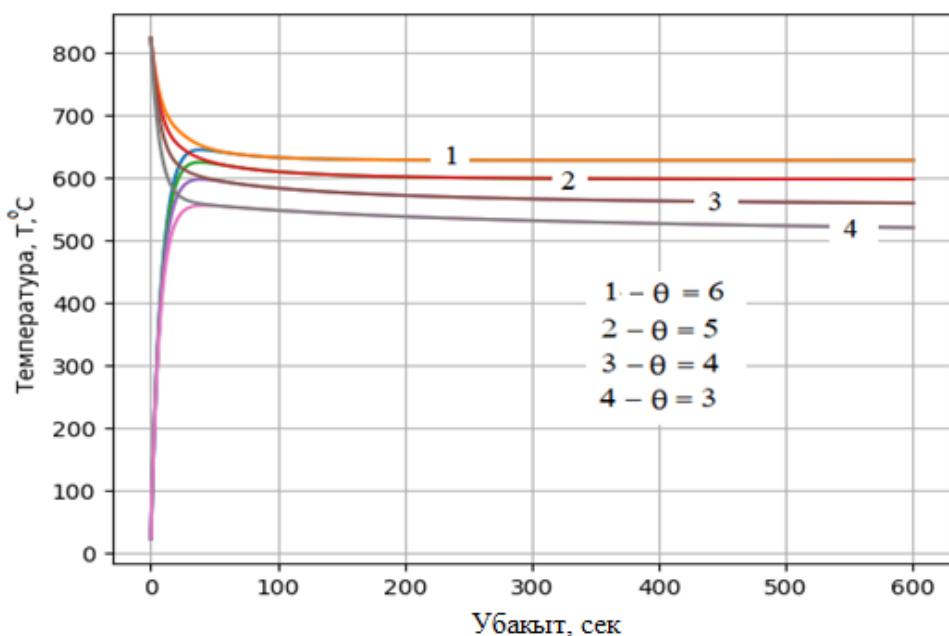
Көмүр бөлүкчөлөрүнүн диаметрлери приолиздеги жылуулук алмашуу процессинде негизки ролду ойнойт. Кичинекей размердеги бөлүкчөлөрдүн аяны чоң болгондуктан ал бөлүкчөлөр жогорку температурага чейин жылуулук алышат.

Ошондой эле жылуулук алыш жүрүүчү бөлүкчөлөрдүн аралашмадагы үлүшүн жогорулатуу көмүрдү пиролиздө убактысын азайтат.

1 - таблицада массалык үлүштөрүнүн катышы $\theta=6$ га барабар болгондо пиролиздин аяктоо убактысы t_i көрсөтүлгөн.



2 - сүрөт. Жылуулук алыш жүрүүчү жана көмүр бөлүкчөлөрүнүн температураларынын, көмүр бөлүкчөлөрүнүн ар кандай диаметрлеринде өзгөрүшү (1-жылуулук алыш жүрүүчү бөлүкчөлөрдүн диаметри – 0,001 м, көмүр бөлүкчөлөрүнүн диаметрлери: 2- 0,001 м, 3 - 0,005 м, 4- 0,008 м, 5 – 0,010 м).



3 - сүрөт. Жылуулук алыш жүрүүчү жана көмүр бөлүкчөлөрүнүн температураларынын ар кандай массалык үлүшүндө θ өзгөрүшү (1- жылуулук алыш жүрүүчү бөлүкчөлөрдүн диаметри – 0,001 м, көмүр бөлүкчөлөрүнүн диаметрлери – 0,003 м).

1-Таблица. Ар бир жеке фракциянын пиролизинин аяктоо убактысы

Көмүр бөлүкчөлөрүнүн диаметрлери	Убакыт
0,001м	6 с.
0,003м	45 с.
0,005м	140 с.
0,008м	350 с.
0,01м	510 с.

Корутундулар. катуу жылуулук алыш жүрүүчү менен көмүрдүн пиролизинин аналитикалык - сандык математикалык модели иштелип чыккан. Мында минералдык учучу заттардын ажырашы эсепке алынган. Бул модель материалдык жана энергия агымын тез эсептөөгө, ошондой эле жылытууга таасир этүүчү факторлорду аныктоого жана баалоого мумкүндүк берет.

Сунушталган моделде жылуулук берүүнүн бардык негизги механизмдери эске алынган, мисалы, аралашмадагы бөлүкчөлөрдүн ортосундагы жылуулук өткөрүмдүүлүк, аба боштугунун жылуулук өткөрүмдүүлүгү жана нурлануучу жылуулук алмашуу.

Табылган формулалар жылуулук алыш жүрүүчү бөлүкчөлөрдүн жана көмүрдүн бөлүкчөлөрүнүн температураларынын убакытка жараша өзгөрүүсүн сүрөттөйт жана көмүрдү терминалык иштетүү процессин мүнөздөгөн көрсөткүчтөрдүн сандык маанилерин алууга мүмкүндүк берет жана көмүрдү жарым кокстоо процессин оптималдаштыруу учун колдонулушу мүмкүн.

Адабияттар тизмеси

1. Асанов, А. А. Кыргызстанда көмүрдүн заманбап технологияларын өнүктүрүү [Текст] / А. А. Асанов, А. А. Асанова, К. К. Орозов // Тоо-кен журналы (Россия). – М.: МГСУ, 2016. – № 6. – С. 61–65.
2. Асанов, А. А. Көмүр пиролизинин процессинде жылуулук алмашуу механизмдерин теориялык-эсептөө изилдөө [Текст] / А. А. Асанов, Н. К. Джаманкызов, Б. Т. Мекенбаев // Известия КГТУ имени И.Раззакова. – 2023. – № 4 (68). – С. 1730–1738.
3. Джаманкызов, Н. К. Борпоң материалдарды катуу жылуулук алыш жүрүүчүлөр менен жылытуу [Текст] / Н. К. Джаманкызов, А. А. Асанов, Ю. Х. Исманов, Н. Т. Нязов, Б. Т. Мекенбаев // Кыргыз-Орус Славян университетинин жарчысы. – 2023. – Т. 23. – № 12. – С. 68–78.
4. Simonov, V. F. Development of algorithm for calculating the parameters of a drum reactor for low-temperature carbonization of oil shale with ash-based heat-transfer agent / V. F. Simonov, A. N. Mrakin, A. A. Selivanov, A. A. Morev, O. V. Afanas'eva // Chemical and Petroleum Engineering. – Vol. 52. – Nos. 9–10. – January 2017. – (Russian original Nos. 9–10, Sept.–Oct., 2016).
5. Liang, P. Simulation of coal pyrolysis by solid heat carrier in a moving-bed pyrolyzer / P. Liang, Z. Wang, J. Bi // Fuel. – 2008. – № 87. – P. 435–442.
6. Vanpuyveld, D. R. Dynamic modeling of retort thermodynamics of oil shales / D. R. Vanpuyveld // Oil Shale. – 2007. – Vol. 24. – No. 4. – P. 509–525.
7. Хасхачих, В. В. Ысык сланецтын катуу жылуулук алыш жүрүүчү менен болгон пиролизинин жылуулук жана масса алмашуу процесстерин эксперименталдык изилдөө адистиги 01.04.14 – жылуулук физикасы жана теориялык жылуулук техникасы: техника илимдеринин кандидаты диссертациясынын авторефераты [Текст] / В. В. Хасхачих. – Москва, 2017. – 20 б.
8. Баскаков, А. П. Толтурулган катуу майда бүртүкчөлүү жылуулук алыш жүрүүчү бөлүкчөлөрдүн арасынdagы жылуулук алмашууну изилдөө [Текст] / А. П. Баскаков, С. К. Корочкина // Жылуулук жана масса алмашуу. Жылуулук алмашуунун жалпы маселелери. – М.: Госэнергоиздат, 1963. – С. 660–667.

1-Таблица. Ар бир жеке фракциянын пиролизинин аяктоо убактысы

Көмүр бөлүкчөлөрүнүн диаметрлери	Убакыт
0,001м	6 с.
0,003м	45 с.
0,005м	140 с.
0,008м	350 с.
0,01м	510 с.

Корутундулар. катуу жылуулук алыш жүрүүчү менен көмүрдүн пиролизинин аналитикалык - сандык математикалык модели иштелип чыккан. Мында минералдык учучу заттардын ажырашы эсепке алынган. Бул модель материалдык жана энергия агымын тез эсептөөгө, ошондой эле жылытууга таасир этүүчү факторлорду аныктоого жана баалоого мумкүндүк берет.

Сунушталган моделде жылуулук берүүнүн бардык негизги механизмдери эске алынган, мисалы, аралашмадагы бөлүкчөлөрдүн ортосундагы жылуулук өткөрүмдүүлүк, аба боштугунун жылуулук өткөрүмдүүлүгү жана нурлануучу жылуулук алмашуу.

Табылган формулалар жылуулук алыш жүрүүчү бөлүкчөлөрдүн жана көмүрдүн бөлүкчөлөрүнүн температураларынын убакытка жараша өзгөрүүсүн сүрөттөйт жана көмүрдү терминалык иштетүү процессин мүнөздөгөн көрсөткүчтөрдүн сандык маанилерин алууга мүмкүндүк берет жана көмүрдү жарым кокстоо процессин оптималдаштыруу учун колдонулушу мүмкүн.

Адабияттар тизмеси

1. Асанов, А. А. Кыргызстанда көмүрдүн заманбап технологияларын өнүктүрүү [Текст] / А. А. Асанов, А. А. Асанова, К. К. Орозов // Тоо-кен журналы (Россия). – М.: МГСУ, 2016. – № 6. – С. 61–65.
2. Асанов, А. А. Көмүр пиролизинин процессинде жылуулук алмашуу механизмдерин теориялык-эсептөө изилдөө [Текст] / А. А. Асанов, Н. К. Джаманкызов, Б. Т. Мекенбаев // Известия КГТУ имени И.Раззакова. – 2023. – № 4 (68). – С. 1730–1738.
3. Джаманкызов, Н. К. Борпоң материалдарды катуу жылуулук алыш жүрүүчүлөр менен жылытуу [Текст] / Н. К. Джаманкызов, А. А. Асанов, Ю. Х. Исманов, Н. Т. Нязов, Б. Т. Мекенбаев // Кыргыз-Орус Славян университетинин жарчысы. – 2023. – Т. 23. – № 12. – С. 68–78.
4. Simonov, V. F. Development of algorithm for calculating the parameters of a drum reactor for low-temperature carbonization of oil shale with ash-based heat-transfer agent / V. F. Simonov, A. N. Mrakin, A. A. Selivanov, A. A. Morev, O. V. Afanas'eva // Chemical and Petroleum Engineering. – Vol. 52. – Nos. 9–10. – January 2017. – (Russian original Nos. 9–10, Sept.–Oct., 2016).
5. Liang, P. Simulation of coal pyrolysis by solid heat carrier in a moving-bed pyrolyzer / P. Liang, Z. Wang, J. Bi // Fuel. – 2008. – № 87. – P. 435–442.
6. Vanpuyveld, D. R. Dynamic modeling of retort thermodynamics of oil shales / D. R. Vanpuyveld // Oil Shale. – 2007. – Vol. 24. – No. 4. – P. 509–525.
7. Хасхачих, В. В. Ысык сланецтын катуу жылуулук алыш жүрүүчү менен болгон пиролизинин жылуулук жана масса алмашуу процесстерин эксперименталдык изилдөө адистиги 01.04.14 – жылуулук физикасы жана теориялык жылуулук техникасы: техника илимдеринин кандидаты диссертациясынын авторефераты [Текст] / В. В. Хасхачих. – Москва, 2017. – 20 б.
8. Баскаков, А. П. Толтурулган катуу майда бүртүкчөлүү жылуулук алыш жүрүүчү бөлүкчөлөрдүн арасындагы жылуулук алмашууну изилдөө [Текст] / А. П. Баскаков, С. К. Корочкина // Жылуулук жана масса алмашуу. Жылуулук алмашуунун жалпы маселелери. – М.: Госэнергоиздат, 1963. – С. 660–667.

А. Урдинов

И. Рazzаков атындағы КМТУ, Бишкек, Кыргыз Республикасы
КГТУ им. И. Рazzакова, Бишкек, Кыргызская Республика

A. Urdinov

I. Razzakov KSTU, Bishkek, Kyrgyz Republic

МЕТОД СТОЛ В ВЫСШЕЙ МАТЕМАТИКЕ С ОПОРНЫМИ СИГНАЛАМИ

СТОЛ ҮКМАСЫ ЖОГОРКУ МАТЕМАТИКАДА

TABLE METHOD IN HIGHER MATHEMATICS WITH REFERENCE SIGNALS

Бул иште математиканы окутуу методикасына байланыштуу маселелер каралат. Студенттерди окутуу процессинде эки негизги багытты бөлүп көрсөтүүгө болот:

1. лекциялык материалды жеткиликтүү формада түшүндүрүү;
2. өздөштүрүлгөн билимди калыбына көлтириүүнүн жана системалаشتыруунун эффективдүү үкмаларын камсыз кылуу.

Биринчи маселени чечүүнүн натыйжасында «математикадагы стол методу» деп аталган үкма сунушталган. Бул методдун маңызы — жогорку математиканың каалаган бөлүмүн төрт негизги түшүнүк аркылуу түшүндүрүүгө болот дегенге негизделет. Калган элементтер болсо алты бир текстүү түшүнүктөрдүн блокторуна бөлүнөт. Бул модеде төрт фундаменталдык түшүнүк символикалык түрдө «столдун буттары» катары, ал эми алты блок – тиешелүү материалды камтыган «цилиндрлер» катары көрсөтүлөт. Мынданай модеди студенттерге көрсөтүү уйрөнүлүп жаткан бөлүмдүн түзүлүшүн көрнөк-жарнак түрүндө түшүнүүгө мүмкүндүк берет жана окуу материалынын жеткиликтүүлүгүн жана түшүнүктүүлүгүн кыйла жогорулатат

Түйүндүү сөздөр: таяныч сигналы, таяныч сөз, таяныч схемасы, фантазия.

В данной работе рассматриваются вопросы, связанные с методикой преподавания математики. В процессе обучения студентов можно выделить два ключевых направления:

1. обеспечение доступного изложения лекционного материала;
2. предоставление эффективных способов восстановления и систематизации усвоенных знаний.

Решение первой задачи получило название «метод стола в математике». Суть метода заключается в том, что любой раздел высшей математики можно представить через четыре базовых понятия, тогда как остальные элементы структурируются в шесть блоков однородных понятий. В данной модели четыре фундаментальных понятия символически выступают в роли «ножек стола», а шесть блоков – в роли «цилиндров», содержащих соответствующие материалы. Демонстрация данной модели студентам позволяет наглядно выявить структуру изучаемого раздела, что существенно повышает доступность и понятность учебного материала.

Ключевые слова: опорный сигнал, опорное слово, опорная схема, воображение.

This paper explores methodological approaches to the teaching of mathematics. Within the learning process, two key aspects can be distinguished: (1) the accessible presentation of lecture materials, and (2) the provision of effective techniques that enable students to reconstruct the studied content. A solution to the first aspect has been developed, referred to as the “table method in mathematics.” The model is based on the observation that any section of higher mathematics may be organized around four fundamental concepts, while the remaining material can be grouped

into six homogeneous blocks. In this framework, the four basic concepts are represented as the “legs” of the table, and the six blocks serve as “cylinders” containing thematically related content. Once students are introduced to this model, the logical structure of the subject matter becomes readily apparent, which significantly enhances its accessibility and comprehensibility.

Key words: reference cue, reference word, reference scheme, imagination.

В этой работе рассматриваются задачи связанные методикой преподавания математики. Что такое преподавания? Преподавание – это перегруппировка известных учебных материалов. Поэтому, ученые не обращают внимание на методику преподавания дисциплин, потому что там все известно. Но, учить и научит чему-то человека, это тоже большая наука. В связи с этим в стенах высших учебных заведениях выделяются отдельные группы преподавателей, занимающихся методикой преподавания различных дисциплин. Это требование времени. Время меняются и меняются психология людей. Они хотят быстрее знать все. В числе тех названных групп преподавателей вхожу и я, из кафедры высшей математики КГТУ. Я проделал много экспериментов чтобы студентов учить хорошо. В ходе работ заметил, что прежде всего нужно развит фантазию человека. Что такое фантазия человека? Фантазия – это процесс, существующий в сознании человека, когда одно заменится другой. Например, сумку передо мной мысленно, закрывая глаза могу заменит тигром, ручку собакой, землю планетой Юпитер и так далее. В этом меня никто не может запретить, это свойство природы, даренной человеку. Фантазия в некоторых случаях помогает разобраться в сложнейших ситуациях, когда студентам очень трудно понять. Приводим конкретный пример. Как измеряется угол? Какие единицы измерения? Это очень сложный вопрос, без фантазии человека не обойтись. Вспомним определение угла.

Определение: Часть плоскости ограниченная двумя лучами, исходящими из одной точки, называется углом. Угол бесконечная фигура, как ее измерит? Выход найден. С центром в точке О проводим окружность с произвольным радиусом, и часть окружности, заключенная между лучами, заменим бесконечной фигурой. Этую замену без фантазии никак не поймут. Обратимся к чертежу.

\widehat{AB} – дуга окружности, конечная фигура, измеряется градусом и радианом. На градус не остановимся, это всем понятно. Остановится на радиан, сложнейший вопрос. Как показывает практика, это понятие студентам не доходит. Но с помощью фантазии вопрос легко можно объяснить. Обратимся к определению радиана.

Определение: Длина в 57^0 дуги окружности совпадает с произвольным радиусом окружности и называется радианным измерением угла.

Но благодаря фантазии произвольный радиус, заменим 1м то есть, радиан=1м. Обратимся к чертежу.

К сожалению, в школе как я заметил, так не говорят. Поэтому многие школьники не понимают. Это, мое замечание школьным учителям. С такими примерами фантазии студентов нужно развивать. В данной работе без фантазии студенты ничего не поймут. В психологии познание происходит через объяснение и через восстановление информации. На языке педагогики это означает следующее: Студентам доступно объяснить материал затем им дать эффективный способ восстановления. И преподаватели ищут разные доступные методы преподавания и способы восстановления прочитанных материалов. По поводу такой проблемы, чтобы разрешить их у меня появились термины: опорные сигналы, опорные слова и опорная схема. Объяснение этих терминов приводится ниже на одной разработке, полученной на основании одной, новой идеи. Чтобы понять суть сказанные мы составим план изложения:

Ключевые слова: Опорный сигнал, опорное слово, опорная схема, фантазия.

План:

1. Опорные сигналы;
2. Метод стол в производной с опорными сигналами;

3. Выводы.

1. Опорные сигналы – зашифрованные обучающие информации. Я этот термин брал у великого школьного педагога В.И. Шаталова [1].

2. Чтобы прийти к этой идее мне пришлось потратить упорно ровно 45 лет. Результат ущемляющий. Идея очень проста и лежала на поверхности айсберга. Ну, об этом чуть позже. Идея относится к методике преподавания математики как в школе, так и в вузах. Как хорошо учить? Это основной вопрос педагогики. Я свою трудовую деятельность начал в ФПИ с 1970 года, там готовятся только будущие инженеры, с первых же дней преподавания заметил, что склад ума у инженеров резко отличается от математиков, они пока не увидят, у них мозг как следует не воспринимают информацию по математике, они обращают внимания на объемы. Поэтому, в 1980 годах перед собой поставил задачу: Каким образом умозрительно показать перед аудиторией логическую структуру прочитанных материалов через чертежи, то есть через геометрические объекты? И над этим вопросом начал постоянно думать, и в высшей математике заметил одну удивительную закономерность, а именно в основе всех разделов высшей математики лежат только четыре информации как фундамент этого раздела, через которых остальные учебные материалы описываются в шести однородных частях. Эта особенность меня привела к идеи «метод стол в высшей математике с опорными сигналами», где четыре информации представляют ножки стола, блоки с однородными элементами есть – цилиндры. Это был ответ поставленной задачи. Конечно, все эти годы мною проведены многочисленные эксперименты, разные подходы, поиски. Хотя ответ очень прост, но очень важен в обучении студентов.

Как показывали практики попытки составить модель стола, все зависит от того какие информации заменят ножки стола. Затем блочные расположения учебных материалов. Здесь не так-то просто. Каждый следующий блок должен являться необходимым условием для предыдущих до того, как все завершится логически законченным. Дальше начинаются независимые другие блоки, как показывали эксперименты общее число блоков, повторяем 6. Стол с блочными цилиндрами студентам обязательно, чертежом показать. В качестве примера остановимся на раздел производные, что составляет основу высшей математики. На этом примере подробно покажем, как получится учебный стол. Ньютон и Лейбниц обобщая следующие задачи создали теорию дифференциального исчисления. Вот, эти задачи.

- 1) Из области физики: Задача о скорости материальной точки в любой момент времени;
- 2) Из области экономики: Задача о скорости поступления сырья на фабрику в любой момент времени;
- 3) Из области психологии: Задача о скорости мыслительных действий человека в любой момент времени;
- 4) Из области биологии: Задача о скорости распространения бактерий в любой момент времени.

Анализ этих задач показал, что здесь имеет место только четыре операции, этого заметили выше названные два ученых и независимо друг от друга открыли теорию дифференциальных исчислений, но у них обозначения производной были по-разному, у Ньютона y' , Лейбница $\frac{dy}{dx}$. Следуя им мы обобщим эти операции на более общий случай. Пусть дана функция $y = f(x)$ непрерывная в интервале $(a; b)$, $\Delta x, \Delta y$ – малые изменения соответственно аргумента и значение функции. Эти операции заменим опорными сигналами.

1. $(+) \rightarrow f(x + \Delta x)$
2. $(-) \rightarrow f(x + \Delta x) - f(x) = \Delta y$
3. $(\div) \rightarrow \frac{\Delta y}{\Delta x}$
4. $\lim_{\Delta x \rightarrow 0} \frac{\Delta y}{\Delta x} = y' < \infty$

Это классические определение производной, но студенты как показывает практика, плохо этого понимают, т.к. в этом обозначении все операции скрыты. Поэтому, мы это определение

заменим на другое, как результат 4^x операций и обозначим следующим образом и называем математическим смыслом производной.

$$y' = f(x) \quad (+, -, \div, \lim)$$

новшество! (1)

Обозначение производной (1), понятной студентам ни в одном учебнике не имеется. Это новшество, в смысле методики преподавания.

Теперь остановимся на философский смысл производной. Философия – это обобщение существующих понятий. Чтобы прийти к обобщению мы остановимся на двух примерах.

1-пример. Согласно фантазии в (1) где $f(x)$ представим как старый дом, требующий ремонта. Обратимся к четырем операциям. Пусть, (+) бригада рабочих, (-) бригада кирпичников, (\div) бригада цементников и \lim бригада монтажников. После некоторого времени, вместо старого дома, красится новый особняк и этот особняк есть производная в данный момент от того дома.

2-пример. Я этот эпизод увидел по телевизору. В парикмахерской пришла пожилая женщина, с глубокими морщинами, $f(x)$ –женщина. Мастер действует. (+) баня, (-) стрижка, (\div) покраска волос, \lim косметика. После этих процедур та женщина превратилась в восемнадцатилетней девушке. Значит, девушка есть в данный момент времени производная от той женщины. Будем обобщать эти примеры. $f(x)$ – любой объект. Теперь переходим к философскому смыслу производной. Производная – это форма объекта в настоящем времени, после выполнения четырех операций над данным объектом, то есть обновление объекта. Это предложение запомним.

Определение производной в такой форме студентам понятно, так как они эти операции видят. На практике этим пользоваться очень трудно, поэтому переходим к трем шагам: (новшество)

I шаг. Определяем название функции;

II шаг. По названию найдем формулу в таблице производных;

III шаг. Уметь пользоваться найденной формулой.

Во всех существующих учебниках этот алгоритм поиска производной отсутствует, хотя для студентов это крайне важно! Многочисленные наблюдения мною через посещения занятий преподавателей показали, что обычно они говорят так: найди формулу и решай. Такой подход приводит студентов к заблуждениям, так как они не увидели четкого оформления алгоритма на бумаге. Видите, какой маленький деталь решает все. Вот что методика преподавания!

Здесь говорилось о таблице производных. Но там 15 формул, все не помещаются в блок, поэтому мы ее зашифруем. Найдена уникальная зашифровка, что не имеется ни в одном учебнике, СП_2_О_4_Р_2_Т_4_Л_2 новшество! Приводим полную расшифровку опорного сигнала.

1. $(u^a)' = a * u^{a-1} * u'$ – степенная функция ✓
2. $(a^u)' = a^u * \ln a * u'$
3. $(e^u)' = e^u * u'$ – показательные функции
4. $(\arcsin u)' = \frac{u'}{\sqrt{1-u^2}}$ ✓
5. $(\arccos u)' = -\frac{u'}{\sqrt{1-u^2}}$
6. $(\arctg u)' = \frac{u'}{1+u^2}$ ✓
7. $(\operatorname{arcctg} u)' = -\frac{u'}{1+u^2}$ – обратные тригонометрические функции
8. $(\sqrt[n]{u^m})' = \frac{m}{n} \sqrt[n]{u^{m-n}} * u'$ ✓
9. $(\sqrt{u})' = \frac{u'}{2\sqrt{u}}$ – радикалы
10. $(\sin u)' = \cos u * u'$ ✓
11. $(\cos u)' = -\sin u * u'$

$$12. (tgu)' = \frac{u'}{\cos^2 u} \quad \checkmark$$

13. $(ctgu)' = -\frac{u'}{\sin^2 u}$ – тригонометрические функции

$$14. (\log_a u)' = \frac{u'}{u \cdot \ln a} \quad \checkmark$$

$$15. (ln u)' = \frac{u'}{u} \text{ – логарифмические функции}$$

Буквы означают названия функций. Учитывая знаки, а также кофункций, можно запомнить отмеченные только 8 формул, через которых остальные 7 легко можно восстановить. Студентам этот опорный сигнал здорово помогает, за 10-15 минут выучат, далее практическая часть становится легче. На этом, на третьем блоке теоретическая часть завершается, остальные блоки состоят только из приложений, в итоге получается 6 блоков.

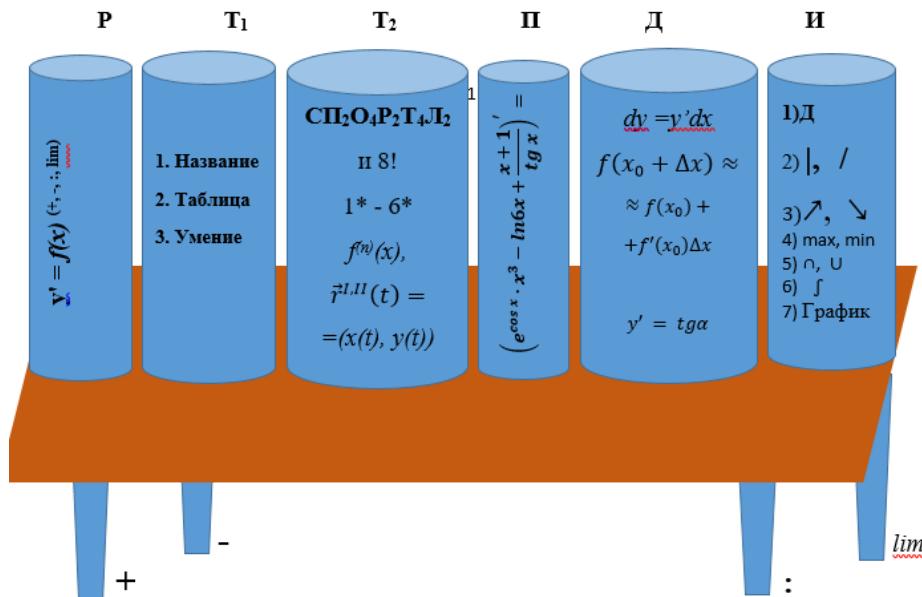
Этим мы завершаем передачу информации. Как мы в введении говорили, вспомним способы восстановления прочитанных материалов, что студентам крайне важно. Найдена идея восстановления. Новшество! Эта идея называется методом опорных слов. Опорное слово – это сигнал, дающий цепную реакцию для восстановления прочитанных материалов. В разделе «производная» опорным словом является сигнал «обновить». Продолжим. Задаемся вопросом, что обновить? Ответ, обновить объект $f(x)$. Как? Через четырех операций. Что за операции? И так далее начинается цепная реакция, то есть раздел полностью восстановится. Эта идея требует много творческих находок, по соответствием разделам, но все это будет отражаться в наших дальнейших работах.

Вопрос? Какие новшества предлагает автор в этой работе?

Заключение:

1. Идея «метод стол в математике» - Открытие.
2. Математический смысл производной. Новшество
3. Философский смысл производной. Новшество
4. Алгоритм поиска производной (3 шага) Новшество
5. Опорный сигнал таблицы производных
 $\text{СП}_2\text{O}_4\text{P}_2\text{T}_4\text{L}_2$. Новшество.
6. «Метод опорных слов» - Открытие.

Опорная схема раздела



Завершая данные сообщения, переходим к последней части.

Выводы:

- 1) Студенты видят внутреннюю логическую структуру раздела, что помогает легче усвоить учебный материал;
- 2) Получен ответ на основной вопрос педагогики, что и как учить? а именно что учить?-это четыре информации, как учить?-это блоки с 1-6 соответственно;
- 3) Это и есть УМК;
- 4) Это экзаменационные вопросы по блокам;
- 5) Это является повышением квалификации преподавателей, так как при составлении материалов стола требуется высокий професионализм, тщательная подготовка;
- 6) Это дает алгоритм написания учебников, составления учебных пособий, методических разработок;
- 7) Это и есть план лекционных занятий;
- 8) Метод стол это – инновация!
- 9) Наконец, метод стол соответствует всем требованиям учебного процесса ВУЗа;

Окончательный вывод: Любой раздел высшей математики состоит из семи блоков, из которых 1 блок содержит только четыре информации все остальные являются следствиями.

Список литературы

1. Шаталов, В. И. Куда и как исчезли тройки [Текст] / В. И. Шаталов. — М.: Наука, 1960.
2. Кадыров, Т. К. Математика в упражнениях. Ч. I [Текст] / Т. К. Кадыров, Р. И. Могилевский, А. У. Урдинов. — Бишкек, 1995.
3. Каплан, И. А. Практические занятия по высшей математике [Текст] / И. А. Каплан. — Харьков, 1971.
4. Лихолетов, И. И. Руководство к решению задач по высшей математике, теории вероятностей и математической статистике [Текст] / И. И. Лихолетов, И. П. Мацкевич. — Минск, 1976.
5. Математическая энциклопедия: в 5 т. — М., 1977–1986.
6. Микиша, А. М. Толковый математический словарь [Текст] / А. М. Микиша, В. Б. Орлов. — М., 1989.
7. Минорский, В. П. Сборник задач по высшей математике [Текст] / В. П. Минорский. — М., 1987.
8. Никифоровский, В. А. Рождение новой математики [Текст] / В. А. Никифоровский, Л. С. Фрейман. — М., 1976.
9. Пискунов, Н. С. Дифференциальное и интегральное исчисление: в 2 т. [Текст] / Н. С. Пискунов. — М., 1965.
10. Пойа, Д. Математика и правдоподобные рассуждения [Текст] / Д. Пойа. — М., 1975.
11. Сборник задач по математике [Текст] / под ред. А. В. Ефимова, Б. П. Демидовича. — М., 1981.
12. Фихтенгольц, Г. М. Курс дифференциального и интегрального исчисления [Текст] / Г. М. Фихтенгольц. — М., 1974.
13. Фрейман, Л. С. Творцы высшей математики [Текст] / Л. С. Фрейман. — М., 1981.
14. Фролов, С. В. Курс высшей математики [Текст] / С. В. Фролов, Р. Я. Шостак. — М., 1973.
15. Шнейдер, В. Краткий курс высшей математики: в 2 т. [Текст] / В. Шнейдер, А. Слуцкий, А. Шумов. — М., 1978.

А.Б. Чечейбаев¹, Б.И. Бийбосунов²

¹«Ала-Тоо» Эл аралык университети, ²И. Арабаев атындагы Кыргыз мамлекеттик университети Бишкек, Кыргыз Республикасы

¹Международный университет «Ала-Тоо», ²Кыргызский государственный университет им. И. Арабаева, Бишкек, Кыргызская Республика

A.B. Checheibaev¹, B.I. Biibosunov²

¹«Ala-Too» International University, ²Kyrgyz State University named after I. Arabaev, Bishkek, Kyrgyz Republic
dsc.amanbek@gmail.com, bbolotbek@mail.ru

ИССЛЕДОВАНИЕ УСТОЙЧИВОСТИ РАЗНОСТНЫХ СХЕМ МЕТОДА КРУПНЫХ ЧАСТИЦ ДЛЯ РАСЧЕТА ОПОЛЗНЕЙ НА ОСНОВЕ ТЕОРИИ МЕЛКОЙ ВОДЫ

ТАЙЫЗ СУУ ТЕОРИЯСЫНЫН НЕГИЗИНДЕ ЖЕР КӨЧКУЛӨРДҮ ЭСЕПТӨӨ ҮЧҮН ЧОҢ БӨЛҮКЧӨЛӨР ҮКМАСЫНЫН ЧЕКТҮҮ АЙЫРМАЛАРЫНЫН ТУРУКТУУЛУГУН ИЗИЛДӨӨ

INVESTIGATION OF THE DIFFERENCE SCHEMES STABILITY OF THE LARGE-PARTICLE METHOD TO COMPUTE THE LANDSLIDES DYNAMICS BASED ON THE SHALLOW WATER THEORY

Изилдөөнүн максаты – бул тайыз суу теориясынын негизинде жер көчкүлөрдү моделдештируү үчүн чоң бөлүкчөлөр үкмасынын эсептөө алгоритминин сыйыктуу эмес касиеттерин изилдөө. Изилдөөнүн кийинки максаты - бул тайыз суу теориясынын негизинде жер көчкүлөрдү моделдештируу үчүн чоң бөлүкчөлөр үкмасынын чектүү айырмаларынын туруктуулугунун шарттарын аныктоо. Тайыз суу теориясынын негизинде жер көчкүлөрдүн динамикасын чоң бөлүкчөлөр үкмасы менен моделдештируү үчүн чектүү айырмалар иштелип чыккан. Сунушталган чоң бөлүкчөлөр үкмасынын чектүү айырмаларынын сыйыктуу эмес касиеттери дифференциалдык жакындашуулар үкмасынын жардамы менен изилденген. Тайыз суу теориясынын негизинде жер көчкүлөрдүн динамикасын сурөттөө үчүн массанын жана импульстун сакталуу закондорунун төңдемелеринин дифференциалдык жакындашууларынын гиперболалык жана параболалык формалары аныкталган. Массанын жана импульстун сакталуу закондорунун төңдемелеринин дифференциалдык жакындашууларынын параболалык формаларынан чектүү айырмалардын туруктуулуктарынын шарттары аныкталган.

Түйүндүү сөздөр: жер көчкүлөрдүн динамикасы, тайыз суу теориясы, чоң бөлүкчөлөр үкмасы, чектүү айырмалар, туруктуулуктун шарты, дифференциалдык жакындашуулар үкмасы.

Целью исследования является изучение нелинейных свойств вычислительного алгоритма метода крупных частиц для моделирования динамики оползней на основе теории мелкой воды. Далее, задачей исследования является определение условия устойчивости конечно-разностных схем метода крупных частиц для моделирования динамики оползней на основе теории мелкой воды. Разработаны конечно-разностные схемы метода крупных частиц для моделирования динамики оползней при использовании теории мелкой воды. Нелинейные свойства предлагаемых конечно-разностных схем метода крупных частиц были исследованы методом дифференциальных приближений. Определены гиперболическая и параболическая формы первых дифференциальных приближений для уравнений

неразрывности и импульса, описывающих динамику оползневых потоков на основе теории мелкой воды. Определены условия устойчивости конечно-разностных схем метода крупных частиц из соответствующих параболических форм первых дифференциальных приближений уравнений неразрывности и импульса.

Ключевые слова: динамика оползней, теория мелкой воды, метод крупных частиц, разностные схемы, условие устойчивости, метод дифференциальных приближений.

The purpose of the study is to investigate the nonlinear properties of Large-Particle Method's computational algorithm to model the landslide dynamics based on shallow water theory. Further, the aim of the study is to determine the stability conditions of the difference schemes of the Large-Particle Method to model the landslides dynamics based on the shallow water theory. The finite-difference schemes of the Large-Particle Method been developed for model landslides dynamics using shallow water theory. The nonlinear properties of the proposed Large-Particle Method finite-difference schemes have been investigated using the Modified Equations Method. The hyperbolic and parabolic forms of the first differential approximations for continuity and momentum equations describing the landslides dynamics have been obtained on the base of the shallow water theory. The stability conditions of the finite-difference schemes of the Large-Particle Method have been derived from the corresponding parabolic forms of the first differential approximations of the continuity and momentum equations.

Key words: landslides dynamics, the shallow water theory, the Large-Particle Method, difference schemes, stability condition, the Modified Equations Method.

Рассмотрим нестационарную систему уравнений теории мелкой воды, которая в пространственно-одномерном случае и при записи ее в форме законов сохранения массы и импульса имеет следующий вид [1, с. 115] (рис. 1):

$$\frac{\partial h}{\partial t} + \frac{\partial hu}{\partial t} = 0, \quad (1)$$

$$\frac{\partial hu}{\partial t} + \frac{\partial(hu^2 + \frac{1}{2}gh^2 \cos\alpha)}{\partial x} = gh \cdot \sin\alpha - \tau_x, \quad (2)$$

здесь t - время, x - координата вдоль склона, $u(x, t)$ - средняя по поперечному сечению потока скорость вдоль склона, $h(x, t)$ - высота (мощность) потока, измеряемая перпендикулярно к поверхности склона, $\alpha(x)$ - угол наклона склона к горизонту, τ_x - проекция силы трения на ось x .

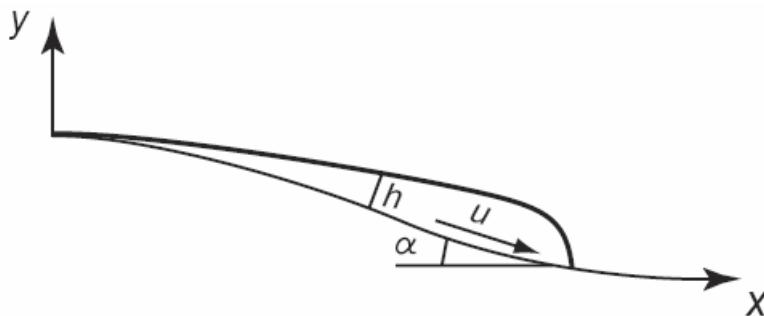


Рисунок 1 - Схема движения потока по склону

При рассмотрении потоков жидкости, выражение для силы трения τ_x выглядит так [1, с. 115]:

$$\tau = k_g u^2, \quad (3)$$

где k_g - эмпирический коэффициент трения.

Для описания селевых потоков используется соотношение вида $\tau = \tau_c + k_g u^2$ [1, с. 115], где τ_c – величина сухого трения, определяемая согласно закону сухого трения Кулона из механики грунтов. В случае рассмотрения потоков на поверхности это означает, что $\tau_c = k_c g h \cdot \cos\alpha$, где k_c - коэффициент кулоновского трения.

Тогда выражение для силы трения τ_x примет следующий вид [1, с. 115]:

$$\tau_x = k_g u |u| + k_c gh \cdot \cos\alpha \quad (4)$$

Использование для силы трения τ_x различных модельных уравнений позволяет моделировать с помощью системы (1) - (2) течения различной природы, например, динамику снежных лавин, селевых потоков, горных обвалов, оползней-обвалов и оползней больших объемов в рамках применения физико-математической теории мелкой воды.

Для того, чтобы решить однозначно систему (1) - (2), необходимо задать начальные распределения для скорости и глубины оползневого потока [1, с. 115]:

$$\begin{aligned} u(x, 0) &= u_0(x), \\ h(x, 0) &= h_0(x), \quad x \geq x_0 \end{aligned} \quad (5)$$

Дополнительно к вышесказанному отметим, что формула для силы трения τ_x имеет различную форму для частей потока, находящихся в статическом и динамическом состояниях [1, с. 116]. Это объясняется тем, что пока активная сила меньше силы трения, начало движения оползня невозможно. Напомним, что активная сила – это сумма силы тяжести $gh \cdot \sin\alpha$ и величины градиента гидростатического давления $\frac{\partial(\frac{1}{2}gh^2\cos\alpha)}{\partial x}$. Обобщение всех физических ситуаций относительно силы трения τ_x приводит к следующей формуле для численной оценки силы трения ($\tau_c = k_c gh \cdot \cos\alpha$) [1, с. 116]:

1) При $u \neq 0$: $\tau_c = \tau_c \cdot \text{sign}(u)$

2) При $u = 0$:

$$\tau_c = \begin{cases} ghsina - \frac{\partial(\frac{1}{2}gh^2\cos\alpha)}{\partial x}, & \text{если } \left| ghsina - \frac{\partial(\frac{1}{2}gh^2\cos\alpha)}{\partial x} \right| < |\tau_c| \\ \tau_c \text{sign}\left(gh \cdot \sin\alpha - \frac{\partial(\frac{1}{2}gh^2\cos\alpha)}{\partial x}\right), & \text{если } \left| ghsina - \frac{\partial(\frac{1}{2}gh^2\cos\alpha)}{\partial x} \right| \geq |\tau_c| \end{cases} \quad (6)$$

Следуя работам автора метода крупных частиц Ю.М. Давыдова [2, с. 54] и докторской диссертации его ученика, доктора физико-математических наук, профессора Б. Чечебаева [3], а также монографии [4] и диссертации [5], дадим формальное описание метода крупных частиц. Основная идея метода крупных частиц заключается в декомпозиции по физическим процессам исходной нестационарной системы уравнений механики сплошных сред, точнее, механики катастроф, рассматриваемой в данной статье, которая в пространственно-одномерном случае состоит из уравнения неразрывности и уравнения импульса. Среда здесь аппроксимируется системой из «жидких» (крупных) частиц, совпадающих в данный момент времени с частицой эйлеровой сетки. Исходная эволюционная система дифференциальных уравнений в частных производных состоит из итераций по времени, где расчет каждого временного шага разбивается на три этапа раздельно.

I - эйлеров этап, где мы не учитываем эффекты, связанные с перемещением элементарной ячейки («потока массы» через границы элементарной ячейки нет для задач газовой динамики или «потока площади» для задач расчета динамики оползней), и учитываем эффекты ускорения жидкости лишь за счет сил, действующих на поток; здесь для крупной частицы определяются промежуточные значения скорости \tilde{u} ;

II - лагранжев этап, где при движении жидкости вычисляются «потоки масс» через границы эйлеровых ячеек («потоки площади» для динамики оползневых потоков);

III - заключительный этап, где для нового момента времени находим распределения скорости и глубины оползневого потока на основе законов сохранения массы и импульса для каждой ячейки и всей механической системы в целом на неподвижной в пространстве расчетной сетке.

Впервые вычислительный алгоритм метода крупных частиц для решения системы (1)-(2) был предложен в работе автора данной статьи [4]. Согласно работе [6], запишем теперь систему (1)-(2) в удобной для изложения алгоритма метода крупных частиц форме:

$$\frac{\partial h}{\partial t} + \frac{\partial h u}{\partial t} = 0, \quad (7)$$

$$\frac{\partial h u}{\partial t} + \frac{\partial h u^2}{\partial t} = F_x, \quad (8)$$

где $F_x = ghsina - \frac{\partial(\frac{1}{2}gh^2 \cos\alpha)}{\partial x} - \tau_x$ сумма сил, действующих на поток.

Приведем ниже разностные схемы метода крупных частиц применительно к моделированию потоков различной природы в рамках физико-математической теории мелкой воды.

I. Эйлеров этап.

На данном этапе для каждой расчетной ячейки с адресом индекса (i) не принимаем во внимание все эффекты, связанными с ее перемещениями. Тогда в уравнениях (7)-(8) убираются конвективные члены, и исходная система уравнений сводится к решению лишь одного уравнения

$$h \frac{\partial u}{\partial t} = F_x \quad (9)$$

Использование разностного аналога для производной по пространству в уравнении (9) в момент времени $t = t^n$ приводит к следующей явной конечно-разностной схеме:

$$\tilde{u}_i^n = u_i^n + \frac{\Delta t}{h_i^n} \cdot (F_x)_i^n$$

(10)

В разностной формуле (10) верхний индекс указывает на принадлежность к n -му временному слою или к n -й итерации.

II. Лагранжев этап.

По аналогии с описанием метода крупных частиц, приведенного, например, в работах Ю.М. Давыдова [2, с. 60] и Б. Чечебаева [3, с. 192], проектируя его на случай нашей задачи о расчете динамики оползневого потока (1) - (2), на заключительном этапе метода крупных частиц численно определяются эффекты переноса, учитывающие обмен между ячейками при их перестройке на прежнюю эйлерову сетку. Здесь находятся за время Δt «потоки площади» ΔS^n через границы эйлеровых ячеек.

Нетрудно заметить, что дифференциальное уравнение неразрывности исходной системы уравнений (7) в разностной форме запишется так (в предположении, что поток через ячейку (i) направлен слева направо):

$$h_i^{n+1} \cdot \Delta x = h_i^n \cdot \Delta x + \Delta S_{i-1/2}^n - \Delta S_{i+1/2}^n \quad (11)$$

В разностном уравнении (11) «потоки площади» ΔS^n рассчитываются по следующим формулам [4]:

$$\Delta S_{i+1/2}^n = h_{i+1/2}^n \cdot \tilde{u}_{i+1/2}^n \cdot \Delta t, \quad \Delta S_{i-1/2}^n = h_{i-1/2}^n \cdot \tilde{u}_{i-1/2}^n \cdot \Delta t \quad (12)$$

Для вычисления значений потоков через границы эйлеровых ячеек ΔS^n традиционно используют разностные формулы первого или второго порядков точности. Приведем сначала формулы первого порядка точности.

Если $\tilde{u}_i^n + \tilde{u}_{i+1}^n > 0$, то $\tilde{u}_{i+1}^n = (\tilde{u}_i^n + \tilde{u}_{i+1}^n)/2$, $h_{i+1/2}^n = h_i^n$. (13)

Если $\tilde{u}_i^n + \tilde{u}_{i+1}^n < 0$, то $\tilde{u}_{i+1}^n = (\tilde{u}_i^n + \tilde{u}_{i+1}^n)/2$, $h_{i+1/2}^n = h_{i+1}^n$.

При проведении численных расчетов, как это стало традицией, для вычисления потоков ΔS^n часто используют формулы второго порядка аппроксимации.

Так, если $\tilde{u}_i^n + \tilde{u}_{i+1}^n > 0$ и $\tilde{u}_{i+1/2}^n = \tilde{u}_i^n + (\frac{\partial \tilde{u}}{\partial x})_i^n \cdot \frac{\Delta x}{2} = \tilde{u}_i^n + \frac{\tilde{u}_{i+1}^n - \tilde{u}_{i-1}^n}{4} > 0$, то

$$\Delta S_{i+1/2}^n = (h_i^n + \frac{h_{i+1}^n - h_{i-1}^n}{4}) \cdot (\tilde{u}_i^n + \frac{\tilde{u}_{i+1}^n - \tilde{u}_{i-1}^n}{4}) \cdot \Delta t$$

Если $\tilde{u}_i^n + \tilde{u}_{i+1}^n < 0$ и $\tilde{u}_{i+1/2}^n = \tilde{u}_{i+1}^n - (\frac{\partial \tilde{u}}{\partial x})_{i+1}^n \cdot \frac{\Delta x}{2} = \tilde{u}_{i+1}^n - \frac{\tilde{u}_{i+2}^n - \tilde{u}_i^n}{4} < 0$, то

$$\Delta S_{i+1/2}^n = (h_{i+1}^n - \frac{h_{i+2}^n - h_i^n}{4}) \cdot (\tilde{u}_{i+1}^n - \frac{\tilde{u}_{i+2}^n - \tilde{u}_i^n}{4}) \cdot \Delta t \quad (14)$$

Если выполняются условия $\tilde{u}_i^n + \tilde{u}_{i+1}^n > 0$ и $\tilde{u}_{i+1/2}^n = \tilde{u}_i^n + (\frac{\partial \tilde{u}}{\partial x})_i^n \cdot \frac{\Delta x}{2} = \tilde{u}_i^n + \frac{\tilde{u}_{i+1}^n - \tilde{u}_{i-1}^n}{4} < 0$,

или если имеет место $\tilde{u}_i^n + \tilde{u}_{i+1}^n < 0$ и $\tilde{u}_{i+1/2}^n = \tilde{u}_{i+1}^n - (\frac{\partial \tilde{u}}{\partial x})_{i+1}^n \cdot \frac{\Delta x}{2} = \tilde{u}_{i+1}^n - \frac{\tilde{u}_{i+2}^n - \tilde{u}_i^n}{4} > 0$, то полагаем, что $\Delta S_{i+1/2}^n = 0$.

III. Заключительный этап.

На данном этапе численно осуществляется переход к следующему моменту времени, т.е. $t^{n+1} = t^n + \Delta t$ для физических параметров – распределений скорости и глубины оползневого потока. Здесь мы находим окончательные значения полей эйлеровых параметров потока на фиксированной расчетной сетке в момент времени $t^{n+1} = t^n + \Delta t$. Уравнения этого этапа представляют законы сохранения массы и импульса, записанные для ячейки (i) в разностной форме для вычисления новых значений глубины и скорости оползневого потока:

$$h_i^{n+1} = h_i^n + \frac{\Delta S_{i-1/2}^n - \Delta S_{i+1/2}^n}{\Delta x}, \quad u_i^{n+1} = \tilde{u}_i^n \cdot \frac{h_i^n}{h_i^{n+1}} + \frac{\Delta S_{i-1/2}^n \tilde{u}_{i-1}^n - \Delta S_{i+1/2}^n \tilde{u}_i^n}{h_i^{n+1} \cdot \Delta x} \quad (15)$$

Можем на этом отметить, что весь цикл вычислений для n -го временного слоя закончен, и вся вычислительная процедура повторяется сначала для следующего момента времени, т.е. $t = t^{n+2}$.

Рассмотрим далее вопрос изучения устойчивости разностных схем метода крупных частиц. Для исследования нелинейных свойств разностных схем метода крупных частиц широко применяется метод дифференциальных приближений (д.п.), разработанный Н.Н. Яненко и Ю.И. Шокиным [7]. Подробное описание метода дифференциальных приближений применительно к решению операторных уравнений можно найти, например, в [2, с. 54; 7, с. 1173]. Интересный пример применения метода дифференциальных приближений для исследования устойчивости разностной схемы, аппроксимирующей исходное обыкновенное дифференциальное приближение, дано в работе [8, с. 475]. В западной (англоязычной) литературе метод дифференциальных приближений имеет название the Modified Equations Method и также широко используется для исследования устойчивости систем нелинейных разностных схем, аппроксимирующих, например, исходное транспортное уравнение в дифференциальной форме [9, с. 125]. Для исследования асимптотической устойчивости полностью неявной схемы для решения затухающего волнового уравнения с распределенной задержкой используется теорема Руше [10, с.2]. Для математического моделирования речных процессов широко применяется теория мелкой воды [11, с.74]. Например, в работе [12, с. 244] для моделирования динамики воды в речном русле используется разность вперед по времени и центральная разность по пространству. Монотонность решения центрально-разностной схемы обеспечивается методом FCT [12, с. 245]. Устойчивость вычислительного алгоритма обеспечивается условием устойчивости Куранта [12, с. 245]. Необходимое и достаточное условие для нижней экспоненциальной устойчивости конечно-разностной аппроксимации гиперболического уравнения получено в работе [13, с. 17]. В работе [11, с. 74], с помощью мощного аппарата группового анализа дифференциальных уравнений, получены точные решения нелинейных уравнений мелкой воды над прямолинейным дном.

Перейдем теперь к теме нашей статьи. Далее, следуя описанию алгоритма метода дифференциальных приближений, разложим в ряд Тейлора относительно центра ячейки (i) в момент времени $t = t^n$ функции глубины и скорости оползневого потока в точках $x + \Delta x$, $x - \Delta x$ в моменты времени t и $t + \Delta t$ и, сохраняя величины второго порядка по пространству и первого порядка по времени, получаем гиперболические формы для уравнений неразрывности и импульса.

Так, гиперболическая форма первого дифференциального приближения уравнения неразрывности при использовании формул первого порядка точности (13) для расчета потоков ΔS^n выглядит так:

$$\begin{aligned} \frac{\partial h}{\partial t} + u \frac{\partial h}{\partial x} + h \frac{\partial u}{\partial x} + \frac{\Delta x^2}{4} \frac{\partial h}{\partial x} \frac{\partial^2 u}{\partial x^2} + \frac{\Delta x^2}{4} \frac{\partial u}{\partial x} \frac{\partial^2 u}{\partial x^2} - \frac{\Delta x}{2} \frac{\partial h}{\partial x} \frac{\partial u}{\partial x} + \frac{\Delta x^2}{6} h \frac{\partial^3 u}{\partial x^3} + \\ + \frac{\Delta x^2}{6} u \frac{\partial^3 h}{\partial x^3} - \frac{\Delta x}{2} u \frac{\partial^2 h}{\partial x^2} + \Delta t g \sin \alpha \frac{\partial h}{\partial x} - \Delta t g \cos \alpha \left(\frac{\partial h}{\partial x} \right)^2 - \Delta t g k_c \cos \alpha \frac{\partial h}{\partial x} - \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
& -\frac{\Delta t}{2} \Delta x^2 g \cos \alpha \left(\frac{\partial^2 h}{\partial x^2} \right)^2 - 2 \Delta t k_g \operatorname{sign}(u) \cos \alpha \cdot u \frac{\partial u}{\partial x} - \Delta t g \cos \alpha \cdot h \frac{\partial^2 h}{\partial x^2} + \\
& + \Delta t g \cos \alpha \cdot h \frac{d\alpha}{dx} - \frac{\Delta t \Delta x}{2} g \sin \alpha \frac{\partial^2 h}{\partial x^2} - \frac{\Delta t \Delta x}{2} g \sin \alpha \frac{\partial^2 h}{\partial x^2} \frac{d\alpha}{dx} \left(\frac{\partial h}{\partial x} \right)^2 + \Delta t \Delta x g \cos \alpha \cdot \\
& \cdot \frac{\partial h}{\partial x} \frac{\partial^2 h}{\partial x^2} + \Delta t g \sin \alpha h \frac{d\alpha}{dx} \frac{\partial h}{\partial x} - \frac{\Delta t \Delta x}{2} g \cos \alpha \frac{d\alpha}{dx} \frac{\partial h}{\partial x} + \frac{\Delta t \Delta x}{2} g \cos \alpha k_c \frac{\partial^2 h}{\partial x^2} + \\
(16) \quad & + \Delta t g k_c \sin \alpha \cdot h \frac{d\alpha}{dx} - \frac{\Delta t \Delta x}{2h^2} k_g \operatorname{sign}(u) u^2 \left(\frac{\partial h}{\partial x} \right)^2 + \frac{\Delta t \Delta x}{2h} k_g \operatorname{sign}(u) u^2 \frac{\partial^2 h}{\partial x^2} - \\
& - \frac{\Delta t \Delta x}{2} g k_c \sin \alpha \frac{d\alpha}{dx} \frac{\partial h}{\partial x} + \frac{\Delta t \Delta x}{h} k_g \operatorname{sign}(u) u \frac{\partial h}{\partial x} \frac{\partial u}{\partial x} = 0
\end{aligned}$$

Действуя подобным образом, вычленяем гиперболическую форму первого дифференциального приближения для уравнения импульса при использовании формул первого порядка точности (13) для расчета потоков ΔS^n :

$$\begin{aligned}
& \frac{\partial h}{\partial x} u^2 + u \frac{\partial h}{\partial t} + h \frac{\partial u}{\partial t} + \frac{u \Delta x^2}{6} \frac{\partial^3 h}{\partial x^3} - \frac{\Delta x}{2} u^2 \frac{\partial^2 h}{\partial x^2} + 2hu \frac{\partial u}{\partial x} - g h \sin \alpha - \frac{h \Delta x}{2} \left(\frac{\partial u}{\partial x} \right)^2 + \\
& + \frac{\Delta x^2}{6} \frac{\partial h}{\partial x} \left(\frac{\partial u}{\partial x} \right)^2 + k_g \operatorname{sign}(u) u^2 + \frac{\Delta x^2}{6} hu \frac{\partial^3 u}{\partial x^3} - \frac{\Delta x}{2} hu \frac{\partial^2 u}{\partial x^2} + \frac{3}{4} \Delta x^2 u \frac{\partial h}{\partial x} \frac{\partial^2 u}{\partial x^2} + \\
& + \frac{1}{2} \Delta x^2 h \frac{\partial u}{\partial x} \frac{\partial^2 u}{\partial x^2} + \frac{3}{4} \Delta x^2 u \frac{\partial u}{\partial x} \frac{\partial^2 h}{\partial x^2} + g h \cos \alpha \frac{\partial h}{\partial x} - \frac{3}{2} \Delta x u \frac{\partial h}{\partial x} \frac{\partial u}{\partial x} + g k_c h \cos \alpha + \\
& + 2u \Delta t g \sin \alpha \frac{\partial h}{\partial x} + 2h \Delta t g \sin \alpha \frac{\partial u}{\partial x} + \frac{1}{6} \Delta x^2 g h \cos \alpha \frac{\partial^3 h}{\partial x^3} - 2u \Delta t g \cos \alpha \left(\frac{\partial h}{\partial x} \right)^2 - \\
& - 6 \Delta t k_g \operatorname{sign}(u) u^2 \frac{\partial u}{\partial x} + 3 \Delta t \Delta x k_g \operatorname{sign}(u) u \left(\frac{\partial u}{\partial x} \right)^2 - 2h \Delta t g \cos \alpha \frac{\partial h}{\partial x} \frac{\partial u}{\partial x} - \\
& - \frac{3}{2} \Delta t \Delta x g \sin \alpha \frac{\partial h}{\partial x} \frac{\partial u}{\partial x} - 2u \Delta t g k_c \cos \alpha \frac{\partial h}{\partial x} - 2h \Delta t g k_c \cos \alpha \frac{\partial u}{\partial x} + \\
(17) \quad & + \frac{3}{2} \Delta t \Delta x k_g \operatorname{sign}(u) u^2 \frac{\partial^2 u}{\partial x^2} + \frac{3}{2} g \Delta t \Delta x \cos \alpha \left(\frac{\partial h}{\partial x} \right)^2 \frac{\partial u}{\partial x} - 2h u g \Delta t \cos \alpha \frac{\partial^2 h}{\partial x^2} + \\
& + 2h u g \Delta t \cos \alpha \frac{d\alpha}{dx} - \frac{h g \Delta t \Delta x \sin \alpha}{2} \frac{\partial^2 u}{\partial x^2} - u g \Delta t \Delta x \sin \alpha \frac{\partial^2 h}{\partial x^2} + \frac{\Delta t \Delta x h g \cos \alpha}{2} \frac{\partial h}{\partial x} \frac{\partial^2 u}{\partial x^2} \\
& + \frac{5}{2} u g \Delta t \Delta x \cos \alpha \frac{\partial h}{\partial x} \frac{\partial^2 h}{\partial x^2} + h g \Delta t \Delta x \cos \alpha \frac{\partial u}{\partial x} \frac{\partial^2 h}{\partial x^2} - \frac{\Delta t}{2h^2} k_g \Delta x \cdot \operatorname{sign}(u) u^3 \left(\frac{\partial h}{\partial x} \right)^2 + \\
& + 2h u g \Delta t \sin \alpha \frac{\partial h}{\partial x} \frac{d\alpha}{dx} - \frac{3}{2} u g \Delta t \Delta x \cos \alpha \frac{\partial h}{\partial x} \frac{d\alpha}{dx} - h g \Delta t \Delta x \cos \alpha \frac{\partial u}{\partial x} \frac{d\alpha}{dx} + \\
& + \frac{\Delta t}{2h} k_g \Delta x \cdot \operatorname{sign}(u) u^3 \frac{\partial^2 h}{\partial x^2} + \frac{\Delta t \Delta x}{2} h g k_c \cos \alpha \frac{\partial^2 u}{\partial x^2} + \Delta t \Delta x u g k_c \frac{\partial^2 h}{\partial x^2} + \\
& + 2h u g \Delta t k_c \sin \alpha \frac{d\alpha}{dx} - \frac{3}{2} u g \Delta t \Delta x g \cos \alpha \left(\frac{\partial h}{\partial x} \right)^2 \frac{d\alpha}{dx} + \frac{1}{2} h u g \Delta t \Delta x g \cos \alpha \frac{\partial^3 h}{\partial x^3} + \\
& + \frac{3}{2} g k_c \Delta t \Delta x \cos \alpha \frac{\partial h}{\partial x} \frac{\partial u}{\partial x} + \frac{1}{2} h u \Delta t \Delta x \sin \alpha \left(\frac{d\alpha}{dx} \right)^2 - \frac{1}{2} h u g \Delta t \Delta x \cos \alpha \frac{d^2 \alpha}{\partial x^2} - \\
& - \frac{1}{2} h u g k_c \Delta t \Delta x \cos \alpha \left(\frac{d\alpha}{dx} \right)^2 - \frac{1}{2} h u g k_c \Delta t \Delta x \cos \alpha \frac{d^2 \alpha}{\partial x^2} - h g \Delta t \Delta x \sin \alpha \frac{d\alpha}{dx} \frac{\partial h}{\partial x} \frac{\partial u}{\partial x} - \\
& - \frac{3 u g k_c \Delta t \Delta x g \sin \alpha}{2} \frac{\partial h}{\partial x} \frac{d\alpha}{dx} - h g k_c \Delta t \Delta x \sin \alpha \frac{d\alpha}{dx} \frac{\partial u}{\partial x} + \frac{3 u^2 k_g \Delta t \Delta x g \operatorname{sign}(u)}{2h} \frac{\partial h}{\partial x} \frac{\partial u}{\partial x} \\
& - \frac{h u \Delta t \Delta x g \sin \alpha}{2} \frac{\partial h}{\partial x} \frac{\partial u}{\partial x} \frac{d^2 \alpha}{\partial x^2} - h u \Delta t \Delta x g \sin \alpha \frac{d\alpha}{dx} \frac{\partial^2 h}{\partial x^2} + O()
\end{aligned}$$

Далее, используя исходное дифференциальное уравнение неразрывности, получаем параболическую форму первого дифференциального приближения для уравнения

неразрывности при использовании формул первого порядка точности (13) для расчета потоков ΔS^n :

$$\begin{aligned} \frac{\partial h}{\partial t} + u \frac{\partial h}{\partial x} + h \frac{\partial u}{\partial x} + \frac{\partial^2 h}{\partial x^2} \cdot \left\{ \frac{\Delta x^2}{4} \frac{\partial u}{\partial x} - \frac{u^2 \Delta t}{2} - \frac{u \Delta x}{2} - \frac{3}{2} h \Delta t g \cos \alpha - \frac{\Delta t \Delta x}{2} g \sin \alpha + \right. \\ \left. + \Delta t \Delta x g \cos \alpha \frac{\partial h}{\partial x} + \frac{1}{2} \Delta t \Delta x g k_c \cos \alpha + \frac{\Delta t \Delta x}{2h} \right\} + O(0) \end{aligned} \quad (18)$$

Условием устойчивости разностной схемы для уравнения неразрывности является неотрицательность коэффициента при второй производной от глубины потока $h(x, t)$ в его параболической форме первого дифференциального приближения (18), т.е.:

$$\begin{aligned} A_{11} = \frac{\Delta x^2}{4} \frac{\partial u}{\partial x} - \frac{u^2 \Delta t}{2} - \frac{u \Delta x}{2} - \frac{3}{2} h \Delta t g \cos \alpha - \frac{\Delta t \Delta x}{2} g \sin \alpha + \Delta t \Delta x g \cos \alpha \frac{\partial h}{\partial x} + \\ \frac{1}{2} \Delta t \Delta x g k_c \cos \alpha + \frac{\Delta t \Delta x}{2h} \geq 0 \end{aligned} \quad (19)$$

Параболическая форма первого дифференциального приближения для уравнения импульса при использовании формул первого порядка точности (13) для расчета потоков ΔS^n выглядит так:

$$\begin{aligned} \frac{\partial h}{\partial x} u^2 + \frac{\partial h}{\partial t} u + \frac{\partial u}{\partial t} h + u \frac{\partial h}{\partial x} + h \frac{\partial u}{\partial x} + 2hu \frac{\partial u}{\partial x} - ghsin \alpha + k_g u^2 sign(u) + \\ + hgcos \alpha \frac{\partial h}{\partial x} + hgk_c cos \alpha + \frac{\partial^2 u}{\partial x^2} \cdot \left\{ -\frac{\Delta x}{2} hu + \frac{3\Delta x^2 u}{4} \frac{\partial h}{\partial x} + \frac{\Delta x^2 h}{2} \frac{\partial u}{\partial x} + \frac{3hu^2 \Delta t}{2} + \right. \\ \left. + \frac{\Delta t}{2} h^2 gcos \alpha + \frac{3}{2} k_g u^2 sign(u) \Delta t \Delta x - \frac{\Delta x \Delta t}{2} hgsin \alpha + \frac{\Delta x \Delta t}{2} hg \frac{\partial h}{\partial x} cos \alpha + \right. \\ \left. + \frac{\Delta x \Delta t}{2} k_c hgcos \alpha \right\} + O(0) \end{aligned} \quad (20)$$

Аналогично, условием устойчивости разностной схемы для уравнения импульса является не отрицательность коэффициента перед второй производной по пространству от скорости оползневого потока $u(x, t)$, содержащейся в параболической форме первого дифференциального приближения (20), т.е.

$$\begin{aligned} A_{22} = -\frac{\Delta x}{2} hu + \frac{3\Delta x^2 u}{4} \frac{\partial h}{\partial x} + \frac{\Delta x^2 h}{2} \frac{\partial u}{\partial x} + \frac{3hu^2 \Delta t}{2} + \frac{\Delta t}{2} h^2 gcos \alpha \\ + \frac{3}{2} k_g u^2 sign(u) \Delta t \Delta x - \frac{\Delta x \Delta t}{2} hgsin \alpha + \frac{\Delta x \Delta t}{2} hg \frac{\partial h}{\partial x} cos \alpha + \frac{\Delta x \Delta t}{2} k_c hgcos \alpha \geq 0 \end{aligned} \quad (21)$$

Гиперболическая форма первого дифференциального приближения для уравнения неразрывности при использовании формул второго порядка точности (14) для расчета потоков ΔS^n выглядит так:

$$\begin{aligned} \frac{\partial h}{\partial t} + u \frac{\partial h}{\partial x} + h \frac{\partial u}{\partial x} - \frac{\Delta x^2}{12} h \frac{\partial^3 u}{\partial x^3} + \frac{\Delta x^2}{12} u \frac{\partial^3 h}{\partial x^3} + \Delta t g sin \alpha \frac{\partial h}{\partial x} - \Delta t g cos \alpha \left(\frac{\partial h}{\partial x} \right)^2 - \\ - \Delta t g k_c cos \alpha \frac{\partial h}{\partial x} - 2 \Delta t k_g sign(u) \cdot u \frac{\partial u}{\partial x} - \Delta t g cos \alpha \cdot h \frac{\partial^2 h}{\partial x^2} + \Delta t g cos \alpha \cdot h \frac{d\alpha}{dx} + \\ + \Delta t g sin \alpha h \frac{d\alpha}{dx} \frac{\partial h}{\partial x} + \Delta t g k_c sin \alpha \cdot h \frac{d\alpha}{dx} + O(0) \end{aligned} \quad (22)$$

Далее, получаем гиперболическую форму первого дифференциального приближения для уравнения импульса при использовании формул второго порядка точности (14) для расчета потоков ΔS^n :

$$\begin{aligned} \frac{\partial h}{\partial x} u^2 + u \frac{\partial h}{\partial t} + h \frac{\partial u}{\partial t} + u \frac{\partial h}{\partial x} + h \frac{\partial u}{\partial x} + 2hu \frac{\partial u}{\partial x} - ghsin \alpha + k_g sign(u) u^2 + \\ + ghcos \alpha \frac{\partial h}{\partial x} + gk_c hcos \alpha - \frac{u^2 \Delta x^2}{12} \frac{\partial^3 h}{\partial x^3} - \frac{h \Delta x}{2} \left(\frac{\partial u}{\partial x} \right)^2 + \frac{\Delta x^2}{4} \frac{\partial h}{\partial x} \left(\frac{\partial u}{\partial x} \right)^2 + \\ + \frac{\Delta x^2}{12} hu \frac{\partial^3 u}{\partial x^3} - \frac{\Delta x}{2} hu \frac{\partial^2 u}{\partial x^2} + \frac{1}{4} \Delta x^2 u \frac{\partial h}{\partial x} \frac{\partial^2 u}{\partial x^2} + \frac{1}{4} \Delta x^2 h \frac{\partial u}{\partial x} \frac{\partial^2 u}{\partial x^2} - \frac{1}{2} \Delta x u \frac{\partial h}{\partial x} \frac{\partial u}{\partial x} + \\ + 2u \Delta t g sin \alpha \frac{\partial h}{\partial x} + 2h \Delta t g sin \alpha \frac{\partial u}{\partial x} + \frac{1}{6} \Delta x^2 ghcos \alpha \frac{\partial^3 h}{\partial x^3} - 2u \Delta t g cos \alpha \left(\frac{\partial h}{\partial x} \right)^2 - \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
& -6\Delta t k_g \text{sign}(u) u^2 \frac{\partial u}{\partial x} + 3\Delta t \Delta x k_g \text{sign}(u) u \left(\frac{\partial u}{\partial x} \right)^2 - 2h \Delta t g \cos \alpha \frac{\partial h}{\partial x} \frac{\partial u}{\partial x} - \\
& - \frac{1}{2} \Delta t \Delta x g \sin \alpha \frac{\partial h}{\partial x} \frac{\partial u}{\partial x} - 2u \Delta t g k_c \cos \alpha \frac{\partial h}{\partial x} - 2h \Delta t g k_c \cos \alpha \frac{\partial u}{\partial x} + \\
& + \frac{3}{2} \Delta t \Delta x k_g \text{sign}(u) u^2 \frac{\partial^2 u}{\partial x^2} + \frac{1}{2} \Delta t \Delta x \cos \alpha \left(\frac{\partial h}{\partial x} \right)^2 \frac{\partial u}{\partial x} - 2h u g \Delta t \cos \alpha \frac{\partial^2 h}{\partial x^2} + \\
& + 2h u g \Delta t \cos \alpha \frac{\partial \alpha}{\partial x} - \frac{h g \Delta t \Delta x g \sin \alpha}{2} \frac{\partial^2 u}{\partial x^2} + \frac{\Delta t \Delta x h g \cos \alpha}{2} \frac{\partial h}{\partial x} \frac{\partial^2 u}{\partial x^2} + \\
& + \frac{1}{2} u g \Delta t \Delta x \cos \alpha \frac{\partial h}{\partial x} \frac{\partial^2 h}{\partial x^2} + h g \Delta t \Delta x \cos \alpha \frac{\partial u}{\partial x} \frac{\partial^2 h}{\partial x^2} + \frac{\Delta t}{2h^2} k_g \Delta x \cdot \text{sign}(u) u^3 \left(\frac{\partial h}{\partial x} \right)^2 + \\
& + 2h u g \Delta t s \in \alpha \frac{\partial h}{\partial x} \frac{d\alpha}{dx} - \frac{1}{2} u g \Delta t \Delta x \cos \alpha \frac{\partial h}{\partial x} \frac{d\alpha}{dx} - h g \Delta t \Delta x \cos \alpha \frac{\partial u}{\partial x} \frac{d\alpha}{dx} - \\
& - \frac{\Delta t}{2h} k_g \Delta x \cdot \text{sign}(u) u^3 \frac{\partial^2 h}{\partial x^2} + \frac{\Delta t \Delta x}{2} h g k_c \cos \alpha \frac{\partial^2 u}{\partial x^2} + 2h u g \Delta t k_c \sin \alpha \frac{d\alpha}{dx} - \\
& - \frac{1}{2} u g \Delta t \Delta x g \sin \alpha \left(\frac{\partial h}{\partial x} \right)^2 \frac{d\alpha}{dx} + \frac{1}{2} h u g \Delta t \Delta x g \cos \alpha \frac{\partial^3 h}{\partial x^3} + \frac{1}{2} g k_c \Delta t \Delta x \cos \alpha \frac{\partial h}{\partial x} \frac{\partial u}{\partial x} + \\
& + \frac{1}{2} h u \Delta t \Delta x \sin \alpha \left(\frac{d\alpha}{dx} \right)^2 - \frac{1}{2} h u g \Delta t \Delta x \cos \alpha \frac{d^2 \alpha}{\partial x^2} - \frac{1}{2} h u g k_c \Delta t \Delta x \cos \alpha \left(\frac{d\alpha}{dx} \right)^2 - \\
& - \frac{1}{2} h u g k_c \Delta t \Delta x \sin \alpha \frac{d^2 \alpha}{\partial x^2} - h g \Delta t \Delta x \sin \alpha \frac{d\alpha}{dx} \frac{\partial h}{\partial x} \frac{\partial u}{\partial x} - \frac{u g k_c \Delta t \Delta x g \sin \alpha}{2} \frac{\partial h}{\partial x} \frac{d\alpha}{dx} - \\
& - h g k_c \Delta t \Delta x \sin \alpha \frac{d\alpha}{dx} \frac{\partial u}{\partial x} - \frac{h u \Delta t \Delta x g \cos \alpha}{2} \frac{\partial h}{\partial x} \left(\frac{d\alpha}{dx} \right)^2 - \frac{3u^2 k_g \Delta t \Delta x g \text{sign}(u)}{2h} \frac{\partial h}{\partial x} \frac{\partial u}{\partial x} \\
& - \frac{h u \Delta t \Delta x g \sin \alpha}{2} \frac{\partial h}{\partial x} \frac{d^2 \alpha}{\partial x^2} - h u \Delta t \Delta x g \sin \alpha \frac{d\alpha}{dx} \frac{\partial^2 h}{\partial x^2} + O()
\end{aligned} \tag{23}$$

Из гиперболической формы первого дифференциального приближения для уравнения неразрывности при использовании формул второго порядка точности (14) для расчета потоков ΔS^n выводим соответствующую параболическую форму первого дифференциального приближения:

$$\begin{aligned}
& \frac{\partial h}{\partial t} + u \frac{\partial h}{\partial x} + h \frac{\partial u}{\partial x} + \frac{\partial^2 h}{\partial x^2} \left\{ -\frac{u^2 \Delta t}{2} - \frac{3}{2} h \Delta t g \cos \alpha - \frac{\Delta t^2}{6} g u \sin \alpha + \frac{\Delta t^2}{2} g u \cos \alpha \frac{\partial h}{\partial x} + \right. \\
& \left. + \frac{\Delta t^2}{6} g k_c u \cos \alpha - \frac{\Delta t}{4} \Delta x^2 g h \cos \alpha \left(\frac{\partial h}{\partial x} \right)^2 - \frac{\Delta t}{4} \Delta x^2 g h \sin \alpha \frac{d^2 \alpha}{\partial x^2} - \right. \\
& \left. - \frac{\Delta t^2}{3} g k_g \text{sign}(u) \cos \alpha - \frac{\Delta t^2}{2} g h \sin \alpha \frac{d\alpha}{dx} - \frac{\Delta t}{2h} k_g \text{sign}(u) \Delta x^2 u \frac{\partial u}{\partial x} + \right. \\
& \left. + \frac{\Delta t}{2h^2} k_g \text{sign}(u) \Delta x^2 u^2 \frac{\partial h}{\partial x} + O(\Delta t^3, \Delta x^3) \right)
\end{aligned} \tag{24}$$

Аналогично, параболическая форма первого дифференциального приближения для уравнения импульса при использовании формул второго порядка точности (14) для расчета потоков ΔS^n выглядит так:

$$\begin{aligned}
& \frac{\partial h}{\partial x} u^2 + \frac{\partial h}{\partial t} u + \frac{\partial u}{\partial t} h + u \frac{\partial h}{\partial x} + h \frac{\partial u}{\partial x} + 2h u \frac{\partial u}{\partial x} - g h \sin \alpha + k_g u^2 \text{sign}(u) + \\
& + h g \cos \alpha \frac{\partial h}{\partial x} + h g k_c \cos \alpha + \frac{\partial^2 u}{\partial x^2} \cdot \left\{ -\frac{\Delta x}{2} h u + \frac{\Delta x^2 u}{4} \frac{\partial h}{\partial x} + \frac{\Delta x^2}{4} h \frac{\partial u}{\partial x} + \frac{3h u^2 \Delta t}{2} + \right. \\
& \left. + \frac{\Delta t}{2} h^2 g \cos \alpha + \frac{3}{2} k_g u^2 \text{sign}(u) \Delta t \Delta x - \frac{\Delta x \Delta t}{2} h \sin \alpha + \frac{\Delta x \Delta t}{2} h g \frac{\partial h}{\partial x} \cos \alpha + \right. \\
& \left. + \frac{\Delta x \Delta t}{2} k_c h g \cos \alpha \right\} + O(\Delta x^2, \Delta t^2)
\end{aligned} \tag{25}$$

В заключение отметим, что аналогично условиям (19) и (21), соответствующими условиями устойчивости разностных схем метода крупных частиц для аппроксимации дифференциальных уравнений неразрывности и импульса является требование не отрицательности коэффициентов при вторых производных по пространству для функции

глубины потока в параболической форме (24), а также функции скорости оползневого потока в параболической форме (25). Полученные параболические формы первых дифференциальных приближений уравнений неразрывности и импульса позволяют провести устойчивый счет при проведении вычислительного эксперимента.

Список литературы

1. Зеркаль, С.В. Моделирование движения потоков различной природы по наклонной поверхности методом частиц [Текст] / С.В. Зеркаль, Е.В. Захаров, С.В. Богомолов // Вестник Харьковского Национального университета. Серия «Математическое моделирование. Информационные технологии. Автоматизированные системы управления», 2003, №590, с. 114-123.
2. Белоцерковский, О. М. Метод крупных частиц в газовой динамике. Вычислительный эксперимент [Текст] / О. М. Белоцерковский, Ю. М. Давыдов. - М.: Наука, 1982. - 392 с.
3. Чечейбаев, Б. Аналитическое исследование и численное решение методом Давыдова некоторых задач механики одно- и двухфазных сред [Текст] / Б. Чечейбаев // Дисс. на соиск. уч. степ. доктора физ.-матем. наук. – Бишкек: КНУ им Ж. Баласагына, 2013. - 282 с.
4. Бийбосунов, Б.И. Математические модели и вычислительные методы гидродинамики в прикладных задачах [Текст] / Б.И. Бийбосунов. – Б.: 2020. – 144 с.
5. Бийбосунов, Б.И. Математическое моделирование и информационные технологии, и системы в прикладных задачах [Текст] / Б.И. Бийбосунов // Дисс. в виде научного доклада на соиск. уч. степ. доктора технических наук. – Бишкек: КГУ им. И. Арабаева, 2021. - 45 с.
6. Чечейбаев, А.Б. Алгоритм метода крупных частиц для моделирования селевых и оползневых потоков на основе теории мелкой воды [Текст] / А.Б. Чечейбаев // Современные проблемы механики сплошных сред. Выпуск шестой. Гидрогазодинамика и экзогенно-геологические процессы природы. – Бишкек, Комитет по теоретической и прикладной механике КР, Институт физики и механики горных пород НАН КР, 2007. – С. 102- 110.
7. Яненко, Н.Н. О первом дифференциальном приближении разностных схем для гиперболических систем уравнений [Текст] / Н.Н. Яненко, Ю.И. Шокин // Сиб. матем. ж., 1969, 10, N5, с. 1173-1187.
8. Блинков, Ю.А. О дифференциальных приближениях разностных схем [Текст] / Ю.А. Блинков, М.Д. Малых, Л.А. Севастьянов // Известия Саратовского ун-та. Новая серия. Серия: Математика. Механика. Информатика. 2021, Т. 21, вып 4., с. 472-488.
9. Dhaouadi F., Duval E., Tkachenko S., Vila J-P. Stability theory for some scalar finite difference schemes: Validity of Modified Equations Approach. // ESAIM: Proceedings and Surveys, May 2021, Vol. 70, p. 124-136.
10. Alotaibi, M. Stability Analysis and Finite Difference Approximations for a Damped Wave Equation with Distributed Delay. Mathematics 2025, 13, 2714. <https://doi.org/10.3390/math13172714>.
11. Чиркунов, Ю.А. Точные решения нелинейных уравнений мелкой воды над прямолинейным дном [Текст] / Ю.А. Чиркунов, Е.О. Пикмуллина // Наука. Инновации. Технологии. 2017. №2, с. 73-86.
12. Потапов, И.И. О решении одной задачи мелкой воды методом центральных разностей и коррекцией FCT [Текст] / И.И. Потапов, П.С. Тимош // Труды ИСП РАН, том 34, вып. 5, 2022 г., с 243-249.
13. Benoit, A. Stability of finite difference schemes approximation for hyperbolic boundary value problems in an interval. // Mathematics of Computation, 2022, 91, ff10.1090/mcom/3698ff. ffhal-02887577.

О.В. Никольская¹, З.А. Асильова², А.Т. Мокешова¹

¹КР УИАнын Машина таануу, автоматика жана геомеханика институту,
Бишкек, Кыргыз Республикасы

²Жалал-Абад эл аралык университети, Жалал-Абад, Кыргыз Республикасы

¹Институт машиноведения, автоматики и геомеханики НАН КР,
Бишкек, Кыргыз Республика

²Жалал-Абадский международный университет, Джалал-Абад, Кыргызская Республика

O.V. Nikolskaya¹, Z.A. Asilova², A.T. Mokeshova¹

¹Institute of Machine Science, Automation and Geomechanics of the National Academy of Sciences
of the Kyrgyz Republic, Bishkek, Kyrgyz Republic

²Jalal-Abad International University, Jalal-Abad, Kyrgyz Republic

ВЛИЯНИЕ УГЛА СКЛОНА НА ЛИНЕЙНЫЕ РАЗМЕРЫ СМЕЩЕНИЙ ПРИБОРТОВОГО МАССИВА В РАЗЛИЧНЫХ ЗОНАХ

**ЖАНТАЮУ БУРЧУНУН АР КЫЛ ЗОНАДА АЧЫК КАРЬЕР КЫРЫНДАГЫ
МАССИВДИН ЖЫЛЫШУУЛАРЫНЫН СЫЗЫКТУУ ӨЛЧӨМДӨРҮНӨ
ТААСИРИ**

INFLUENCE OF SLOPE ANGLE ON LINEAR DIMENSIONS OF INSTRUMENT ARRAY DISPLACEMENTS IN VARIOUS ZONES

Бул макалада энкейиши бурчунун карьер жээгиндеги массивдеги сзыктуюу жылыштардын бөлүштүрүлүшүнө тийгизген таасири каралат. Талдоо үчүн соңку элементтер ыкмасы колдонулуп, сандык эсептөвлөр жүргүзүлгөн жана тоо тектеринин массивиндеги горизонталдык жана вертикальдык жылыштардын мунөзү эңкейиши бурчу өзгөргөндө кандай өзгөрөрү аныкталган. Карьер жээгиндеги массивдин ар кандай зоналарында, анын ичинде чектик абал, калдык бекемдик, чектен мурунку жана табигый абал зоналарында жылыштардын бөлүштүрүлүшү курулган. Аныкталгандай, эңкейиши бурчу чоңойгон сайын, массивдеги чыңалуулар жана жылыштар тереңдикке карай кайра бөлүштүрүлөт, бул анын туруктуулугуна олуттуу таасир этет. Алынган натыйжалар карьер жээктеринин туруктуулугун так баалоого, деформациялардын өнүгүүсүн прогноз кылууга, ошондой эле ачык казуу ыкмасы менен шитепилген тоо кендеринде авариялык геомеханикалык процесстерди алдын алуу үчүн профилактикалык чараларды шитең чыгууга мүмкүндүк берет.

Түйүндүү сөздөр: четки массив, сзыктуюу жылыштар, жантайыңкы бурч, сандык моделдөө.

В работе рассмотрено влияние угла наклона склона на распределение линейных смещений в прибортовом массиве. Для анализа использован метод конечных элементов, позволивший выполнить численные расчёты и определить характер изменения горизонтальных и вертикальных смещений массива горных пород при варьировании крутизны склона. Построены распределения смещений в различных зонах прибортового массива, включая зону запредельного состояния, остаточной прочности, допредельного и естественного состояния. Установлено, что увеличение угла наклона склона приводит к перераспределению напряжений и смещений вглубь массива, что оказывает значительное влияние на его устойчивость. Полученные результаты позволяют более обоснованно оценивать устойчивость бортов карьера, прогнозировать развитие деформаций, а также разрабатывать превентивные мероприятия по предупреждению аварийных

геомеханических процессов в условиях эксплуатации нагорных месторождений открытым способом.

Ключевые слова: прибортовый массив, линейные смещения, угол наклона склона, численное моделирование.

The paper considers the influence of the slope angle on the distribution of linear displacements in the instrument array. The finite element method was used for the analysis, which made it possible to perform numerical calculations and determine the nature of changes in the horizontal and vertical displacements of the rock mass with varying slope steepness. Displacement distributions are plotted in various zones of the instrument array, including the zone of the outermost state, residual strength, pre-limit and natural state. It has been established that an increase in the slope angle leads to a redistribution of stresses and displacements deep into the massif, which has a significant impact on its stability. The results obtained make it possible to more reasonably assess the stability of the sides of the quarry, predict the development of deformations, and develop preventive measures to prevent emergency geomechanical processes in the conditions of open-pit mining.

Key words: instrument array, linear displacements, slope angle, numerical modeling.

Введение. Освоение нагорных месторождений открытым способом сопровождается необходимостью формирования устойчивых откосов карьеров в сложных геомеханических условиях. Одним из основных параметров, определяющих напряженно-деформированное состояние (НДС) приборового массива, является угол наклона склона. Изменение крутизны склона непосредственно влияет на распределение напряжений и деформаций, а также на характер развития смещений в массиве горных пород.

Современные методы численного моделирования позволяют провести комплексный анализ влияния геометрических параметров склона на формирование зон деформаций и предельных смещений.

В работах [1,2,3], авторы с помощью компьютерных программ исследовали влияние геометрических параметров на коэффициент устойчивости, а также проводили численное моделирование склонов с определением влияния параметров склона на напряженно-деформированное состояние, но изучению поведения горизонтальных и вертикальных смещений с увеличением угла наклона склона не уделялось должного внимания.

Целью данной работы является исследование влияния угла склона на линейные размеры смещений в приборовом массиве горных пород с учётом его зонального распределения. Задачами исследования являются: построение геомеханических моделей для различных углов наклона склона, анализ распределения смещений по глубине массива и выделение закономерностей распределения горизонтальных и вертикальных смещений.

Методика исследований.

Для оценки влияния угла наклона откоса на линейные размеры смещений в приборовом массиве была применена методика численного моделирования напряженно-деформированного состояния горных пород с использованием программы Phase2 (Rocscience Inc.) на основе метода конечных элементов. Моделирование проводилось в плоской постановке с допущением плоской деформации.

Геометрические параметры модели.

Модель включала склон он же приборовый массив, и основание. Высота склона принималась постоянной и составила $H=500$ м, при этом угол наклона склона α варьировался от 20° до 35° с шагом 5° . Длина модели в горизонтальном направлении составила $L=1100$ метров. Расчетная модели склона приведена на рис 1.

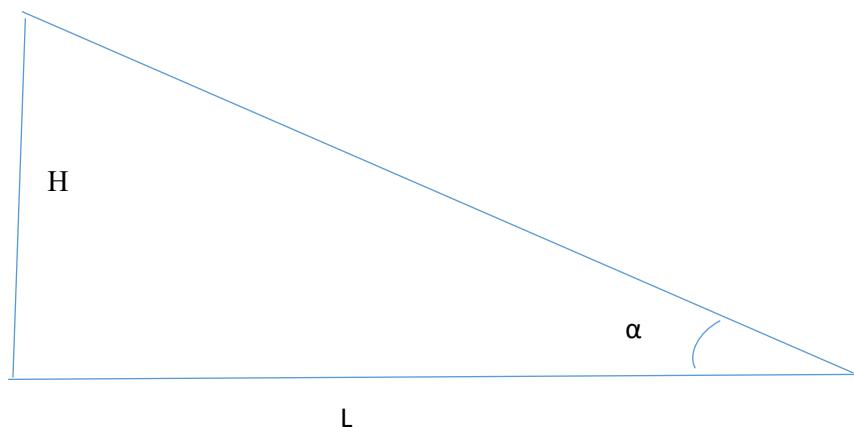


Рисунок 1 - Расчетная модель для численного моделирования смещений склона

Физико-механические свойства

Для моделирования использовались усреднённые значения физических и механических характеристик мраморированных известняков.

Таблица 1 - Расчетные свойства горных пород

Горная порода	Удельный вес склона, $\gamma(MN/m^3)$	Угол внутреннего трения, (град)	Прочность на растяжение, МПа	Сцепление, Mпа	Модуль Юнга, МПа
Мраморизованный известняк	0,026	31	3	3,57	500

Границные условия.

Нагрузки задавались в виде собственного веса массива. Нижняя граница модели фиксировалась по вертикали и горизонтали что обеспечивало распределение напряжений и свободное развитие деформаций в вертикальном направлении.

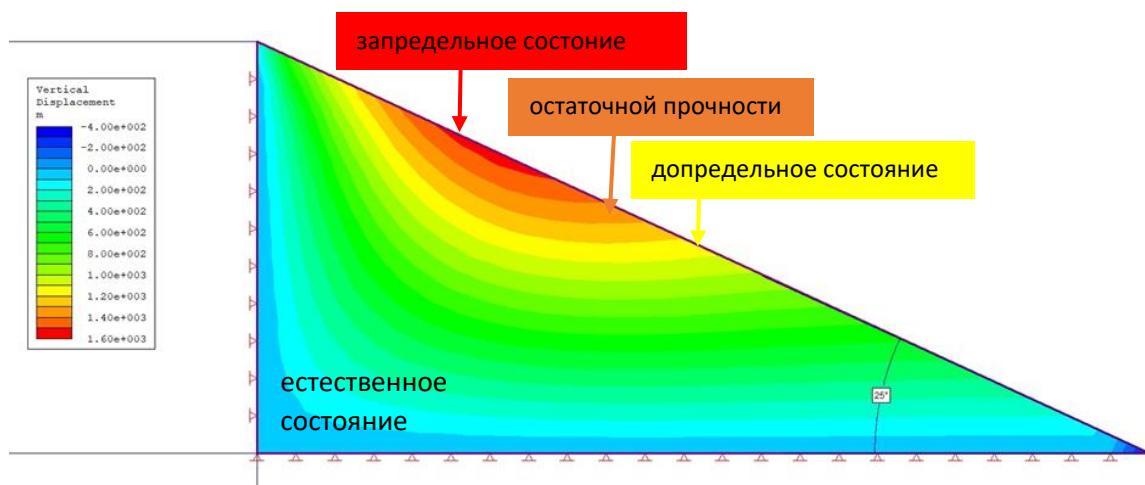


Рисунок 2 - Распределение зон смещений приборового массива горных пород

Результаты исследований.

Проведен численный анализ распределения горизонтальных и вертикальных смещений склона, с целью определения оценки влияния угла наклона склона на

распределение смещений по зонам. Результаты моделирования приведены на рисунках 3, 4, 5.

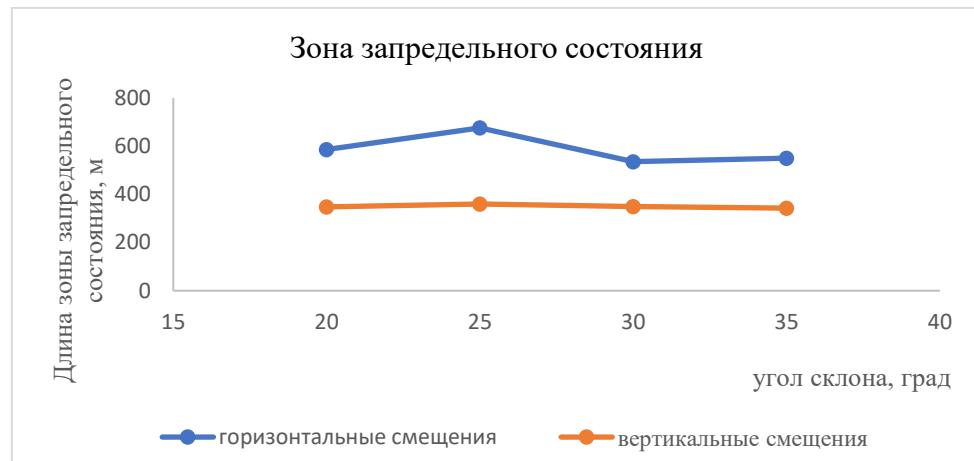


Рисунок 3 - Зависимость зоны запредельного состояния от угла склона

В результате моделирования горизонтальных и вертикальных смещений (рис.3.) выявлено, что при увеличении угла откоса с 20° до 25° наблюдается рост **горизонтальных смещений** с ~ 580 до ~ 670 условных единиц, что указывает на увеличение значений горизонтальных смещений. При дальнейшем увеличении угла до 30° и 35° происходит снижение до прежних уровней (~ 550 – 560), что может быть связано с перераспределением напряжений и частичной разгрузкой массива.

Вертикальные смещения характеризуют более стабильный характер, изменяясь в пределах 340–370 условных единиц. Это говорит о том, что вертикальные деформации менее чувствительны к увеличению крутизны откоса в условиях запредельного состояния массива.

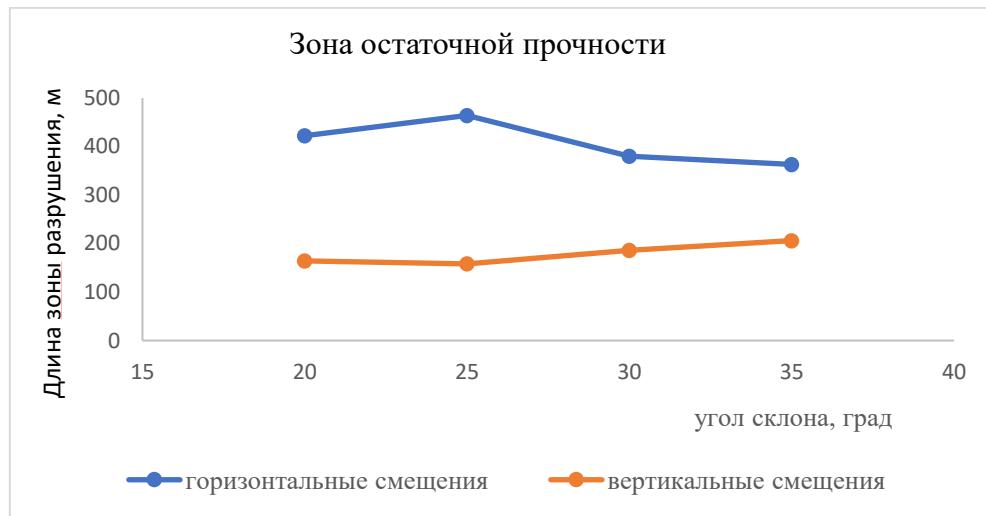


Рисунок 4 - Зависимость зоны остаточной прочности от угла склона

В результате моделирования горизонтальных и вертикальных смещений (рис.4.) выявлено, что в зоне остаточной прочности горизонтальные смещения достигают максимума при угле 25° (~ 470 усл. ед.), после чего снижаются до ~ 350 при угле 35° , что указывает на возможное перераспределение остаточных напряжений и частичную стабилизацию массива.

Вертикальные смещения характеризуют тенденцию к увеличению при росте угла наклона, достигая максимума при 35° , что может быть следствием ослабления несущей способности массива.

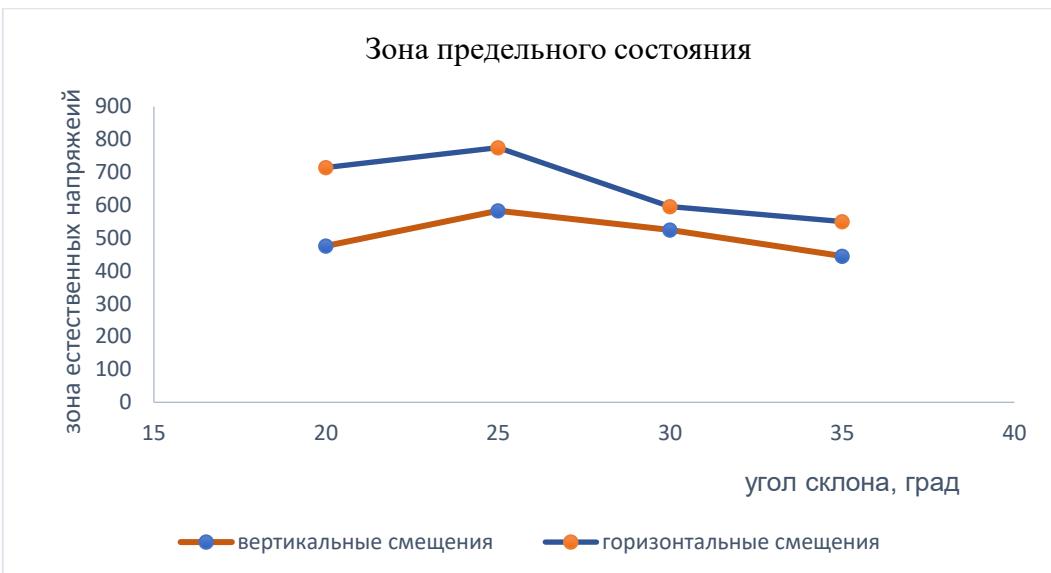


Рисунок 5 - Зависимость зоны естественных напряжений от угла откоса

В результате моделирования горизонтальных и вертикальных смещений (рис.5.) выявлено, что в зоне предельного состояния вертикальные и горизонтальные смещения имеют сходную траекторию изменения, с максимумом при угле 25° (вертикальные ~580, горизонтальные ~790 усл. ед.). После 25° наблюдается плавное снижение обоих компонентов, что может быть связано с нарушением равновесия массива.

На графике видно, что вертикальные перемещения на начальных стадиях (20° – 25°) ниже горизонтальных, однако их прирост пропорционально выше.

Выводы:

1. Выявлено, что в распределении горизонтальных и вертикальных смещений в зоне запредельного состояния, основную роль в формировании смещений играют горизонтальные компоненты, связанные с развитием пластических течений вблизи предела прочности. Угол 25° является критическим по величине смещений.

2. Установлено, что в зоне остаточной прочности горизонтальные смещения имеют более выраженную зависимость от геометрии откоса, тогда как вертикальные смещения нарастают с увеличением угла, отражая прогрессирующее разрушение структуры массива.

3. Оценено, что в предельной зоне наиболее выражено взаимное влияние вертикальных и горизонтальных деформаций. Угол 25° соответствует пику напряжённого состояния, после чего вероятен сдвиг к остаточной прочности и перераспределение напряжений.

Список литературы

1. Griffiths, D.V., Lane P.A. Slope stability analysis by finite elements / Geotechnique. 1999. Vol. 49, No. 3. P. 387–403.
2. Cheng, Y.M., Lau C.K. Slope Stability Analysis and Stabilization: New Methods and Insight. CRC Press, 2008. — 340 p.
3. Zhong, S., Zhang H., et al. Stability evaluation of slope in open-pit mine under rainfall and seismic coupling / Int. J. of Mining Science and Technology. 2023.
4. Shiferaw, D., Measho Y. Numerical slope stability analysis using FEM in PLAXIS // Beni-Suef Univ. Journal of Basic and Applied Sciences. 2021.
5. Бабелло, В.А. Оценка состояния горного массива на основе анализа горногеологической обстановки и моделирования его напряжённости [Текст] / В.А. Бабелло, А.В.

Бейдин, В.А. Освейчук, С.В.Смолич // Горный информационно-аналитический бюллетень. Mining Informational and Analytical Bulletin, - 2019. (12), 41-54.

6. Джакупбеков, Б.Т. Численное моделирование устойчивости отвалов вскрышных пород при освоении нагорных месторождений [Текст] / Б.Т. Джакупбеков, З.А. Асильова, О.В. Никольская // Фундаментальные и прикладные вопросы горных наук. - 2023. -Т. 10. -№ 1. -С. 30-36.

7. Джакупбеков, Б.Т. Трехмерное моделирование отвалов вскрышных пород при освоении нагорных месторождений [Текст] / Б.Т. Джакупбеков, З.А. Асильова // Известия ВУЗов Кыргызстана. 2023. № 3. С. 16-20.

ТЕХНОЛОГИЯ ПРОДУКТОВ ПИТАНИЯ

УДК 637.5.03:637.521.2

DOI:10.56634/16948335.2025.4.1112-1118

А. Т. Барылбекова, А. Дж. Джамакеева

И. Рazzakov атындағы КМТУ, Бишкек, Кыргыз Республикасы
КГТУ им. И. Рazzакова, Бишкек, Кыргызская Республика

A. T. Barylbekova, A. Dzh. Dzhamakeeva

I. Razzakov KSTU, Bishkek, Kyrgyz Republic
abarylbekova@kstu.kg, anara-5.65@mail.ru

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИИ СТЕЙКА ИЗ БАРАНИНЫ НА ОСНОВЕ КОМПЛЕКСНОГО ИССЛЕДОВАНИЯ СОСТАВА СЫРЬЯ И ГОТОВЫХ ИЗДЕЛИЙ

ЧИЙКИ ЗАТТЫН ЖАНА ДАЯР АЗЫКТАРДЫН КУРАМЫН КОМПЛЕКСТУУ ИЗИЛДӨӨНҮН НЕГИЗИНДЕ КОЙ ЭТИНЕН ДАЯРДАЛГАН СТЕЙКТИН ТЕХНОЛОГИЯСЫН ЖАКШЫРТУУ

IMPROVEMENT OF LAMB STEAK TECHNOLOGY BASED ON A COMPREHENSIVE STUDY OF THE COMPOSITION OF RAW MATERIALS AND FINISHED PRODUCTS

Макалада негизинде ферментти жана сафлор майын колдонуу менен вакуум таңгакка таңгакталып нымдуу тыныктырып жетилтүү ыкмасы колдонулган кой этинен даярдалган стейкти өндүрүү технологиясы берилген. Негизги чийки зат катары өлкөдө маанилүү жсан жеткиликтүү эт чийки заттынын булагы болгон кой эти алынган. Кой этинин химиялык, аминокислоттук, майкислоттук жана минералдык курамынын, эттин тыныгып жетилүүдөгү негизги функционалдык-технологиялык көрсөткүчтөрүнүн жана даяр азыктын сапаттык көрсөткүчтөрүнүн жыйынтыктары берилген. Чийки затты сыноо Кыргыз Республикасынын экономика министирлигинин сыноо, сертификаттоо жана метрология борборунун «Айыл чарба жана тамак аш азыктарын текшерүү» лабораториясында жүргүзүлдү. Бул изилдөө Азык-түлүк жана айыл чарба тармагындағы кызметташуу боюнча Азия демилгесинин (AFACI) колдоосу менен ишке ашырылган.

Түйүндүү сөздөр: кой этинен стейк, эттин тыныгып жетилүүсү, сафлор майы, химиялык, аминокислоттук, майкислоттук жана минералдык курам, даяр азыктын сапаттык көрсөткүчтөрү.

В статье представлена технология производства стейка из баранины, в основе которой использован метод влажной выдержки в вакуумной упаковке с использованием фермента и сафлорового масла. В качестве основного сырья была выбрана баранина, которая является одним из основных и традиционных источников мясного сырья в Кыргызской Республике. Даны результаты исследования химического, аминокислотного, жирнокислотного и минерального состава основного сырья, основных функционально-технологических показателей мяса при созревании и качественных показателей готового продукта. Исследования основного исходного сырья проводились в Испытательной лаборатории пищевой и сельскохозяйственной продукции ЦСМ при Министерстве Экономики Кыргызской Республики при финансовой поддержке проекта AFACI (The Asian Food and Agriculture Cooperation Initiative-Азиатская инициатива по сотрудничеству в области продовольствия и сельского хозяйства).

Ключевые слова: стейк из баранины, созревание мяса, сафлоровое масло, химический, аминокислотный, жирнокислотный и минеральный состав, качественные показатели готового продукта.

The article presents the technology of lamb steak production, which is based on the method of wet aging in vacuum packaging using an enzyme and safflower oil. Mutton was chosen as the main raw material, which is one of the main and traditional sources of meat raw materials in the Kyrgyz Republic. The results of the study of the chemical, amino acid, fatty acid and mineral composition of the main raw materials, the main functional and technological parameters of meat during maturation and the qualitative parameters of the finished product are given. The research of the main raw materials was carried out at the Testing Laboratory of Food and Agricultural Products of the CSM under the Ministry of Economy of the Kyrgyz Republic with the financial support of the AFACI project (The Asian Food and Agriculture Cooperation Initiative)

Key words: lamb steak, meat maturation, safflower oil, chemical, amino acid, fatty acid and mineral composition, qualitative indicators of the finished product.

Современная мясная промышленность активно внедряет инновационные технологии, направленные на повышение качества мясных продуктов и оптимизацию производственных процессов. Производство стейков из баранины также не остаётся в стороне от этих тенденций. Сегодня новые технологические решения позволяют улучшить вкус, текстуру, безопасность и экологичность продукта.

Мясные деликатесы – это продукты премиального качества, отличающиеся особым вкусом, ароматом и структурой. Традиционные мясные деликатесы, относящиеся к этнической кухне, сохраняют высокую значимость в современном обществе. Они не только являются частью кулинарного наследия различных народов, но и представляют собой важный экономический и социокультурный ресурс. В последние годы усиливается интерес к традиционным способам приготовления пищи. Это создаёт необходимость в изучении и разработке новых технологий в производстве мясных продуктов, соответствующих этническим гастрономическим традициям.

Потребление баранины в Кыргызстане является одним из самых высоких в мире, так как это традиционное и популярное мясо для большинства населения страны. Благодаря широкому распространению овцеводства в республике, баранина доступна и широко используется в качестве основного источника мяса. Она обладает высоким содержанием белка, железа, витаминов группы В, а также является источником цинка и селена [2].

Баранина считается «чистым» и экологически безопасным, так как рацион овец состоит из травы, сена и зерна и в основном применяется способ свободного выгула на пастбищах. Баранина является неотъемлемой частью кыргызской кухни, ее потребляют в большем количестве в виде отварного мяса-устуканов, плова, шашлыка и других блюд. Стейк сегодня является одним из наиболее популярным и востребованным мясным продуктом в Кыргызской Республике. Такая популярность обусловлена как влиянием западной гастрономической культуры, так и ростом туристической отрасли, а также активным развитием ресторанных бизнесов внутри страны. Таким образом, исследования в области разработки и совершенствования технологии деликатесов из баранины актуальна не только с точки зрения сохранения культурного наследия, но и с точки зрения обогащения ассортимента из такого биологически полноценного и доступного сырья, а также инновационных подходов к производству мясных продуктов.

Целью данной работы является совершенствование технологии стейка из баранины на основе комплексного исследования состава основного сырья и готовых продуктов. Состав основного сырья играет ключевую роль, оказывая влияние на качество и пищевую ценность готовых мясных изделий.

Исходя из поставленных задач, на начальном этапе были исследованы химический, аминокислотный, жирнокислотный и минеральный состав баранины, полученной от животных, выращенных на высокогорных пастбищах Иссык-Кульской области Кыргызской Республики. Полученные данные исследования баранины представлены в табл. 1, 2 и 3 [1].

Для исследования химического состава сырья были использованы стандартные методики. Для исследования аминокислотного и жирнокислотного состава были использованы методы высокоэффективной жидкостной и газовой хроматографии [3-9].

Таблица 1 - Химический состав мышечной части баранины, полученной от животных, выращенных на пастбищах Иссык-Кульской области Кыргызской Республики

Массовая доля влаги, %	Массовая доля белка, %	Массовая доля жира, %	Зольность, %
69,87±0,76	21,92±0,57	7,25±0,44	0,96±0,02

Анализ результатов показывают, что баранина отличается высоким содержанием массовой доли белка (табл. 1), что в сравнении справочными данными (15,6 %) превышает на 6,32 % [10].

Таблица 2 - Аминокислотный и жирнокислотный состав мышечной части баранины, полученной от животных, выращенных на пастбищах Иссык-Кульской области Кыргызской Республики

№	Наименование показателей, единицы измерений	Аминокислотный состав, мг/100 г	Жирнокислотный состав, %
			Насыщенные жирные кислоты (НЖК), % - 52,421±2,621
1	Аспарагиновая кислота	1450,16±145,01	C12:0 лауриновая 0,059±0,003
2	Глутаминовая кислота	2160,37±216,03	C14:0 миристиновая 1,957±0,098
			C15:0 пентадекановая 0,673±0,034
3	Серин	593,92±59,39	C16:0 пальмитиновая 23,498±1,175
			C17:0 маргариновая 1,844±0,092
4	Гистидин	392,20±39,22	C18:0 стеариновая 23,767±1,188
5	Глицин	824,42±82,44	C20:0 арахиновая 0,132±0,007
6	Треонин	657,59±65,75	C21:0 генейкозановая 0,120±0,006
			C22:0 бегеновая 0,061±0,003
7	Аргинин	856,26±85,62	C23:0 трикозановая 0,312±0,016
8	Аланин	1168,64±116,86	Мононенасыщенные жирные кислоты (МНЖК), % - 35,797±1,789
9	Тирозин	537,56±53,75	C14:1 (cis-9) миристолеиновая 0,210±0,010
10	Цистеин	205,25±20,52	C15:1 (cis-10) пентадециновая 0,268±0,013
11	Валин	878,55±87,85	C16:1 (cis-9) пальмитолеиновая 1,083±0,054
12	Метионин	348,53±34,85	C17:1 (cis-10) маргаринолеиновая 0,653±0,032
13	Триптофан	181,13±18,11	C18:1 (cis-9) олеиновая 33,000±1,650
14	Фенилаланин	540,34±54,03	C24:1 (cis-15) селахолевая 0,582±0,029
15	Изолейцин	-	Полиненасыщенные жирные кислоты (ПНЖК), % - 11,782±0,589
16	Лейцин	777,43±77,74	C18:2n6с линолевая 7,677±0,384
			C18:2n6t линолеидиновая 0,419±0,021
17	Лизин	1008,25±100,82	C18:3n6 Y-линоленовая 1,447±0,072
			C18:3n3 линоленовая 0,527±0,026
18	Пролин	1250,09±125,01	C20:3n6с (cis-8, 11, 14) эйкозатриеновая 1,712±0,086

Анализ полученных данных исследования аминокислотного состава баранины свидетельствует о том, что в нем представлены все 8 незаменимые аминокислоты, что свидетельствует о её высокой биологической ценности. По количественному содержанию лидируют лизин (1008 мг/100 г) и валин (878,55 мг/100 г). Из незаменимых аминокислот меньше всего содержится триптофан (181,13 мг/100 г), что, однако, не снижает биологическую ценность мяса. Жирнокислотный состав мяса играет не менее важную роль в оценке биологической ценности продукта и его усвоемости в организме человека [1]. В исследуемых образцах мяса было определено суммарное содержание насыщенных жирных кислот (НЖК) – 52,42 %; мононенасыщенных жирных кислот (МНЖК) – 35,8 %; полиненасыщенных жирных кислот (ПНЖК) – 11,78 % (табл. 2).

Таблица 3 - Минеральный состав баранины, полученной от животных, выращенной на пастбищах Иссык-Кульской области Кыргызской Республики

Ca	Na	K	P	Mn	Zn	Se	Cu	Fe	I	B	Li	Al	Mg	V	Ni	Co	
544,3	5408,4	4306,1	3704,9	0,15	40,1	0,80	1,08	15,6	0,05	0,35	0,054	1,44	209,6	0,006	0,40	0,006	0

Анализ минерального состава исследуемых образцов баранины показал, что оно довольно большом количестве содержит макро- и микроэлементов, таких как K, P, Na, Mg, Zn, Ca и Fe. В ходе экспериментальных исследований в минеральном составе опытных образцов баранины не выявлено тяжелых металлов, что свидетельствует о благоприятных климатических условиях, где выращивались животные.

Таким образом, полученные результаты исследования химического, аминокислотного, жирнокислотного и минерального состава сырья подтвердили её высокую биологическую и пищевую ценность.

На сегодняшний день при производстве мясных стейков применяются современные технологические решения, позволяющие интенсифицировать процесс созревания мяса, в частности, инъецированные мяса многокомпонентными рассолами. Учитывая, что баранина отличается довольно большим содержанием соединительной ткани, при классической технологии для размягчения мяса потребовалось достаточно много времени. Нами совместно с технологами мясоперерабатывающего предприятия ОсОО «Steak Dream» была разработана усовершенствованная технология производства мясных стейков из баранины. Подготовка и инъецированные баранины осуществлялись в производственных условиях мясоперерабатывающего предприятия ОсОО «Steak Dream».

В качестве основного сырья для производства стейков использовалась тазобедренная часть бараньей туши, которая нарезалась на куски массой 200 - 250 г толщиной 2 см. Далее подготовленное сырье инъецировалось в два этапа.

На первом этапе подготовленные куски мяса инъецировались сафлоровым маслом в количестве 2, 3 и 4 % от массы сырья. В ходе эксперимента было выявлено, что оптимальной дозировкой является инъецированные мяса в количестве 2 %. Внесение масла в состав баранины в количестве 3% и 4 % оказалось нецелесообразным, так как при вакуумировании излишки вытекают. Выбор сафлорового масла для инъецированы мяса обусловлен следующими обстоятельствами. Сафлоровое масло характеризуется высоким содержанием полиненасыщенных жирных кислот (ПНЖК), прежде всего линолевой кислоты. А одним из технологических преимуществ является высокая температура дымления, что делает его пригодным для высокотемпературной термической обработки [12, 13]. Введение в мышечную ткань баранины, которая содержит довольно высокое содержание НЖК (табл. 2), позволит обогатить её ПНЖК и повысить пищевую ценность.

На втором этапе опытные образцы мяса инъецировали многокомпонентным рассолом, состоящим из поваренной соли, сущеного чеснока, горчичного порошка и фермента протепсина. Применение фермента в составе рассола связано с тем, что фермент протепсин

действует как протеолитический фермент, разрушая белковые волокна и разрыхляя структуру мяса, что приводит к размягчению продукта и улучшению его водосвязывающей способности [11]. Далее мясные стейки натирались смесью сушеных трав, состоящей из чабреца, душицы и майорана в соотношении 1:1:1. Подготовленные опытные образцы мясных стейков укладывались в вакуумные пакеты, вакуумировались и отправлялись на созревание в холодильник при температуре 5–6 °С в течение 7 суток.

Для исследования функционально-технологических показателей опытных образцов мясных стейков в процессе созревания были определены показатели водосвязывающей способности (BBC) и пластичности опытных образцов. Полученные результаты представлены в табл. 4 и на рис. 1, 2. В результате такого способа посола опытные образцы мясных стейков отличались насыщенным ароматом, вкусом, сочной и нежной консистенцией.

Таблица 4 - Основные функционально–технологические показатели соленого полуфабриката из баранины после созревания

Наимование образца	BBC, %	Пластичность см ² /г
Охлажденное мясо	62,10	23,8
Соленый полуфабрикат после 1 суток выдержки	62,62	17,5
Соленый полуфабрикат после 3 суток выдержки	63,09	22
Соленый полуфабрикат после 5 суток выдержки	78	24
Соленый полуфабрикат после 7 суток выдержки	78,6	24

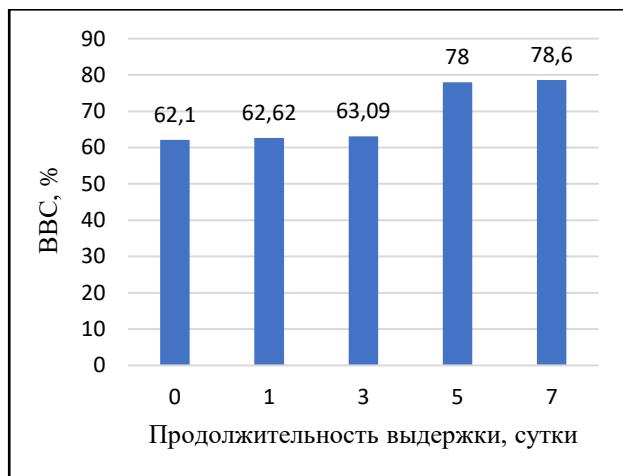


Рисунок 1 - Изменение водосвязывающей способности процессе созревания опытных образцов мясных стейков

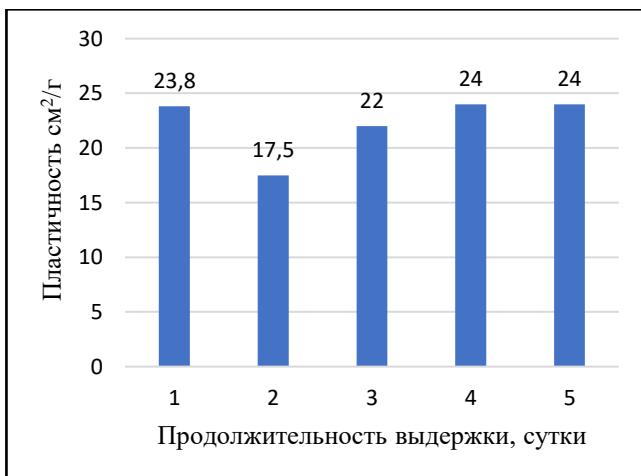


Рисунок 2 - Изменение пластичности в процессе созревания опытных образцов мясных стейков

Анализ экспериментальных данных, полученных в ходе исследования, показал, что в процессе созревания водосвязывающая способность опытных образцов увеличилась на 16,5 % по сравнению с исходным состоянием мяса до созревания, что повлияло на выход и органолептические показатели готовых продуктов. Выход готового полуфабриката составил 115,5 %, а показатель пластичности к концу ферментации увеличился в 1,3 раза (см. табл. 4).

Для предлагаемых вариантов стейков из баранины рекомендуются следующие способы тепловой обработки для доведения продуктов до кулинарной готовности - обжарка на гриле или запекание до желаемого степени прожарки.

Для проведения органолептической оценки стейки из баранины, инъецированные сафлоровым маслом, были приготовлены до степени прожарки well done, при котором мясо

прогревается до 72-750С, становясь внутри серо-коричневым и почти без розового оттенка (рис. 3). По результатам дегустационной оценки по 5-балльной шкале опытные образцы стейков из баранины получили высшие баллы (рис. 4).



Рисунок 3 - Готовый стейк из баранины со степенью прожарки *well done*

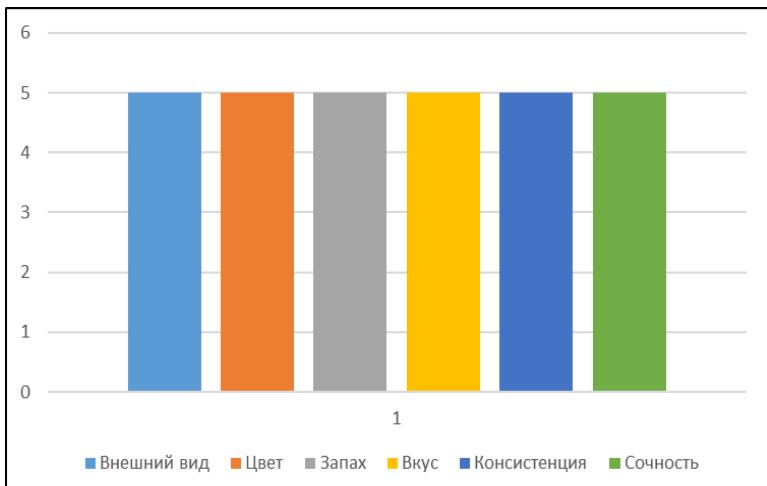


Рисунок 4 - Органолептические показатели стейка со степенью прожарки *well done*

Предлагаемые стейки из баранины, инъецированные сафлоровым маслом, было решено назвать «Таштык». Выбор такого названия связан с тем, что в древней кухне кочевников так назывались тонкие куски мяса, приготовленные на раскаленных камнях. Это технология приготовления в наши дни используется в этно ресторанах страны.

На следующем этапе были проведены исследования химического состава стейков из баранины «Таштык». Результаты исследования химического состава представлены в табл. 5.

Таблица 5 - Химический состав стейка «Таштык» из баранины со степенью прожарки *well done*

Массовая доля влаги, %	Массовая доля белка, %	Массовая доля жира, %	Зольность, %
55,2±5,5	22,0±1,76	21,0±1,7	1,46±0,20

Как видно из табл. 5 массовая доля жира в готовом стейке составила 21%. Увеличение массовой доли жира в готовых изделиях по сравнению с исходным сырьем объясняется тем, что стейки имели жировую прослойку толщиной 0,5 см и были инъецированы сафлоровым маслом, что позволяет нам сделать вывод, что исследуемые образцы баранины были дополнительно обогащены ПНЖК. Определение массовой доли белка в готовых продуктах показало, что является важным показателем в определении биологической ценности и установления его качества. Полученные данные по этому показателю свидетельствуют о том, что биологическая ценность готовых изделий не снизилась (табл. 1 и 5), что подтверждает эффективность предлагаемой технологии.

Выводы: по результатам исследований было установлено, что баранина, полученная от животных, выращенных на пастбищах Кыргызской Республики, является экологически чистой и отличается высокой пищевой и биологической ценностью. Предлагаемая технология приготовления стейков с использованием сафлорового масла и последующей ферментации в вакуумной упаковке в холодильной камере позволила получить готовые продукты с нежной и сочной консистенцией, пикантным вкусом, насыщенным ароматом, высоким выходом, а также расширить ассортимент этно-продуктов из местного сырья в нашей стране.

Список литературы

1. Джамакеева, А. Д. Исследование влияния состава исходного сырья на пищевую ценность сырокопчёного мясного этнопродукта [Текст] / А. Д. Джамакеева, А. М. Аксупова, А. Т. Барылбекова // *Известия ВУЗов Кыргызстана*. – 2023. – № 5. – С. 8–12. – DOI: 10.26104/IVK.2023.45.557.
2. Воробьёв, А. А. Биологическая ценность мясных продуктов [Текст] / А. А. Воробьёв, Т. В. Боровик // *Колос*. – 2020. – № 2. – С. 22–36.
3. ГОСТ 9793–2016. Мясные продукты. Метод определения массовой доли влаги. – Введ. 01.01.2018. – М.: Стандартинформ, 2018. – 9 с.
4. ГОСТ 25011–2017. Мясные продукты. Метод определения массовой доли белка на приборе Кельтран УК-4005. – Введ. 01.07.2018. – М.: Стандартинформ, 2018. – 16 с.
5. ГОСТ 23042–2015. Мясные продукты. Метод определения массовой доли жира на аппарате Сокслета. – Введ. 01.01.2017. – М.: Стандартинформ, 2019. – 16 с.
6. ГОСТ 31727–2012. Продукты пищевые. Метод определения массовой доли золы. – Введ. 01.07.2013. – М.: Стандартинформ, 2013. – 12 с.
7. МВИ МН 1363–2000. Определение аминокислотного состава белков пищевых продуктов методом высокоэффективной жидкостной хроматографии. – М.: Минздрав РФ, 2000.
8. МВИ МН 1364–2000. Определение жирнокислотного состава жиров мяса методом газовой хроматографии. – М.: Минздрав РФ, 2000.
9. ГОСТ 30538–1997. Продукты пищевые. Определение минеральных веществ методом АЭС-ИСП на спектрометре ICAP 6000/7000/PRO № 51/21. – Введ. 01.05.2001. – М.: Стандартинформ, 2010. – 31 с.
10. Химический состав и энергетическая ценность пищевых продуктов: справочник МакКанса и Уиддоусона / пер. с англ.; под общ. ред. д-ра мед. наук А. К. Батурина. – СПб.: Профессия, 2006. – 416 с.
11. Антипов, Л. В. Физико-химические и биокаталитические свойства протеолитического препарата «Протепсин» [Текст] / Антипов, Л. В., Горбунков, М. В. // *Вестник ВГУИТ*. – 2016. – № 1. – С. 89–95. – DOI: 10.20914/2310-1202-2016-1-89-95.
12. Matthäus, B., Özcan, M. M., Al Juhaimi, F. Y. Fatty acid composition and tocopherol profiles of safflower (*Carthamus tinctorius L.*) seed oils // *Natural Product Research*. – 2015. – Vol. 29, No. 2. – P. 193–196. – DOI: 10.1080/14786419.2014.971316.
13. Adjonu, R., Prenzler, P. D., Ayton, J. The performance of the super-high-oleic acid safflower (*Carthamus tinctorius*) oil during intermittent frying // *Foods*. – 2025. – Vol. 14, No. 5. – Art. 729. – DOI: 10.3390/foods14050729. <https://doi.org/10.3390/foods14050729>
14. Орзбаков, Б.Д. Уникальность кыргызских мясных продуктов: традиции и натуральность [Текст] / Б.Д. Орзбаков, А.М. Касымакунова // Известия КГТУ. -1025. - №2(74). – стр.632-638.

А.С.Борисова¹, Р.Ш.Элеманова¹, К.К.Кожобекова¹, Д.А.Коджегулова¹, К.Т.Сагалиев²

¹ И. Раззаков атындағы КМТУ, ²ЖЧК «Бейонд Инвестмент Групп»

Бишкек, Кыргыз Республикасы

¹КГТУ им. И. Раззакова, ²ОсОО «Бейонд Инвестмент Групп»

Бишкек, Кыргызская Республика

A.S. Borisova¹, R.Sh. Elemanova¹, K.K. Kojobekova¹, D.A. Kodjegulova¹, K.T. Sagaliev²

¹I. Razzakov KSTU, Bishkek, Kyrgyz Republic, ²Beyond Investment Group LLC, Bishkek, Kyrgyz Republic

akbermetborisova29@gmail.com, elemanova@kstu.kg, kkojobekova@kstu.kg, dkodjegulova@kstu.kg, kubeke.sagaliev@gmail.com

К ВОПРОСУ ОБЕСПЕЧЕНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ ФАСОЛЕВОЙ ПАСТЫ

ТӨӨ БУУРЧАК ПАСТАСЫНЫН КООПСУЗДУГУН КАМСЫЗ КЫЛУУ МАСЕЛЕСИ

ON THE ISSUE OF ENSURING THE SAFETY OF BEAN PASTE

Макалада төө буурчак пастасынын микробиологиялык коопсуздугун камсыз кылуу жана керектөө касиеттерин сактоо учун негизги кадамдардын бири катары стерилдөөр режими карапган. Стерилизациянын температуралык-убактылуу параметрлеринин даяр продуктунун сапатына, анын ичинде азыктык баалуулугуна, биологиялык активдүү заттардын сакталышына жана органолептикалык мүнөздөмөлөрүнө тийгизген таасирине талдоо жүргүзүлгөн. Жылуулук менен иштетүү режимдеринин ар кандай вариантыны, алардын спора түзүүчү микроорганизмдерди инактивациялоо жана нутриенттердин терминалык бузулушун минималдаштыруу боюнча натыйжалуулугу карапалды. Алынган маалыматтардын негизинде, төө буурчак пастасынын оптималдуу стерилдөөр режимин тандоо, продуктунун коопсуздугуу, сактоо туруктуулугу жана азыктык баалуулугун сактоо ортосундагы тең салмактуулукту камсыз кылуу негизделген.

Түйүндүү сөздөр: буурчак пастасы, стерилдөө, микроорганизмдер, органолептикалык мүнөздөмөлөр, азыктык баалуулук.

В статье приведен режим стерилизации фасолевой пасты как один из ключевых этапов обеспечения ее микробиологической безопасности и сохранения потребительских свойств. Проведен анализ влияния температурно-временных параметров стерилизации на качество готового продукта, включая питательную ценность, сохранность биологически активных веществ и органолептические характеристики. Рассмотрены различные варианты режимов тепловой обработки, их эффективность в отношении инактивации спорообразующих микроорганизмов и минимизации термического разрушения нутриентов. На основе полученных данных обоснован выбор оптимального режима стерилизации фасолевой пасты, позволяющего обеспечить баланс между безопасностью, стабильностью хранения и сохранением пищевой ценности продукта.

Ключевые слова: фасолевая паста, стерилизация, микроорганизмы, органолептические характеристики, пищевая ценность.

The article describes the sterilization process for bean paste as one of the key stages in ensuring its microbiological safety and preserving its consumer properties. The influence of temperature and time parameters of sterilization on the quality of the finished product, including nutritional value, preservation of biologically active substances, and organoleptic characteristics, is analyzed. Various heat treatment modes and their effectiveness in inactivating spore-forming

microorganisms and minimizing thermal destruction of nutrients are considered. Based on the data obtained, the choice of the optimal sterilization regime for bean paste was justified, ensuring a balance between safety, storage stability, and preservation of the nutritional value of the product.

Key words: *bean paste, sterilization, microorganisms, organoleptic characteristics, nutritional value.*

Безопасность пищевых продуктов является ключевым фактором, определяющим качество питания и здоровье населения. Она включает контроль за отсутствием патогенных микроорганизмов, токсинов, пестицидов, тяжелых металлов и других загрязнителей, а также соблюдение санитарно-гигиенических норм на всех этапах производства, хранения и транспортировки. Обеспечение пищевой безопасности достигается посредством внедрения систем контроля качества, использования современных технологий переработки и регулярного мониторинга продукции. Соблюдение этих требований предотвращает риск возникновения пищевых инфекций и отравлений, обеспечивая сохранность питательной ценности и безопасность конечного продукта [1].

Из пищевых веществ, необходимых для удовлетворения жизненных потребностей человека, самое ценное – белок. Незаменимость их функций, отсутствие механизмов синтеза ряда белковых веществ в организме однозначно ставят проблему полноценного белкового питания для обеспечения здоровья и нормальной жизнедеятельности человека. Условия жизни и работы современного человека продолжают предъявлять новые требования к пище: потребность в жирах уменьшается, а потребность в белке возрастает. По данным ФАО/ВОЗ, норма его потребления для человека составляет 90-100 г в сутки, в том числе 60-70 % белка животного происхождения [2].

Один из богатейших источников белка – растительное сырье. Большое количество белков растительного происхождения и сравнительно низкие затраты на производство дают возможность значительно восполнить за их счет дефицит белка в питании людей. В мировом пищевом балансе на растительные белки приходится около 80%, на животных около 20%. Растительные источники характеризуются высоким содержанием белка, низким – жира, по сравнению с животными растительные белки имеют меньше серусодержащих аминокислот [3].

В решении проблемы белка огромную роль в качестве сырья для его производства играют бобовые культуры. Бобовые отличаются высокими пищевыми достоинствами за счет способности накапливать в несколько раз больше высококачественного белка, чем другие виды растений [4]. Так, фасоль и продукты её переработки занимают важное место в рационе человека благодаря высокому содержанию белка, углеводов, витаминов и минеральных веществ [5].

В связи с вышеизложенным, нами разработаны рецептуры пяти видов фасолевой пасты путем обогащения источниками физиологически-функциональных ингредиентов (ФФИ) с привлекательными для потребителя органолептическими характеристиками. Такой продукт может использоваться как самостоятельное блюдо, так и как ингредиент для кулинарных изделий. В качестве основного сырья использована фасоль, выращиваемая в Таласской области, которая отличается своей устойчивостью к суровым климатическим условиям, что делает ее идеальным источником пищи в горных районах, где другие сельскохозяйственные культуры не могут выжить. Несмотря на то, что фасоль является отличным источником белка, население Кыргызстана его особо не употребляет и чаще всего местные фермеры в большой степени экспортят свой урожай в другие страны [6].

Поскольку целевой продукт – фасолевая паста с наполнителями, предназначен для длительного хранения в герметичной стеклянной упаковке, при его производстве необходима термическая обработка, обеспечивающая микробиологическую безопасность и стабильность продукта при хранении. Такой технологической операцией является стерилизация. С одной стороны, стерилизация должна гарантировать уничтожение патогенной и спорообразующей микрофлоры, включая опасные споры *Clostridium botulinum*,

а с другой – минимизировать потери пищевой ценности, цвета, вкуса и текстуры продукта. Кроме того под воздействием высокой температуры из продукта удаляется часть кислорода способствующий окислению компонентов. При герметичной упаковке стерилизованный продукт может храниться месяцами и даже годами без охлаждения. Кроме того, параметры стерилизации важны для продуктов с нейтральным pH (бобовые), где споры могут выжить без термической обработки [7]. Поэтому важно правильно подобрать режимы стерилизации фасолевой пасты с наполнителями для обеспечения гарантированной ее безопасности.

Целью настоящей работы является определение оптимальных режимов стерилизации фасолевой пасты с наполнителями с учётом сохранения её пищевой ценности, органолептических свойств и микробиологической безопасности. Результаты таких исследований будут иметь практическую значимость для предприятий пищевой промышленности для выпуска безопасных и качественных консервированных продуктов.

Объекты и методы исследования.

Объектом исследования являлись 5 образцов фасолевой пасты:

- фасолевая паста с морковью - №1;
- фасолевая паста с петрушкой и лимонным соком - №2;
- фасолевая паста с куркумой и черным перцем - №3;
- фасолевая паста с грецким орехом - №4;
- фасолевая паста со шпинатом - №5.

Готовый продукт фасовали в стеклянную банку № I-200 (твист-офф 66) с укупориванием лакированными металлическими крышками.

Стерилизацию образцов проводили в автоклаве DGM PHARMA APPARATE, модель DGM-80 (Китай) с регулируемой температурой и давлением паровоздушной камеры (рис. 1).



Рисунок 1 - Вертикальный автоклав

Результаты исследования и обсуждение. Для овощных натуральных пюре, фасованных в банку СКО 58-1, рекомендуется проводить стерилизацию при температуре 120 °C продолжительностью 25-40-25 мин при давлении в автоклаве 180-200 кПа [8].

Для подбора режима стерилизации для фасолевой пасты с наполнителями были использованы различные продолжительности времени изотермической выдержки – 30 и 40 мин, не только обеспечивающие микробиологическую безопасность, но и меньшее влияние на органолептические и питательные свойства продукта.

Температура 120 °C является экстремальной для всех известных вегетативных клеток. Поэтому режимы стерилизации рассчитываются на уничтожение самых термостойких спор. Для полного уничтожения спор *Clostridium botulinum* при 120 °C требуется выдержка около 10-12 минут, при так называемом значении F_0 - времени

необходимого для уменьшения популяции микроорганизмов в 10 раз (т.е. для уничтожения 90%) при температуре 121,1 °С. Однако для гарантированного уничтожения более термостойких спор других бацилл (например, *Bacillus sporothermodurans*), которые могут испортить продукт, требуются более длительные выдержки - 20-30 минут и более.

В табл. 1 приведены температура и время выдержки стерилизации образцов фасолевой пасты.

Таблица 1 – Температура и время выдержки стерилизации

Этап	Температура, °С	Время выдержки, мин	Давление, МПа
Нагрев	до 120	20-25 (разгон)	0,2-0,3
Стерилизация	120	30, 40	0,2-0,3
Охлаждение	до 40-50	Постепенное	-

В простерилзованных в течение 30 мин образцах готовых продуктов определяли микробиологические показатели и показатели безопасности в санитарно-бактериологической и санитарно-гигиенической лабораториях Центра государственного санитарно-эпидемиологического надзора г. Бишкек по требованиям Технического Регламента Таможенного Союза (TP TC) 021/2011 “О безопасности пищевой продукции” (табл. 2, 3).

Таблица 2 – Микробиологические показатели фасолевой пасты с наполнителями при собственно стерилизации в течение 30 мин

Наименование показателя	Нормы TP TC 021/2011	Результаты				
		№1	№2	№3	№4	№5
Бактерии группы кишечной палочки (coliформы)	в 1,0 г продукта не допускается	не обнаружено	не обнаружено	не обнаружено	не обнаружено	не обнаружено
Патогенная микрофлора, в т.ч. сальмонеллы	в 25 г продукта не допускается	не обнаружено	не обнаружено	не обнаружено	не обнаружено	не обнаружено
Количество мезофильных аэробных и факультативно-анаэробных микроорганизмов (КМАФАнМ)	KOE/g, не более 5×10^3	$4,2 \times 10^3$	$4,1 \times 10^3$	4×10^3	$4,2 \times 10^3$	$4,4 \times 10^3$
St.aureus	В 1,0 г продукта не допускается	не обнаружено	не обнаружено	не обнаружено	не обнаружено	не обнаружено
Дрожжи	KOE/g, не более 50	<5	<5	<5	<5	<5
Плесени	KOE/g, не более 50	$<1 \times 10^1$	$<1 \times 10^1$	$<1 \times 10^1$	$<1 \times 10^1$	$<1 \times 10^1$

Таблица 3 – Показатели безопасности фасолевой пасты с наполнителями

Определяемые показатели	Нормы ТР ТС 021/2011	Результаты испытаний				
		№1	№2	№3	№4	№5
Кадмий	мг/кг, не более 0,05	менее 0,003	менее 0,003	менее 0,003	менее 0,003	менее 0,003
Свинец	мг/кг, не более 0,5	менее 0,02	менее 0,02	менее 0,02	менее 0,02	менее 0,02
Мышьяк	мг/кг, не более 0,2	менее 0,02	менее 0,02	менее 0,02	менее 0,02	менее 0,02
Ртуть	мг/кг, не более 0,02	менее 0,01	менее 0,01	менее 0,01	менее 0,01	менее 0,01
Афлатоксин В1	мг/кг, не более 0,005	менее 0,003	менее 0,003	менее 0,003	менее 0,003	менее 0,003

В случае собственно стерилизации в течение 30 мин, продукт отвечал требованиям микробиологической чистоты ТР ТС 021/2011 “О безопасности пищевой продукции”. Кроме того, продукт отвечал требованиям показателей безопасности (см. табл. 3).

Режим стерилизации 30 минут при 120 °С обеспечивает высокий запас прочности по эффекту стерилизации ($F_0 \approx 23,3$). С микробиологической точки зрения, он является чрезвычайно эффективным и безопасным для целевого продукта.

Режим 40 минут это гарантированно безопасный режим с точки зрения микробиологической чистоты. Однако, он может привести к значительной потере качества: изменению цвета и консистенции, а также к большим потерям витаминов.

Вследствие чего образцы фасолевой пасты нами были проанализированы по органолептическим показателям. Поскольку восприятие по цвету тоже немаловажно с точки зрения привлекательности продукта для потребителя. Для сохранения природных пигментов в составе фасолевой пасты были проведены экспериментальные исследования с использованием аскорбиновой кислоты и без нее.

Аскорбиновая кислота (витамин С) является водорастворимым антиоксидантом природного происхождения, играющим важную роль в обеспечении пищевой безопасности и сохранении качества продуктов [9]. Она препятствует окислительным процессам, замедляет разрушение пигментов и витаминов, а также предотвращает образование токсичных соединений [10].

В составе фасолевой пасты, богатой антоцианами, флавоноидами, хлорофиллами и каротиноидами, аскорбиновая кислота выступает в качестве защитного фактора, препятствующего окислению и разрушению данных пигментов при термической обработке и хранении [11]. Механизм её действия связан с восстановительной способностью: аскорбиновая кислота инактивирует свободные радикалы и ингибирует реакции перекисного окисления липидов, которые опосредованно ускоряют деградацию пигментов. Кроме того, она восстанавливает окисленные формы пигментов, тем самым продлевая их стабильность [12].

Использование аскорбиновой кислоты при производстве фасолевой пасты способствует сохранению её натурального цвета, замедляет потемнение продукта, а также усиливает антиоксидантный потенциал, что повышает функционально-оздоровительную ценность конечного продукта [13, 14]. Известно, что витамин С повышает биологическую ценность пищевого продукта, так как участвует в обменных процессах и укрепляет антиоксидантную защиту организма [14].

На рис. 2 представлены внешний вид образцов до стерилизации, стерилизации продукта без и с добавлением аскорбиновой кислоты.

А)



№1 образец №2 образец №3 образец №4 образец №5 образец

Б)



№1 образец №2 образец №3 образец №4 образец №5 образец

В)



№1 образец №2 образец №3 образец №4 образец №5 образец

Рисунок 2 - Внешний вид образцов фасолевой пасты с наполнителями: А – до стерилизации, Б – без аскорбиновой кислоты после стерилизации, В – с аскорбиновой кислотой после стерилизации

После проведения стерилизации фасолевая паста с добавлением аскорбиновой кислоты сохраняет стабильные органолептические показатели, в частности, цвет. Консистенция продукта остаётся однородной, пастообразной, без признаков расслоения и отделения свободной жидкости. Результаты органолептического анализа 5-ти образцов фасолевой пасты приведены в табл. 4.

Таблица 4. – Органолептические показатели 5-ти образцов фасолевой пасты

Показатель	Образцы фасолевой пасты с наполнителями				
	№1	№2	№3	№4	№5
Внешний вид	Однородная пастообразная масса	Однородная пастообразная масса с зелеными прожилками	Однородная пастообразная масса с включениями черного перца	Однородная пастообразная масса	Однородная пастообразная масса
Цвет	Оранжевый	Светло-зеленый	Лимонный	Светло-фиолетовый	Темно-зеленый
	Мягкая, мажущаяся	Мягкая, мажущаяся	Мягкая, мажущаяся	Мягкая, мажущаяся	Мягкая, мажущаяся

Запах	Свойственный фасолевой пасте	Свойственный фасолевой пасте, чувствуется свежий запах зелени	Свойственный фасолевой пасте	Свойственный фасолевой пасте, чувствуется ореховый запах	Свойственный фасолевой пасте, чувствуется аромат шпината
Вкус	Свойственный фасолевой пасте	Освежающий, приятный легкий вкус зелени	Освежающий вкус	Ореховый вкус	Легкий вкус зелени

Проведённая обработка фасолевой пасты с добавлением аскорбиновой кислоты при температуре 120 °C в течение 30 минут не оказала отрицательного влияния на вкусовые качества, продукт сохранил характерный вкус, без появления посторонних или горьких оттенков, что указывает на отсутствие термического разложения основных белковых и углеводных соединений. Анализ по цвету показал, что паста сохранила свой естественный оттенок, характерный для исходного продукта с добавлением компонентов, содержащих природные пигменты. Это подтверждает, что при выбранном режиме термической обработки не произошло существенного разрушения пигментных веществ (антоцианов, хлорофиллов и каротиноидов), ответственных за формирование окраски. Таким образом, подобранные параметры стерилизации обеспечили не только микробиологическую безопасность и увеличение срока хранения продукта, но и позволили сохранить его потребительскую привлекательность за счёт неизменности вкусовых характеристик.

Выводы.

Выбранный режим стерилизации при температуре 120 °C и давлении 0,2 МПа в течение 30 минут является оптимальным с точки зрения сохранности термолабильных пигментов в составе фасолевой пасты. Данный режим обеспечивает надежную инактивацию как вегетативных форм микроорганизмов, так и термоустойчивых спорообразующих бактерий, представляющих основную опасность при хранении консервированных продуктов. Применение более мягких режимов сопряжено с риском выживания устойчивой микрофлоры и сокращением сроков хранения, тогда как чрезмерное повышение температуры или продолжительности экспозиции приводит к деградации термолабильных нутриентов, разрушению аминокислот и витаминов, а также к ухудшению органолептических характеристик (цвет, вкус, консистенция). Согласно установленным принципам термической стерилизации, параметры обработки должны быть достаточными для достижения коммерческой стерильности, что гарантирует микробиологическую безопасность и длительный срок хранения продукта без применения химических консервантов. Таким образом, режим стерилизации представляет собой рациональный компромисс между необходимостью достижения полной микробиологической стабильности и сохранением пищевой и сенсорной ценности продукта, что делает его наиболее целесообразным для практического применения при производстве фасолевой пасты.

Список литературы

1. FAO/WHO. Food Safety and Quality. – Rome, 2019.
2. Антипова, Л. В. Оценка потенциала источников растительных белков для производства продуктов питания [Текст] / Л. В. Антипова, Л. Мартемьянова. – М.: Пищевая промышленность, 2013. – С. 10–11.
3. Антипова, Л. В. Перспективные сырьевые источники разработки функциональных продуктов питания на основе растительных белков [Текст] / Л. В. Антипова, И. Н. Толпигина, Ж. И. Богатырева. – М.: Технические науки, 2013. – С. 162–163.

4. Бодошов, А. У. Химический состав зерен фасоли местных сортов [Текст] / А. У. Бодошов // *Технические науки*. – 2014. – № 4. – С. 40–41.
5. Казыдуб, Н. Г. Зернобобовые культуры в структуре функционального питания (фасоль зерновая и овощная, горох овощной, нут) [Текст] / Н. Г. Казыдуб, С. П. Кузьмина, О. А. Коцюбинская, Н. А. Бондаренко, С. В. Уфимцева. – М.: Институтская площадь, 2019. – С. 157–158.
6. Борисова, А.С. К вопросу разработки рецептуры белково-растительной пасты. [Текст] / А.С. Борисова, Ж.О. Бекова, М.Т. Тынарбекова, Р.Ш. Элеманова // *Известия КГТУ им. И.Раззакова*. – Бишкек: 2025. - № 3. – С. 842.
7. Дьяков, В. М. Технология консервирования плодов и овощей: учеб. для вузов [Текст] / под ред. В. А. Панфилова, Н. И. Алексахиной. – М.: Легк. и пищевая пром-сть, 1983.– 408 с.
8. Рогачева, В. И. Консервы из растительного сырья [Текст] / В. И. Рогачева // *Справочник по производству консервов*. Т. 4. – М.: Пищевая промышленность, 1974. – С. 522–523.
9. Gregory, J. F. Vitamin C // In: Shils, M. E., Shike, M., Ross, A. C., Caballero, B., Cousins, R. J. (eds). *Modern Nutrition in Health and Disease*. – Lippincott Williams & Wilkins, 2008.
10. Padayatty, S. J., Levine, M. Vitamin C: The known and the unknown and Goldilocks // *Oral Diseases*. – 2016. – Vol. 22, No. 6. – P. 463–493.
11. Xu, B., Chang, S. K. C. Total phenolic content and antioxidant properties of common bean (*Phaseolus vulgaris* L.) grown in Canada // *Journal of Food Composition and Analysis*. – 2009. – Vol. 22, No. 6. – P. 434–439.
12. Podśedek, A. Natural antioxidants and antioxidant capacity of *Brassica* vegetables: A review // *LWT – Food Science and Technology*. – 2007. – Vol. 40, No. 1. – P. 1–11.
13. Sapers, G. M., Douglas, F. W. Measurement of enzymatic browning at cut surfaces and in juice of raw apple and pear fruits // *Journal of Food Science*. – 1987. – Vol. 52, No. 5. – P. 1258–1262.
14. FAO/WHO. Human Vitamin and Mineral Requirements: Report of a Joint FAO/WHO Expert Consultation, Bangkok, Thailand. – Rome, 2001.

Н.Н. Ишенбаева

И. Рazzakov атындағы КМТУ, Бишкек, Кыргыз Республикасы
КГТУ им. И.Раззакова, Бишкек, Кыргызская Республика

N.N. Ishenbaeva

I. Razzakov KSTU, Bishkek, Kyrgyz Republic
nazgul.ishenbaeva@mail.ru

ПЕРСПЕКТИВЫ СОЗДАНИЯ СПЕЦИАЛИЗИРОВАННЫХ ПИЩЕВЫХ ПРОДУКТОВ ДЛЯ СПОРТСМЕНОВ-БОРЦОВ В КЫРГЫЗСТАНЕ

КЫРГЫЗСТАНДАГЫ СПОРТЧУ-БАЛБАНДАР ҮЧҮН АДИСТЕШТИРИЛГЕН АЗЫҚ-ТУЛУКТӨРДҮ ӨНДҮРҮҮ МУМКҮНЧҮЛҮГҮ

PROSPECTS FOR THE DEVELOPMENT OF SPECIALIZED FOOD PRODUCTS FOR WRESTLERS IN KYRGYZSTAN

Спортчу-балбандар үчүн атайын тамак-аштарды иштеп чыгууда физиологиялык муктаждыктар, рационалдуу тамактануу принциптери жана ингредиенттердин функционалдык касиеттери эске алынуусу зарыл. Бул макалада алардын тамактануусун уюштуруудагы учурдагы ыкмалар каралып, спортсмендерге арналган жаңы азық-түлүктөрдүн эксперименталдык иштегин чыгуусу баяндалат: суусундук «Bal-Suu», бал композициясы «Иммунка», жана кургатылган жемши-бал слайстары. Бардык азыктар табигый бал жана регионалдык өсүмдүк чийки заттарынан жасалып, жогорку азыктуулук жана функционалдык баалуулуктарга ээ. Витамин-минералдык курамы мн өзгөчөлөнүп, антиоксиданттык коргоону жана энергия менен камсыздайт. Азыктар спортчулар үчүн колдонууга ыңгайлуу, машыгуу жана калыбына келүү мезгилиnde колдонуу сунушталат. Изилдөөнүн жыйынтыктары балдын спортчулар жана кеңири калк үчүн атайын тамак-аши азыктарында негизги ингредиент катары колдонулушу келечектүү экенин тастыктап турат.

Түйүндүү сөздөр: атайын тамак-аши азыктары, спортчу-балбандар, табигый бал, спортуук тамактануу, калыбына келтирүү, антиоксиданттар.

При проектировании специализированного питания для борцов необходимо учитывать физиологические потребности, основы рационального питания и функциональные свойства используемых ингредиентов. В статье представлен обзор современных подходов к организации спортивного питания борцов и описаны результаты разработанных новых продуктов: медовая вода «Bal-Suu», медовая композиция «Иммунка» и сухие фруктово-медовые слайсы. Все продукты разработаны с использованием натурального мёда и регионального растительного сырья, что обеспечивает высокую пищевую и функциональную ценность, богатый витаминно-минеральный состав, антиоксидантную защиту и энергетическую поддержку организма. Представленные продукты отличаются удобством применения спортсменами и потенциальной эффективностью в период подготовки и восстановления после соревнований. Результаты исследования подтверждают перспективность использования мёда как ключевого ингредиента специализированных продуктов питания для спортсменов и широкого круга потребителей.

Ключевые слова: специализированные продукты питания, спортсмены-борцы, натуральный мёд, спортивное питание, восстановление, антиоксиданты.

The development of specialized food products for wrestler-athletes requires consideration of physiological needs, rational nutrition principles, and the use of functional ingredients. This article presents a review of current approaches to organizing nutrition for wrestlers and describes the experimental development of new products: honey water "Bal-Suu", honey composition "Immunka", and dried fruit-honey slices. All products are based on natural honey and regional plant raw materials, providing high nutritional and functional value, a rich vitamin-mineral composition, antioxidant protection, and energy support. The products are convenient for athletes and potentially effective during training and recovery periods. The results confirm the promise of using honey as a key ingredient in specialized food products for athletes and general consumers.

Key words: specialised food products, wrestler-athletes, natural honey, sports nutrition, recovery, antioxidants.

Введение. В последние годы во всем мире растет интерес к здоровому образу жизни, долголетию и нутритивной профилактике хронических заболеваний, разработка и производство продуктов питания для спортсменов динамично развиваются [1]. Спортивное питание представляет собой концентрированную смесь пищевых компонентов, обладающих высокой биологической и энергетической ценностью, предназначенную для использования в качестве дополнительного элемента к обычному рациону [2]. Рациональное и специализированное питание, особенно в периоды соревнований и интенсивных тренировок необходимо организовать грамотно. Несмотря на более высокую цену, такие продукты остаются востребованными и пользуются устойчивой популярностью среди спортсменов [3]. Ассортимент спортивного питания является важным аспектом, поскольку формируется с учетом различий в направлении применения, а также специфики специализированных направлений и видов спорта. По результатам проведенных социологических исследований среди спортсменов установлено, что наибольшее предпочтение они отдают протеиновым продуктам (59%), витаминам и минеральным веществам (50%), аминокислотам (48%), креатину (38%) и энергетическим напиткам (30%) [4]. По употреблению продуктов спортивного питания, основную долю занимает США – 52%, Европа – 30%, а остальные страны занимают 16% [5, 6].

Кыргызстан достиг заметных успехов на международной спортивной арене, особенно в таких видах спорта, как спортивная борьба, тяжелая атлетика, дзюдо, футбол и бокс. С момента выступления национальной сборной в качестве независимой команды спортсмены завоевали 14 олимпийских медалей, из которых 11 приходится на спортивную борьбу [7]. К основным видам спортивной борьбы относятся вольная и греко-римская (классическая) борьба, дзюдо, самбо и борьба на поясах. Среди них наибольшей популярностью в Кыргызстане пользуются вольная и греко-римская борьба, которые традиционно обеспечивают высокие результаты на международных соревнованиях. Указанные виды спорта характеризуются высокой потребностью в физической выносливости, силовой подготовке и дисциплине. Существенным фактором, определяющим успешность выступлений борцов, является рациональное и специализированное питание, особенно в периоды интенсивных тренировок и соревнований. Оно играет ключевую роль в достижении оптимальной массы тела и подготовке к выступлениям в соответствующей весовой категории [8].

Однако в Кыргызстане нет пищевых предприятий, которое производят специальные спортивные продукты питания, а импортные продукты. Не позволяет комплексно решать проблему. Кроме того, вопрос обеспечения кыргызских спортсменов качественным питанием во время участия в зарубежных соревнованиях до настоящего времени остается нерешенным. Целью данной работы является анализ современных подходов к организации питания спортсменов-борцов и поиск решения методов по разработке специализированных продуктов.

Особенности физиологии спортсменов. Организация питания борцов в Кыргызстане должна строиться с учетом физиологических потребностей спортсменов и на основе научно обоснованных подходов. Среднесуточные энергозатраты борцов при массе тела около 70 кг

составляют 4500–5500 ккал. Рекомендуемые нормы потребления энергии и основных нутриентов для спортсменов-борцов представлены в таблице 3 [9].

Таблица 3 – Рекомендуемое суточное потребление энергии (ккал), нутриентов и пищевых продуктов (г) для спортсменов-борцов

Показатели	Примерная калорийность 1 г продукта, ккал	Потребление на 1 кг веса, г
Калорийность		65-70
Белки, всего	4	2,4–2,5 (10 ккал)
- растительные		1,2–1,3
- животные		1,2–1,3
Жиры, всего	9	2,0–2,1 (20 ккал)
- растительные		0,5–0,6
- животные		1,5–1,5
Углеводы	4	9,0–10,0 (40 ккал)

Дневной рацион борца по объёму должен быть умеренным, чтобы избежать перегрузки органов пищеварения. В связи с этим в рацион спортсмена необходимо включать высококалорийные, легкоусвояемые и биологически полноценные продукты. Питание должно обеспечивать организм необходимым количеством витаминов, микроэлементов и минеральных солей. Соответствующие нормы суточной потребности приведены в таблице 4 [9].

Таблица 4 – Суточная потребность спортсменов-борцов в витаминах и минеральных веществах

Витамины	Суточная потребность, мг	Минеральные вещества	Суточная потребность, мг	
			14-17 лет	18-29 лет
B ₁ (тиамин)	1,7–2	Калий	1200	800
B ₂ (рибофлавин)	2–2,5	Фосфор	1800	1200
B ₃ (пантотенат)	5–10	Магний	300	500
B ₆ (пиридоксин)	2–2,5	Железо	18	15
B ₁₂ (cobаламин)	3–3,2	Натрий	6000	4000
B ₉ (фолацин)	0,2–0,5	Калий	5000	2500
РР (ниацин)	19–20	Хлориды	7000	5000
C (аскарбиновая кислота)	70–75	Цинк	10–15	
A (ретинол)	1–1,2	Марганец	5–10	
E (токоферол)	10	Хром	2–2,5	
D (кальциферол)	0,0025	Медь	2	

Для спортсменов, особенно в период интенсивных тренировок, рекомендуется увеличение потребления некоторых витаминов и минералов. Для стимулирования мышечной деятельности в пищевых продуктах должны преобладать полноценные белки. А пищевой рацион после выступления на соревнованиях необходимо обогатить легкоусвояемыми углеводами [6, 7].

Группа пищевых продуктов для питания спортсменов. К специализированным продуктам для спортсменов относятся протеиновые добавки, углеводные и изотонические

напитки, креатин, белковые батончики и другие виды. Они предназначены для оперативного восполнения дефицита необходимых нутриентов, способствуют росту мышечной массы (гейнеры), снижению жировых отложений, поддержанию общего тонуса [10-12]. Согласно положению, принятому Международным олимпийским комитетом, к специализированным пищевым продуктам для питания спортсменов отнесены четыре вида пищевых продуктов (табл. 1).

Таблица 1 – Группа пищевых продуктов для питания спортсменов [5]

Категория продуктов питания	Отличительные черты
Функциональные продукты питания	Дополнительно обогащены дополнительно макроэлементами или микроэлементами
Готовая пища для питания спортсменов	Удобны для использования во время тренировок (батончики, напитки)
Выбранные питательные вещества	Пищевые компоненты, представленные в концентрированном виде (белковые концентраты, креатин, аминокислоты, кардиодобавки, витаминно-минеральные комплексы)
Многокомпонентные пищевые продукты	Целевое сочетание питательных веществ (для наращивания мышечной массы и др.)

На территории Евразийского экономического союза (ЕАЭС) обращение специализированной пищевой продукции для спортсменов регулируется Техническим регламентом Таможенного союза ТР ТС 027/2012 «О безопасности отдельных видов специализированной пищевой продукции, включая диетическое лечебное и диетическое профилактическое питание». В соответствии с данным нормативным документом, пищевая продукция для спортсменов определяется как специализированный продукт, характеризующийся определенным химическим составом, повышенной пищевой ценностью и направленным физиологическим эффектом [13]. Основные особенности микронутриентного состава специализированных продуктов питания представлены в таблице 2 [5].

Таблица 2 – Классификация специализированных пищевых продуктов, предназначенных для спортсменов

Пищевые продукты	Цель и назначения
Высокобелковая добавка	Для контроля мышечной и жировой массы тела, а также увеличения скоростно-силовых показателей
Белково-углеводная добавка	Увеличить абсолютные и относительные показатели мышечной массы спортсмена и восстановить энергетические ресурсы организма
Углеводно-белковая добавка	Способствовать быстрому восстановлению энергетических ресурсов организма
Высокоуглеводная добавка	Для восполнения энергетических ресурсов организма
Углеводно-минеральные напитки	Для поддержания водно-электролитного баланса организма
Изотонические напитки	Для поддержания баланса жидкости и минералов в организме
Гипотонические напитки	Для быстрого восполнения потерь жидкости и минералов в организме
Диетические добавки	Активизировать обменные процессы, повысить адаптационный потенциал

Н.Н. Ишенбаева

И. Рazzakov атындағы КМТУ, Бишкек, Кыргыз Республикасы
КГТУ им. И.Раззакова, Бишкек, Кыргызская Республика

N.N. Ishenbaeva

I. Razzakov KSTU, Bishkek, Kyrgyz Republic
nazgul.ishenbaeva@mail.ru

ПЕРСПЕКТИВЫ СОЗДАНИЯ СПЕЦИАЛИЗИРОВАННЫХ ПИЩЕВЫХ ПРОДУКТОВ ДЛЯ СПОРТСМЕНОВ-БОРЦОВ В КЫРГЫЗСТАНЕ

КЫРГЫЗСТАНДАГЫ СПОРТЧУ-БАЛБАНДАР ҮЧҮН АДИСТЕШТИРИЛГЕН АЗЫҚ-ТУЛУКТӨРДҮ ӨНДҮРҮҮ МУМКҮНЧҮЛҮГҮ

PROSPECTS FOR THE DEVELOPMENT OF SPECIALIZED FOOD PRODUCTS FOR WRESTLERS IN KYRGYZSTAN

Спортчу-балбандар үчүн атайын тамак-аштарды иштеп чыгууда физиологиялык муктаждыктар, рационалдуу тамактануу принциптери жана ингредиенттердин функционалдык касиеттери эске алынуусу зарыл. Бул макалада алардын тамактануусун уюштуруудагы учурдагы ыкмалар каралып, спортсмендерге арналган жаңы азық-түлүктөрдүн эксперименталдык иштегин чыгуусу баяндалат: суусундук «Bal-Suu», бал композициясы «Иммунка», жана кургатылган жемши-бал слайстары. Бардык азыктар табигый бал жана регионалдык өсүмдүк чийки заттарынан жасалып, жогорку азыктуулук жана функционалдык баалуулуктарга ээ. Витамин-минералдык курамы мн өзгөчөлөнүп, антиоксиданттык коргоону жана энергия менен камсыздайт. Азыктар спортчулар үчүн колдонууга ыңгайлуу, машыгуу жана калыбына келүү мезгилиnde колдонуу сунушталат. Изилдөөнүн жыйынтыктары балдын спортчулар жана кеңири калк үчүн атайын тамак-аши азыктарында негизги ингредиент катары колдонулушу келечектүү экенин тастыктап турат.

Түйүндүү сөздөр: атайын тамак-аши азыктары, спортчу-балбандар, табигый бал, спортынук тамактануу, калыбына келтирүү, антиоксиданттар.

При проектировании специализированного питания для борцов необходимо учитывать физиологические потребности, основы рационального питания и функциональные свойства используемых ингредиентов. В статье представлен обзор современных подходов к организации спортивного питания борцов и описаны результаты разработанных новых продуктов: медовая вода «Bal-Suu», медовая композиция «Иммунка» и сухие фруктово-медовые слайсы. Все продукты разработаны с использованием натурального мёда и регионального растительного сырья, что обеспечивает высокую пищевую и функциональную ценность, богатый витаминно-минеральный состав, антиоксидантную защиту и энергетическую поддержку организма. Представленные продукты отличаются удобством применения спортсменами и потенциальной эффективностью в период подготовки и восстановления после соревнований. Результаты исследования подтверждают перспективность использования мёда как ключевого ингредиента специализированных продуктов питания для спортсменов и широкого круга потребителей.

Ключевые слова: специализированные продукты питания, спортсмены-борцы, натуральный мёд, спортивное питание, восстановление, антиоксиданты.

The development of specialized food products for wrestler-athletes requires consideration of physiological needs, rational nutrition principles, and the use of functional ingredients. This article presents a review of current approaches to organizing nutrition for wrestlers and describes the experimental development of new products: honey water "Bal-Suu", honey composition "Immunka", and dried fruit-honey slices. All products are based on natural honey and regional plant raw materials, providing high nutritional and functional value, a rich vitamin-mineral composition, antioxidant protection, and energy support. The products are convenient for athletes and potentially effective during training and recovery periods. The results confirm the promise of using honey as a key ingredient in specialized food products for athletes and general consumers.

Key words: specialised food products, wrestler-athletes, natural honey, sports nutrition, recovery, antioxidants.

Введение. В последние годы во всем мире растет интерес к здоровому образу жизни, долголетию и нутритивной профилактике хронических заболеваний, разработка и производство продуктов питания для спортсменов динамично развиваются [1]. Спортивное питание представляет собой концентрированную смесь пищевых компонентов, обладающих высокой биологической и энергетической ценностью, предназначенную для использования в качестве дополнительного элемента к обычному рациону [2]. Рациональное и специализированное питание, особенно в периоды соревнований и интенсивных тренировок необходимо организовать грамотно. Несмотря на более высокую цену, такие продукты остаются востребованными и пользуются устойчивой популярностью среди спортсменов [3]. Ассортимент спортивного питания является важным аспектом, поскольку формируется с учетом различий в направлении применения, а также специфики специализированных направлений и видов спорта. По результатам проведенных социологических исследований среди спортсменов установлено, что наибольшее предпочтение они отдают протеиновым продуктам (59%), витаминам и минеральным веществам (50%), аминокислотам (48%), креатину (38%) и энергетическим напиткам (30%) [4]. По употреблению продуктов спортивного питания, основную долю занимает США – 52%, Европа – 30%, а остальные страны занимают 16% [5, 6].

Кыргызстан достиг заметных успехов на международной спортивной арене, особенно в таких видах спорта, как спортивная борьба, тяжелая атлетика, дзюдо, футбол и бокс. С момента выступления национальной сборной в качестве независимой команды спортсмены завоевали 14 олимпийских медалей, из которых 11 приходится на спортивную борьбу [7]. К основным видам спортивной борьбы относятся вольная и греко-римская (классическая) борьба, дзюдо, самбо и борьба на поясах. Среди них наибольшей популярностью в Кыргызстане пользуются вольная и греко-римская борьба, которые традиционно обеспечивают высокие результаты на международных соревнованиях. Указанные виды спорта характеризуются высокой потребностью в физической выносливости, силовой подготовке и дисциплине. Существенным фактором, определяющим успешность выступлений борцов, является рациональное и специализированное питание, особенно в периоды интенсивных тренировок и соревнований. Оно играет ключевую роль в достижении оптимальной массы тела и подготовке к выступлениям в соответствующей весовой категории [8].

Однако в Кыргызстане нет пищевых предприятий, которое производят специальные спортивные продукты питания, а импортные продукты. Не позволяет комплексно решать проблему. Кроме того, вопрос обеспечения кыргызских спортсменов качественным питанием во время участия в зарубежных соревнованиях до настоящего времени остается нерешенным. Целью данной работы является анализ современных подходов к организации питания спортсменов-борцов и поиск решения методов по разработке специализированных продуктов.

Особенности физиологии спортсменов. Организация питания борцов в Кыргызстане должна строиться с учетом физиологических потребностей спортсменов и на основе научно обоснованных подходов. Среднесуточные энергозатраты борцов при массе тела около 70 кг

составляют 4500–5500 ккал. Рекомендуемые нормы потребления энергии и основных нутриентов для спортсменов-борцов представлены в таблице 3 [9].

Таблица 3 – Рекомендуемое суточное потребление энергии (ккал), нутриентов и пищевых продуктов (г) для спортсменов-борцов

Показатели	Примерная калорийность 1 г продукта, ккал	Потребление на 1 кг веса, г
Калорийность		65-70
Белки, всего	4	2,4–2,5 (10 ккал)
- растительные		1,2–1,3
- животные		1,2–1,3
Жиры, всего	9	2,0–2,1 (20 ккал)
- растительные		0,5–0,6
- животные		1,5–1,5
Углеводы	4	9,0–10,0 (40 ккал)

Дневной рацион борца по объёму должен быть умеренным, чтобы избежать перегрузки органов пищеварения. В связи с этим в рацион спортсмена необходимо включать высококалорийные, легкоусвояемые и биологически полноценные продукты. Питание должно обеспечивать организм необходимым количеством витаминов, микроэлементов и минеральных солей. Соответствующие нормы суточной потребности приведены в таблице 4 [9].

Таблица 4 – Суточная потребность спортсменов-борцов в витаминах и минеральных веществах

Витамины	Суточная потребность, мг	Минеральные вещества	Суточная потребность, мг	
			14-17 лет	18-29 лет
B ₁ (тиамин)	1,7–2	Калий	1200	800
B ₂ (рибофлавин)	2–2,5	Фосфор	1800	1200
B ₃ (пантотенат)	5–10	Магний	300	500
B ₆ (пиридоксин)	2–2,5	Железо	18	15
B ₁₂ (кобаламин)	3–3,2	Натрий	6000	4000
B ₉ (фолацин)	0,2–0,5	Калий	5000	2500
РР (ниацин)	19–20	Хлориды	7000	5000
C (аскарбиновая кислота)	70–75	Цинк	10–15	
A (ретинол)	1–1,2	Марганец	5–10	
E (токоферол)	10	Хром	2–2,5	
D (кальциферол)	0,0025	Медь	2	

Для спортсменов, особенно в период интенсивных тренировок, рекомендуется увеличение потребления некоторых витаминов и минералов. Для стимулирования мышечной деятельности в пищевых продуктах должны преобладать полноценные белки. А пищевой рацион после выступления на соревнованиях необходимо обогатить легкоусвояемыми углеводами [6, 7].

Группа пищевых продуктов для питания спортсменов. К специализированным продуктам для спортсменов относятся протеиновые добавки, углеводные и изотонические

напитки, креатин, белковые батончики и другие виды. Они предназначены для оперативного восполнения дефицита необходимых нутриентов, способствуют росту мышечной массы (гейнеры), снижению жировых отложений, поддержанию общего тонуса [10-12]. Согласно положению, принятому Международным олимпийским комитетом, к специализированным пищевым продуктам для питания спортсменов отнесены четыре вида пищевых продуктов (табл. 1).

Таблица 1 – Группа пищевых продуктов для питания спортсменов [5]

Категория продуктов питания	Отличительные черты
Функциональные продукты питания	Дополнительно обогащены дополнительно макроэлементами или микроэлементами
Готовая пища для питания спортсменов	Удобны для использования во время тренировок (батончики, напитки)
Выбранные питательные вещества	Пищевые компоненты, представленные в концентрированном виде (белковые концентраты, креатин, аминокислоты, кардиодобавки, витаминно-минеральные комплексы)
Многокомпонентные пищевые продукты	Целевое сочетание питательных веществ (для наращивания мышечной массы и др.)

На территории Евразийского экономического союза (ЕАЭС) обращение специализированной пищевой продукции для спортсменов регулируется Техническим регламентом Таможенного союза ТР ТС 027/2012 «О безопасности отдельных видов специализированной пищевой продукции, включая диетическое лечебное и диетическое профилактическое питание». В соответствии с данным нормативным документом, пищевая продукция для спортсменов определяется как специализированный продукт, характеризующийся определенным химическим составом, повышенной пищевой ценностью и направленным физиологическим эффектом [13]. Основные особенности микронутриентного состава специализированных продуктов питания представлены в таблице 2 [5].

Таблица 2 – Классификация специализированных пищевых продуктов, предназначенных для спортсменов

Пищевые продукты	Цель и назначения
Высокобелковая добавка	Для контроля мышечной и жировой массы тела, а также увеличения скоростно-силовых показателей
Белково-углеводная добавка	Увеличить абсолютные и относительные показатели мышечной массы спортсмена и восстановить энергетические ресурсы организма
Углеводно-белковая добавка	Способствовать быстрому восстановлению энергетических ресурсов организма
Высокоуглеводная добавка	Для восполнения энергетических ресурсов организма
Углеводно-минеральные напитки	Для поддержания водно-электролитного баланса организма
Изотонические напитки	Для поддержания баланса жидкости и минералов в организме
Гипотонические напитки	Для быстрого восполнения потерь жидкости и минералов в организме
Диетические добавки	Активизировать обменные процессы, повысить адаптационный потенциал

При разработке функциональных пищевых продуктов необходимо тщательно обосновывать выбор ингредиентов с учетом их совокупных потребительских характеристик и направленного физиологического воздействия на организм. Следует подчеркнуть, что разработка специализированных пищевых продуктов для спортсменов должна учитывать их пищевые привычки, особенности национального рациона и использование регионального сырья, так как употребление непривычных продуктов способно вызвать расстройства пищеварения. Среди продуктов с высокой энергетической ценностью и богатым минеральным составом особое место занимает мёд, о его свойствах и преимуществах будет подробно изложено в следующем разделе.

Функциональные свойства мёда и его потенциал в спортивном питании.

По совокупности функционально-технологических и биологических характеристик натуральный мёд представляет собой один из наиболее перспективных ингредиентов для создания специализированных пищевых продуктов для спортсменов-борцов. Продукты пчеловодства благодаря их доказанной питательной ценности имеют большой потенциал и перспективу для разработки пищевых продуктов с высокой пищевой ценностью для спортсменов, которые не только удовлетворяют физиологические потребности организма человека в питательных веществах, но и оказывающие профилактическое воздействие [14-16]. Мёд обладает доказанной антимикробной активностью, подавляя широкий спектр патогенных и непатогенных микроорганизмов (дрожжей и грибков) [17, 18]. Антибактериальные свойства мёда связаны с присутствием перекиси водорода, образующейся при действии глюкозооксидазы. Основные ферменты – диастаза, инвертаза и глюкозооксидаза участвуют в расщеплении сахаров и формировании природных консервантов, включая глюконовую кислоту [19].

Доказано, что при его ежедневном употреблении у детей уровень гемоглобина увеличивается в среднем на 24%, а также повышается сопротивляемость организма к различным инфекционным и простудным заболеваниям. Мёд рекомендуется включать в рацион спортсменов, готовящихся к соревнованиям, во время которых требуется высокая затрата мускульной энергии за короткий промежуток времени. Установлено, что мёд способствует увеличению количества эритроцитов и уровня гемоглобина, а также повышает активность лейкоцитов на 7% [20].

Учитывая растущий потребительский спрос на специализированное спортивное питание с натуральными компонентами, актуальной задачей является использование продуктов пчеловодства при разработке новых пищевых продуктов для спортсменов, обладающих антиоксидантными свойствами.

В соответствии с целью исследования были разработаны следующие новые пищевые продукты специального назначения для спортсменов-борцов Кыргызстана: на уровне изобретения создана научно обоснованная рецептура и технология производства медовой воды «Bal-Suu», медовой композиция «Иммунка» и сухие фруктово-медовые слайсы, на которые получены патенты Кыргызской Республики [21, 22, 23].

Предложенные продукты являются инновационными разработками, основанными на применении натурального мёда и регионального растительного сырья, что обеспечивает их функциональные свойства и высокую пищевую ценность. Они предназначены для использования как в спортивном питании, так и в рационе широкого круга потребителей. При разработке новых пищевых продуктов специального назначения особое внимание уделялось доказанным функциональным свойствам ингредиентов и использованию отечественного натурального сырья. В рецептуре использовались продукты пчеловодства – мёд и пчелиная пыльца.

Разработан функциональный напиток «Bal-Suu» на основе натурального мёда с целью обеспечения населения биологически ценной и натуральной продукцией, а также расширения ассортимента продуктов переработки мёда с сохранением его природных свойств и увеличенным сроком хранения. Состав напитка включает натуральный мёд, родниковую воду, сухие и концентрированные экстракты фруктов, ягод и лекарственных

трав, 70%-ный сокосодержащий концентрат ягод и фруктов, а также лимонную кислоту в качестве регулятора кислотности. Сочетание мёда и натуральных экстрактов обеспечивает получение сбалансированного функционального продукта с выраженными оздоровительными свойствами, предназначенного для потребителей всех возрастных групп. Напиток разливается в специально сконструированную тару, позволяющую хранить мёд и воду раздельно до момента использования, что сохраняет полезные свойства ингредиентов и увеличивает срок хранения. Приготовление без термической обработки и консервантов обеспечивает натуральность продукта, оригинальный вкус и аромат, хорошую способность утолять жажду, а также общеукрепляющее, оздоровительное и профилактическое действие, обусловленное биологически активными веществами ингредиентов [21].

Разработана медовая композиция «Иммунка» как профилактическое и общеукрепляющее средство для спортсменов и широких категорий населения. В состав входят натуральный мёд, сухие измельченные плоды и ягоды, полученные методом низкотемпературной вакуумной сушки (цедра и мякоть лимона, плоды шиповника, черная смородина), а также порошки куркумы и имбиря. В качестве основы используется монофлорный шалфейный мёд с выраженными антибактериальными и антиоксидантными свойствами, способный подавлять рост патогенных микроорганизмов, включая *Staphylococcus aureus*, *Escherichia coli*, стрептококки и другие [24, 25]. Композиция популяризирует мёд как натуральный и более полезный заменитель сахара, пригодный для приготовления напитков, чая, смуз и десертов. Напиток на основе мёда обладает освежающим действием и демонстрирует иммуномодулирующие, антиоксидантные и antimикробные свойства. Продукт расширяет ассортимент функциональных напитков, предлагая альтернативу традиционным сокам и газированным напиткам. Для приготовления напитка содержимое одного пакетика заливают 200–250 мл воды (теплой, холодной или горячей, не выше 60 °C) и настаивают 3–5 минут [22].

Разработаны сухие фруктово-медовые слайсы как натуральная функционально обогащенная закуска с целью расширения ассортимента продуктов на основе натуральных компонентов, обладающих улучшенными органолептическими свойствами и сохранением биологически активных веществ. Слайсы содержат натуральный мёд и фрукты (яблоки, абрикосы, груши, сливы и др.). Технология предусматривает замачивание фруктовых слайсов толщиной 3–4 мм в жидким мёде с последующей сушкой, что позволяет сохранить вкус, аромат и цвет фруктов, а также увеличить содержание витаминов, микро- и макроэлементов, антиоксидантов и пищевых волокон [23]. Натуральный мёд обогащает продукт и защищает его от окислительных процессов, а предварительное замачивание способствует восстановлению веществ, теряющихся при сушке. Антиоксиданты мёда и фруктов помогают нейтрализовать свободные радикалы, снижая вероятность окислительного стресса.

Заключение. Продукты специального назначения представляют собой инновационные функциональные решения для спортсменов и лиц, ведущих здоровый образ жизни. Разработанные продукты медовая вода «Bal-Suu», медовая композиция «Иммунка» и сухие фруктово-медовые слайсы, отличаются использованием натурального мёда и регионального растительного сырья, что обеспечивает их высокую пищевую ценность. Совокупность меда и растительных компонентов способствует поддержанию энергетического баланса, укреплению иммунной и антиоксидантной защиты организма, восстановлению после интенсивных тренировок и соревнований, а также укреплению мышечной, костной и соединительной ткани. Предложенные продукты удобны в применении: напитки и слайсы легко включаются в повседневный рацион спортсменов, обеспечивают быстрый и полезный перекус. Использование натурального мёда в качестве основы позволяет повысить биологическую ценность компонентов, обогащает продукты витаминами, минералами и антиоксидантами, а также обеспечивает энергетическую поддержку организма во время тренировочного и восстановительного периодов.

Список литературы

1. Попенко, В. П. Актуальность производства функциональных продуктов [Текст] / В. П. Попенко, П. П. Корниенко // Инновационные решения в аграрной науке – взгляд в будущее: материалы XXIV Междунар. науч.-производ. конф., Майский, 27–28 мая 2020 г. В 2 т. Т. 1. Майский: Белгор. гос. аграр. ун-т им. В.Я. Горина, 2020. – С. 209–210.
2. Андриянов, А. И. Перспективы применения функциональных пищевых продуктов при повышенных физических нагрузках [Текст] / А. И. Андриянов, Е. В. Кравченки // Ульянов. медико-биол. журн. – 2024. – № 2 – С. 128–137. – DOI 10.34014/2227-1848-2024-2-128-142.
3. Доронина, О. К. Современные стратегии спортивного питания [Текст] / О. К. Доронина, Е. Н. Кулага // Человек. Спорт. Медицина. – 2022. – Т. 22, № 2. – С. 131–138.
4. Фомин, С. В. Особенности рынка спортивного питания [Текст] / С. В. Фомин // Технические науки. – 2024. – С. 91–97.
5. Зайцева, И. В. Спорт глазами экономиста: современное состояние предмета [Текст] / И. В. Зайцева // Вопр. экономики. – 2019. – № 11. – С. 100–120.
6. Novokshanova, A. Biomedical, Legal and Technological Aspects of Nutrition for Athletes [Text] / A. Novokshanova, D. Nikityuk // Technology in Sports – Recent Advances, New Perspectives and Application. – 2024. – P. 1–18. – DOI: 10.5772/intechopen.1003840.
7. Солнцев, И. В. Финансирование спорта: зарубежная практика [Текст] / И. В. Солнцев, Н. А. Осокин // Мировая экономика и Междунар. отношения. – 2019. – № 1. – С. 67–74.
8. Википедия – свободная энциклопедия [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://ru.wikipedia.org/wiki>. – Загл. с экрана. – (Дата обращения: 10.05.2025).
9. Темиркулов, Т. Н. Питание спортсменов сборной команды Кыргызской Республики по греко-римской борьбе [Текст] / Т.Н. Темиркулов, М.Д. Кудрявцев // Физическое воспитание, спорт, физическая реабилитация и рекреация: проблемы и перспективы развития. Материалы XII Международной научно-практической конференции, Красноярск: СибГУ им. академика М. Ф. Решетнева, 2022. – С. 404–407.
10. Golubnitschaja, O. Opinion controversy to chromium picolinate therapy's safety and efficacy: ignoring 'anecdotes' of case reports or recognising individual risks and new guidelines urgency to introduce innovation by predictive diagnostics [Text] / O. Golubnitschaja, K. Yeghiazaryan // EPMA J. – 2012. – Vol. 3, N 1. – P. 11.
11. Авилова, И. А. Индустрия спорта и ее роль в экономике государства [Текст] / И. А. Авилова // Теорет. экономика. – 2024 – № 4. – С.61–71. – Режим доступа: <http://www.theoreticaleconomy.ru>.
12. Ермакова, Е. Г. Спортивное питание. Критерии выбора спортивного питания [Текст] / Е. Г. Ермакова // Междунар. журн. гуманит. и естеств. наук. – 2018. – Т. 1, № 5. – С. 37–39.
13. Максименко, И. Г. Состояние проблемы определения энергозатрат и рационального питания юных спортсменов в спортивных играх [Текст] / И. Г. Максименко // Педагогика, психология и медико-биол. проблемы физ. воспитания и спорта. – 2012. – № 4. – С. 78–80.
14. Евразийская экономическая комиссия. Технический регламент Таможенного союза ТР ТС 027/2012 «О безопасности отдельных видов специализированной пищевой продукции, в том числе диетического лечебного и диетического профилактического питания» // Сертификация и декларирование ЕАС. – 2013. – № 34.
15. Ahmad, M. G. New insights into the biological and pharmaceutical properties of royal jelly [Text] / M. G. Ahmad // Int. J. Mol. Sci. – 2020. – Vol. 21. – P. 382.
16. Habryka, C. The effect of enriching honey with propolis on the antioxidant activity, sensory characteristics, and quality parameters [Text] / C. Habryka, R. Socha, L. Juszczak // Molecules. – 2020. – Vol. 25. – P. 1176. – doi: 10.3390/molecules25051176.

17. Гашева, М. А. Подбор заквасочных культур при производстве кисломолочного ферментированного напитков на основе козьего молока [Текст] / М. А. Гашева // Научные исслед.: итоги и перспективы. – 2021. – № 18(3) – С. 17–23.
18. Kanwal, Hanif. Review Article. Medicinal properties of honey [Text] / Hanif Kanwal // Zoo Botanica. – 2024. – Vol. 02, N 3. – P. 277–285. – Режим доступа: <https://doi.org/10.55627/zoobotanica.002.03.0880>. – Загл. с экрана.
19. Feknous, N. Natural bioactive compounds of honey and their antimicrobial activity [Text] / N. Feknous, M. Boumendjel // Czech Journal of Food Sciences. – 2022. – Vol. 40, N 3. – P. 163–178. – Режим доступа: <https://doi.org/10.17221/247/2021-CJFS>. – Загл. с экрана.
20. Szweda, P. Antimicrobial activity of honey [Text] / P. Szweda // Honey Analysis. – 2017. – Vol. 3. – P. 15.
21. 246. Пат. 2160 КР, A23L 2/38. Медовая вода «Bal-Suu» и способ ее приготовления [Текст] / К. А. Алы, Н. Н. Ишенбаева. – № 2180075. 1; Заявл. 03.10.2018; Опубл. 31.07.2019, Бюл. № 7.
22. Пат. 2248 КР, A23L 2/385. Медовая композиция «Иммунка» [Текст] / К. А. Алы, Н. Н. Ишенбаева, М. М. Мусульманова. – № 20200057. 1; Заявл. 08.12.2020; Опубл. 15.06.2021, Бюл. № 6/1.
23. Пат. 2249 КР, A23L 19/00. Способ производств сухих фруктово-медовых слайсов и сухие фруктово-медовые слайсы [Текст] / К. А. Алы, Н. Н. Ишенбаева, М. М. Мусульманова. – № 2180075. 1; Заявл. 28.12.2020; Опубл. 15.06.2021, Бюл. № 6/1.
24. Ishenbaeva, N. N. Identification of the botanical origin and determination of physicochemical parameters of honey samples collected from the Sary-Chelek biosphere of Kyrgyzstan [Text] / N. N. Ishenbaeva, M. M. Musulmanova, J. N. Smanalieva // Uludağ Arıcılık Dergisi – Uludag Bee Journal. – 2024. – Vol. 24, N 1. – P. 79–92. – Режим доступа: <http://dx.doi.org/10.31467/uluaricilik.1423188>. – Загл. с экрана.
25. Ишенбаева, Н. Н. Качество и показатели пищевой безопасности шалфейного, тимьянового и эремурусового мёда, собранного в биосферном заповеднике «Сары-Челек» [Текст] / Н. Н. Ишенбаева, М. М. Мусульманова, Ж. Н. Сманалиева // Вестн. Кыргыз. гос. техн. ун-та им. И. Раззакова. – 2025. – № 3 (75). – С. 859–871.

Ж. Н. Сманалиева

И. Рazzakov атындағы КМТУ, Бишкек, Кыргыз Республикасы
КГТУ им. И. Рazzакова, Бишкек, Кыргызская Республика

J. N. Smanalieva

I. Razzakov KSTU, Bishkek, Kyrgyz Republic
jamila.smanalieva@kstu.kg

РЕОЛОГИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ ПРОЦЕССА ПРОИЗВОДСТВА КРЕМООБРАЗНОГО МЕДА

КРЕМ БАЛДЫ ӨНДҮРҮҮ ПРОЦЕССИННИН РЕОЛОГИЯЛЫК АНАЛИЗИ

RHEOLOGICAL ANALYSIS OF THE CREAMY HONEY PRODUCTION PROCESS

Бал – биологиялык активдүү заттардын эсебинен адамдын ден соолугу үчүн пайдалуу касиетке ээ болгон баалуу табигый азықтык продукт болуп саналат. Балдын сапаты нектарды түзгөн өсүмдүктөрдүн ботаникалык келип чыгышына гана эмес, ошондой эле аны иштетүү жана сактоо технологиялык процесстеринин режимине да көз каранды. Бул изилдөөнүн максаты – крем түрүндөгү балды өндүрүү процессинде кристалдашкан балдын реологиялык касиеттеринин өзгөрүүсүн изилдөө болуп саналат. Изилдөөдө температуралын жана механикалык иштетүүнүн балдын илээшкектүүлүгүнө, консистенция коэффициентине жана агым индексине тийгизген таасири каралган. Аныкталгандай, кристалдашкан бал псевдопластикалык касиетке ээ болуп, анын реологиялык мүнөздөмөлөрү Оствальд–де Виль степендүү модели менен жасалы сүрөттөлөт. Балды 32–34 °C чейин ысытуу кристаллдардын эришине жана илээшкектүүлүктүн төмөндөшүнө өбөлгө түзөт, ал эми кийинки аралаштыруу бир тектүү, крем сымал консистенциянын пайда болушуна мүмкүндүк берет. Мындай продукт фасовкага ылайыктуу болот. Бал 1,5 ай сакталгандан кийин анын илээшкектүүлүгү жогорулап, консистенциясы турукташканы байкалган. Изилдөөнүн жыйынтыктары крем түрүндөгү балды өндүрүүнүн технологиялык режимдерин оптималдаштырууга жана анын сапатын контролдоого мүмкүнчүлүк берет.

Түйүндүү сөздөр: бал, кристалдашкуу, илээшкектик, псевдопластикалык, Оствальд–де Виля, кремдеширилген консистенция, реология.

Мёд является ценным натуральным пищевым продуктом, обладающим полезными для здоровья человека свойствами, благодаря биологически активным веществам. Качество мёда зависит не только от ботанического происхождения нектара, но и от режима технологического процесса обработки и хранения продукта. Целью данного исследования является исследование изменения реологических свойств кристаллизованного мёда в процессе производства кремообразного продукта. Изучено влияние температуры и механической обработки на вязкость, коэффициент консистенции и индекс течения мёда. Установлено, что кристаллизованный мёд демонстрирует псевдопластическое поведение, а его реологические характеристики хорошо описываются степенной моделью Оствальда–де Виля. Показано, что нагревание мёда до 32–34 °C способствует растворению кристаллов и снижению вязкости, а последующее перемешивание обеспечивает формирование гомогенной кремообразной консистенции, пригодной для фасовки. После хранения в течение 1,5 месяцев

вязкость мёда увеличивается, а консистенция стабилизируется. Результаты исследования позволяют оптимизировать технологические режимы производства кремообразного мёда и контролировать его качество.

Ключевые слова: мёд, кристаллизация, вязкость, псевдопластичность, модель Оствальд–де Виля, кремообразная консистенция, реология.

Honey is a valuable natural food product containing biologically active compounds and possessing beneficial properties for human health. The quality of honey depends not only on the botanical origin of the nectar but also on the technological processing and storage conditions. The paper presents the changes in the rheological properties of crystallized honey during the production of a creamy honey product. The effects of temperature and mechanical treatment on viscosity, consistency coefficient, and flow behaviour index were examined. It was found that crystallized honey exhibits pseudoplastic behaviour, and its rheological characteristics are well described by the Ostwald–de Wael power-law model. Heating honey to 32–34 °C promotes crystal dissolution and reduces viscosity, while sequential mixing ensures the formation of a homogeneous creamy consistency suitable for packaging. After 1.5 months of storage, honey viscosity increases and its consistency stabilizes. The results of this study allow for the optimization of technological regimes in creamy honey production and the control of product quality.

Key words: honey, crystallization, viscosity, pseudoplasticity, Ostwald–de Wael model, creamy consistency, rheology.

Введение. Реология, согласно определению Бингама, представляет собой науку о деформации и процессах течения вещества. Пищевая реология рассматривает физические характеристики пищевых систем, такие как прочность, вязкость, эластичность и пластиичность. Эти параметры отражают особенности деформационного поведения пищевых масс, которое зачастую отличается от идеализированных механических моделей. Изучение реологических свойств пищевых масс имеет ключевое значение для контроля качества как сырья, так и готовой продукции. Реологические параметры определяет условия транспортировки, хранения и переработки пищевых материалов [1].

В реологии характер течения и деформации пищевых материалов описывается с помощью моделей и уравнений. Фундаментальные реологические уравнения, выведенные из механики твёрдых тел и жидкостей, используются для описания микрореологических свойств материалов [2]. При выборе модели течения основными критериями являются её простота и минимальное количество параметров. Важное значение имеют математические показатели адекватности: стандартное отклонение и коэффициент корреляции между экспериментальными и расчётными данными [3]. Дополнительно для характеристики геодинамического поведения материала измеряют тиксотропию — площадь между прямой и обратной кривыми течения [4].

Мёд является одним из наиболее ценных натуральных пищевых продуктов. Его состав и свойства зависят от ботанического происхождения нектара и пади, собираемых пчёлами, а также от региональных и климатических условий. Реологическое поведение жидких и некристаллизованных сортов мёда в большинстве случаев (при температуре 20 °C и выше) соответствует ньютоновской жидкости, то есть динамическая вязкость остаётся постоянной при изменении скорости сдвига [5, 6, 7]. Большинство сортов мёда, например рапсовый, подсолнечниковый, фруктовый, цветочный и др., представляют собой насыщенные растворы глюкозы (>35 %), которые при хранении склонны к самопроизвольной кристаллизации [1, 3]. В процессе кристаллизации могут формироваться крупные кристаллы, а мёд разделяется на

жидкую (фруктоза) и твёрдую (глюкоза) фазы. Это приводит к ухудшению внешнего вида продукта и повышает риск брожения жидкой фазы. Во время хранения при температуре 14–15 °С вязкость мёда может увеличиваться до 70 Па·с, что значительно затрудняет его технологическую обработку, в частности фасовку в мелкую тару [8]. При производстве мёда не допускается использование пищевых добавок для изменения его структуры или вкусовых качеств, а также ограничивается применение высоких температур: максимально допустимая температура переработки составляет 40 °С [1]. Поэтому управление процессом кристаллизации возможно лишь путём сочетания умеренной тепловой и механической обработки.

В литературе описаны различные режимы контроля кристаллизации мёда. Фирма Carl Fritz (ФРГ), производитель оборудования для переработки мёда, рекомендует перемешивание 2–3 раза по 15–20 минут при температуре 20–22 °С. Нарушение технологии перемешивания приводит к снижению качества, вследствие чего консистенция мёда становится негомогенной и нестабильной при хранении. Следовательно, контроль кристаллизации мёда с применением реологических методов представляет большой практический интерес, так как такие исследования позволяют выбрать оптимальные режимы работы оборудования и наиболее рациональные технологические схемы. Выбор адекватной реологической модели позволяет не только описывать деформационное поведение мёда, но и прогнозировать оптимальные режимы перемешивания и нагрева на производстве.

Таким образом, актуальность проведенного нами исследования определяется необходимостью оптимизации технологического процесса производства кремообразного мёда с учётом реологических свойств материала. Целью данного исследования является изучение изменения реологических параметров в процессе производства кремообразного мёда.

Материал и методы исследования. Для исследования были использованы две партии меда по 90 кг, собранные в Бранденбурге (ФРГ). Произвольно закристаллизованный мёд подогревали до температуры от 12 °С до 32–34 °С в течение 24 часов для растворения кристаллов, после чего перемешивали дважды (с интервалами по 12 часов) по 10 минут с угловой скоростью 25 мин⁻¹ в мешалке “Carl Fritz” (ФРГ). После каждой технологической операции измерялись реологические параметры мёда.

Реологические свойства определяли на ротационном реометре MC 120 (Physica Messtechnik GmbH, Anton Paar) с использованием измерительного тела Z3 DIN. Полученные данные обрабатывались с помощью компьютерной программы US 200 (Physica Messtechnik GmbH, Anton Paar). Кривые течения регистрировались при температурах 25, 30 и 35 °С и скоростях сдвига от 0,2 до 50 с⁻¹. Эффективная вязкость η_{eff} рассчитывалась по степенному уравнению Оствальда–де Виля.

$$\eta_{\text{eff}} = K \cdot \dot{\gamma}^{n-1}$$

$$\tau = K \cdot \dot{\gamma}^n$$

где К – коэффициент консистенции, Па·с; $\dot{\gamma}$ – скорость сдвига, с⁻¹; n – показатель поведения потока.

Результаты исследования и их обсуждение. Основой оценки любой технологии, которая обеспечивает безопасность и оптимальность проектирования оборудования для конкретного функционального пищевого продукта, являются входные данные перерабатываемого материала. Физико-химические показатели образцов представлены в Табл. 1.

Таблица 1 - Физико-химические показатели образцов меда

Параметры	Мёд №396	Мёд №426	Углеводный спектр, %	Мёд №396	Мёд №426
Сорт по пыльцевому анализу	Цветочный летний	Цветочный летний	Фруктоза	40,97	39,71
Пыльцевой состав	19% рапс 21% Rettich-Тур 17% фруктовые 12% гречка	24% рапс 14% редька 19% фруктовые 24% липа	Глюкоза	31,02	29,17
			Изомальтоза	0,70	0,86
			Эрлоза	0,48	0,81
Содержание влаги, %	16,3	16,3	Сахароза	0,26	1,99
Свободные кислоты, мЭКВ/кг	13,0	5	Тураноза	1,94	2,47
pH	4,05	4,73	Мальтоза	2,90	3,00
Электропроводность, мСм/см	0,33	0,46	Треглоза	0,71	0,85
Инвертаза, USieg	125	68	Ф/Г	1,32	1,36

МДВ - массовая доля влаги; *Активность инвертазы указана в единицах Зигенталера, Ф/Г - соотношение фруктозы к глюкозе

Образцы мёда №396 и №426, относящиеся к летнему цветочному типу, демонстрируют различия по органолептическим и физико-химическим показателям, обусловленным пыльцевым составом, т.е. растительным происхождением. Образец № 396 содержит пыльцу рапса капустноцветных, фруктовых и гречихи, тогда как образец №426 содержит пыльцу следующих растений: рапса, капустноцветных, 19% фруктовых и липы. Влажность обоих образцов одинакова (16,3%), однако вязкость при 20 °C у №396 значительно выше (58,87 Па·с), чем у №426 (35,20 Па·с), что указывает на более плотную консистенцию первого образца. Соотношение Ф/Г образцов равно 1,32 - 1,36, в таких сортах мёда при хранении часто развивается грубая кристаллизация или отделение двух фаз. После 6 месяцев хранения образцы мёда имели твердо-кристаллизованную консистенцию. Кристаллы мёда №396 были мелкими, что является хорошей предпосылкой для производства кремообразной консистенции. Размеры кристаллов мёда №426 были сравнительно больше. Причиной может служить различный пыльцевой состав. Мёд №396 отличается более выраженной кислотностью (pH 4,05; свободные кислоты 13 мЭКВ/кг), тогда как образец №426 обладает сравнительно низким уровнем кислотности (pH 4,73; свободные кислоты 5 мЭКВ/кг). Электропроводность образца №426 (0,46 мСм/см) выше, чем у 396 (0,33 мСм/см), что свидетельствует о большем содержании минеральных веществ. Активность инвертазы у №396 (125 USieg/кг) значительно превышает таковую у №426 (68 USieg/кг), отражая более высокую ферментативную активность и меньшую степень термической обработки. Таким образом, образец №396 характеризуется большей вязкостью, кислотностью и ферментативной активностью, тогда как №426 демонстрирует более низкой вязкостью, средний уровень кислотности и повышенное содержание минералов.

Оптимальной температурой для перемешивания кристаллизованного мёда является диапазон 32–34 °C. Поэтому для частичного роспуска мёда использовалась термокамера,

оборудованная датчиком температуры Ecolog TN2, расположенным в центре емкости (рис. 1).

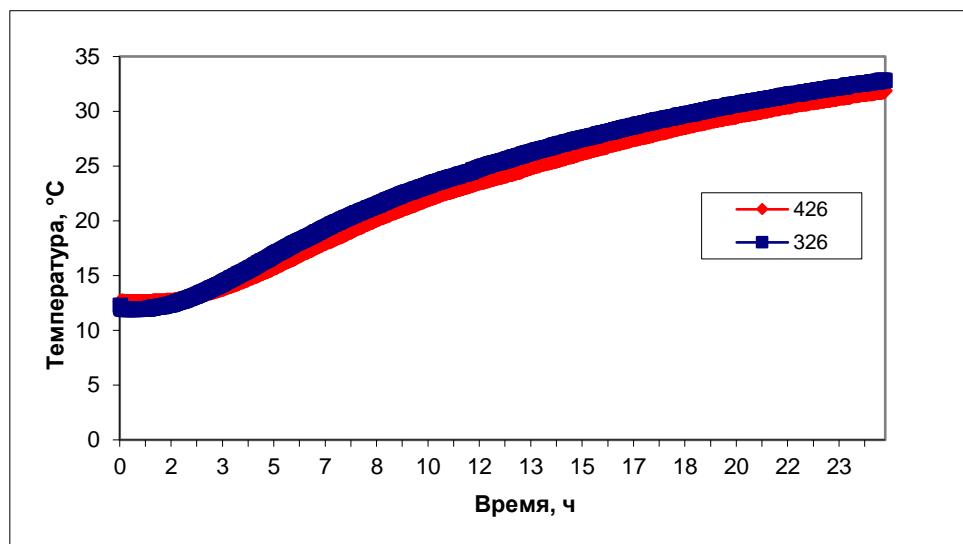


Рисунок 1 - Кривая нестационарного подогрева $T(t)$ мёда при 38,0°C (общая продолжительность подогрева 25 ч)

Начальная температура мёда составляла 12,0 °C. После помещения емкости с мёдом температура терmostата снизилась с 38,0 °C до 27,8 °C. Лишь через 8 часов температура терmostата восстановилась до первоначального значения 38,0 °C. По краям емкости температура мёда превышала температуру в центре из-за низкой теплопроводности продукта. После 25 часов подогрева температура мёда в центральной части емкости достигла 32,8 °C. Для обеспечения однородного прогрева мёд необходимо периодически перемешивать. Чтобы предотвратить дальнейшее повышение температуры, после достижения средней температуры мёда 34,0 °C температура терmostата была снижена до 30,0 °C. Мёд выдерживался при этой температуре в течение 18 часов. После каждой технологической операции измерялись реологические параметры мёда.

На рис. 2 представлена зависимость кажущейся вязкости образца мёда №396 от скорости сдвига.

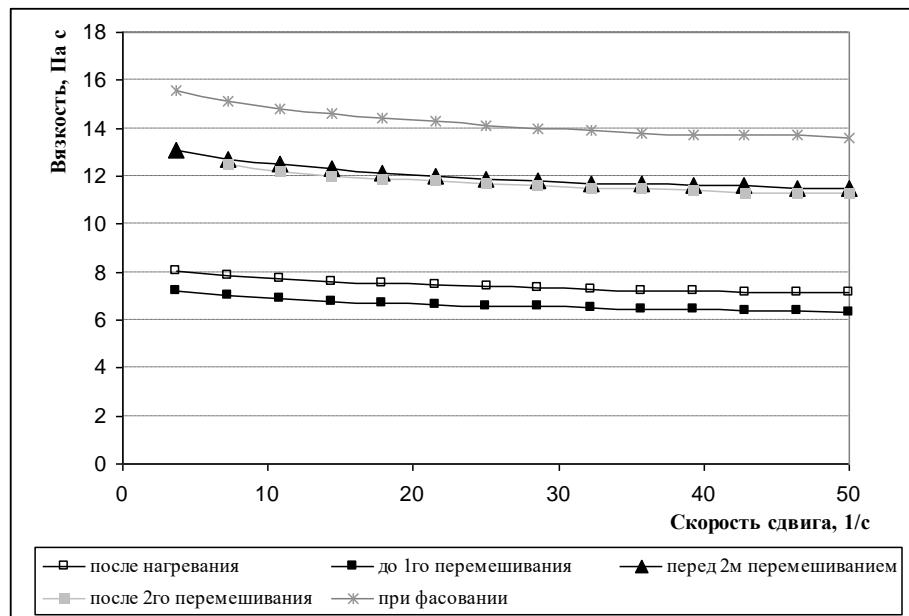


Рисунок 2 - Зависимость кажущейся вязкости образца мёда №396 от скорости сдвига при различных технологических операциях

Установлено, что кажущаяся вязкость снижается с ростом скорости сдвига, что свидетельствует о выраженных псевдопластических свойствах кристаллизованного мёда. Данное явление обусловлено разрушением кристаллических агрегатов и уменьшением сил взаимодействия между ними при увеличении скорости сдвига. Реологическое поведение мёда удовлетворительно описывается степенной моделью Оствальда–де Виля с коэффициентом достоверности аппроксимации $R^2 = 0,999$. Выбор адекватной реологической модели позволяет не только описывать деформационное поведение пищевых масс, но и прогнозировать оптимальные технологические режимы на производстве [7, 9].

Следует отметить, что на результаты значительное влияние оказывает температурный фактор. В нашем случае мешалка не была термически изолирована, вследствие чего температура мёда после каждой технологической операции изменялась (к концу процесса она снизилась примерно на $4\text{ }^{\circ}\text{C}$). Так как температура существенно влияет на вязкость мёда [3, 4], для корректного сравнения реологических характеристик все данные были приведены при постоянной температуре $30\text{ }^{\circ}\text{C}$ (табл. 2). Как видно из таблицы, основное снижение вязкости — на $5\text{ Pa}\cdot\text{c}$ ($\sim 26\%$) — наблюдается при нагревании, что обусловлено растворением кристаллов и уменьшением их размеров.

Таблица 2 - Реологические показатели в процессе технологической переработки меда при $30\text{ }^{\circ}\text{C}$

Процесс	τ_0, Pa	$K, \text{Pa}\cdot\text{s}^n$	n	r	$A_{th}, \text{Pa}/\text{c}$	$\eta_{eff}(50/\text{c}), \text{Pa}\cdot\text{c}$
Мёд №396						
До нагревания		18,63	0,934	0,998	1123	17,78
После нагревания		13,74	0,948	0,999	680	11,21
После перемешивания I		12,37	0,959	0,999	320	10,54
Перед перемешиванием II		14,06	0,948	1,000	731	11,47
После размешивания II		13,91	0,945	0,999	632	11,22
Фасование	0,27	13,60	0,943	1,000	461	10,96
Мёд №426						
До нагревания		15,33	0,963	0,999	789,7	13,26
После нагревания		11,05	0,979	1,000	613,0	10,18
После перемешивания I		10,56	0,981	0,57	408,0	9,80
Перед перемешиванием II		11,31	0,979	1,000	538,8	10,42
После размешивания II		11,16	0,981	1,000	479,7	10,36
Фасование	1,20	11,49	0,975	0,999	231,9	10,44

τ_0 , предел текучести, Па; K – коэффициент консистенции, $\text{Pa}\cdot\text{s}^n$; n – индекс текучести; R – коэффициент корреляции; A_{th} – площадь гистерезиса, Pa/c , $\eta_{eff}(50/\text{c})$ – эффективная вязкость при угловой скорости 50 s^{-1} , $\text{Pa}\cdot\text{c}$.

Коэффициент консистенции K является мерой внутреннего трения и во многом зависит от содержания сухих веществ и структуры системы [10]. После первого перемешивания наблюдается значительное снижение вязкости, обусловленное механическим измельчением кристаллов. Чем сильнее закристализован мёд и чем крупнее кристаллы, тем

более выражено уменьшение вязкости после первой операции. В этот период интенсифицируется процесс растворения кристаллов, снижается коэффициент консистенции, а индекс течения приближается к единице. Таким образом, первое перемешивание способствует формированию гомогенной консистенции при минимальном разрушении структуры.

Затем мёд оставляли на 12 часов, в течение которых он охлаждался примерно на 2 °C, что сопровождалось увеличением вязкости на 0,7–0,9 Па·с. Второе перемешивание привело к незначительному снижению вязкости (на 0,22 Па·с). Консистенция после этой операции была охарактеризована как «кремообразная», и мёд был расфасован с использованием оборудования фирмы Carl Fritz (ФРГ). Разница вязкости между стадиями нагревания и фасования составила 0,25 Па·с (при 30 °C), что отражает эффект перемешивания. Через 1,5 месяца хранения отмечалось увеличение вязкости и стабилизация консистенции мёда.

Выводы. Изучение реологических и теплофизических свойств меда представляет практический интерес, так как эти показатели являются ключевыми факторами, определяющими технологические режимы обработки меда. В ходе исследования установлены ключевые закономерности изменения реологических свойств кристаллизованного мёда при производстве кремообразного продукта. Кристаллизованный мёд демонстрирует псевдопластическое поведение, при котором вязкость уменьшается с ростом скорости сдвига, что хорошо описывается степенной моделью Оствальда–де Виля. Температурный фактор существенно влияет на вязкость: нагревание до 32–34 °C способствует растворению кристаллов и снижению вязкости, а охлаждение повышает её значения. Первое перемешивание обеспечивает механическое измельчение кристаллов, снижение вязкости, формирование гомогенной структуры и приближение индекса течения к единице. Второе перемешивание позволяет достичь кремообразной консистенции, пригодной для фасовки, и стабилизирует структуру продукта. Хранение мёда в течение 1,5 месяцев приводит к увеличению вязкости и стабилизации консистенции, что подтверждает эффективность выбранного режима обработки. Таким образом, комбинация контролируемого нагрева и последовательного перемешивания является эффективным методом управления кристаллизацией мёда, позволяющим получать продукт с однородной консистенцией и стабильными реологическими характеристиками. Эти результаты имеют практическое значение для оптимизации технологических процессов производства кремообразного мёда и обеспечения высокого качества готового продукта.

Список литературы

1. Сманалиева, Ж.Н. Комплексное исследование качества мёда и управление его реологическими свойствами: монография [Текст] / Ж.Н. Сманалиева. - Бишкек: КАЛЕМ, 2023. – 162 с.
2. Rao, M.A. Rheology of fluid and semisolid foods. Principles and Application [Текст] / M.A. Rao. - Aspen Publishers, Inc. Gaithersburg, Maryland, 1996.
3. Smanalieva, J. Analytical and rheological investigations into selected unifloral German honey. [Текст] / J. Smanalieva, B. Senge // Eur Food Res Technol. - 2009. - 229(1) - P. 107-113. doi:10.1007/s00217-009-1031-2
4. Iskakova, J. Investigation of rheological behavior of Kyrgyz traditional food Sary mai [Текст] / J. Iskakova, J. Smanalieva // MANAS Journal of Engineering. – 2020. – 8 (2). – P. 84-89. <https://dergipark.org.tr/en/download/article-file/1150012>
5. Ишенбаева, Н.Н. Качество и показатели пищевой безопасности шалфейного, тимьянового и эремурусового меда, собранного в биосфера заповеднике «Сары-Челек» [Текст] / Н.Н.Ишенбаева, М.М. Мусульманова, Ж.Н. Сманалиева // Известия КГТУ. -2025. - №3(75). –стр. 859-872.

6. Juszczak, L., & Fortuna, T. (2006). Rheology of selected Polish honeys. [Текст] / L. Juszczak, T. Fortuna // Journal of Food Engineering. - 2006. - 75. - P. 43-49. <https://doi.org/10.1016/J.JFOODENG.2005.03.049>.
7. Sopade, P. A. Application of the Williams-Landel-Ferry model to the viscosity-temperature relationship of Australian honey [Текст] / P. A. Sopade, P. Halley, B. Bhandari, B. R. et al. // Food Australia. - 2002. - 56. - P. 67-75.
8. Сманалиева, Ж. Н. Влияние условий хранения на физико-химические и реологические свойства различных сортов мёда [Текст] / Ж. Н. Сманалиева // Известия вузов Кыргызстана. - 2025 - №2. - С.18-20.
9. Исакова, Ж. Т. Реологические свойства кыргызских традиционных продуктов питания [Текст] / Ж.Т. Исакова, Ж.Н. Сманалиева // Известия КГТУ им. И. Рazzакова. - 2020. – №3 (55). – С. 357-362. https://elibrary.ru/download/elibrary_46121617_56334512.pdf
10. Жумашова, Ы. Ж. Разработка новой рецептуры фруктово-овощных пюре с медом и рисом для детского питания [Текст] / Ы. Ж. Жумашова, Ж. Н. Сманалиева // Вестник Воронежского государственного университета инженерных технологий. 2018. - 80(4). - С. 278-282. <https://doi.org/10.20914/2310-1202-2018-4-278-282>

Э.Т. Урмамбетова, М.Т. Тынарбекова, Ж.Н. Сманалиева
 И. Рazzаков атындагы КМТУ, Бишкек, Кыргыз Республикасы
 КГТУ им. И. Рazzакова, Бишкек, Кыргызская Республика

E. T. Urmambetova, M. T. Tynarbekova, J. N. Smanalieva
 I. Razzakov KSTU, Bishkek, Kyrgyz Republic
 elnuraurmanbetova@mail.ru

РАЗРАБОТКА РЕЦЕПТУРЫ КОНДИТЕРСКИХ ИЗДЕЛИЙ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ СУБЛИМИРОВАННЫХ ПЛОДОВО-ЯГОДНЫХ ПОРОШКОВ

СУБЛИМАЦИЯЛАНГАН МӨМӨ-ЖЕМИШ ПОРОШОКТОРУН КОЛДОНУУ МЕНЕН КОНДИТЕРДИК АЗЫКТАРДЫН РЕЦЕПТУРАСЫН ИШТЕП ЧЫГУУ

DEVELOPMENT OF A CONFECTIONERY RECIPE USING FREEZE-DRIED FRUIT AND BERRY POWDERS

Азыркы кондитердик өндүрүштө жасалма кошулмаларды табигый ингредиенттер менен алмаштыруу боюнча туруктуу тенденция байкалууда. Мындаи чечимдердин бири — сублимация ыкмасы менен алынган мөмө-жемииш порошокторун колдонуу болуп саналат. Алар кондитердик азыктарга табигый түс, каныккан даам жана пайдалуу заттарды берет. Бул макала клубника, өрүк жана кара карагаттан алынган сублимацияланган порошокторду колдонуу менен кондитердик азыктардын рецептурсын иштеп чыгууга арналган. Максат жана милдеттерге ылайык, эки түрдүү күмшекер (песочное) печеньеси (анын бири талкан кошулган) жана эки түрдүү зефир иштелип чыкты. Зефирлердеги нымдын массалык улушу 14–15 % түзөт, ал эми печеньелерде орточо 7 % болуп, белгиленген нормаларга ылайык келет. Жаңы даярдалган азыктардын органолептикалык көрсөткүчтөрү эң жогорку баага ээ болду. Сублимацияланган мөмө-жемииш порошокторун кондитердик өндүрүштө колдонуу табигый жана атаандаштыкка жөндөмдүү продукция чыгарууга шарт түзөт, ассортиментти кеңейтүүгө, ошондой эле жаңы мөмө-жемииштерди колдонууга кеткен чыгымдарды азайтууга мүмкүндүк берет.

Түйүндүү сөздөр: сублимация, мөмө-жемииш порошоктору, зефир, токоч, физикалык-химиялык көрсөткүчтөр, органолептикалык анализ.

В современном кондитерском производстве наблюдается устойчивый тренд на использование натуральных ингредиентов, заменяющих искусственные добавки. Одним из таких решений является применение сублимированных плодово-ягодных порошков, которые придают изделиям насыщенный вкус, натуральный цвет и пользу для здоровья. Данная статья посвящена разработке рецептуры кондитерских изделий с использованием сублимированных порошков клубники, абрикоса и смородины. Согласно цели и задачам были разработаны два вида песочного печенья (один с добавлением талкана) и два вида зефира с добавлением сублимированных плодово-ягодных порошков. Массовая доля влаги в зефирах составляет 14 - 15 %, в печеньях составляет в среднем 7 % и соответствует нормам. Органолептические показатели новых продуктов получили наилучшие отзывы. Использование сублимированных плодово-ягодных порошков в производстве кондитерских изделий открывает возможности создания натуральной и конкурентоспособной продукции, способствует расширению ассортимента, снижает затраты на свежие плоды и ягоды в кондитерском производстве.

Ключевые слова: сублимационные плодово-ягодные порошки, зефир, печенье, физико-химические показатели, сенсорный анализ.

In modern confectionery production, there is a steady trend towards using natural ingredients that replace artificial additives. One such solution is the use of freeze-dried fruit and berry powders, which give products a rich taste, natural colour, and health benefits. This article is devoted to the development of a confectionery recipe using freeze-dried strawberry, apricot, and currant powders. According to the goal and objectives, two types of shortbread cookies (one with the addition of talkan) and two types of marshmallows with the addition of freeze-dried fruit and berry powders were developed. The mass fraction of moisture in marshmallows is 14 - 15% of the mass fraction of moisture, and the acidity is less than 5 degrees of acidity. The mass fraction of moisture in cookies averages 7% and meets the standards. The organoleptic properties of the new products have received the best reviews. The use of freeze-dried fruit and berry powders in confectionery production opens up opportunities for developing natural and competitive products, expands the range, and reduces costs associated with fresh fruits and berries.

Key words: *freeze-dried fruit powders, marshmallow, cookies, physicochemical indicators, sensory evaluation.*

Введение. Современное кондитерское производство стремительно развивается в направлении использования натуральных ингредиентов, безопасных для здоровья и обладающих высокой пищевой ценностью. В условиях роста интереса потребителей к продуктам без искусственных добавок, актуальной становится разработка рецептур с применением натуральных компонентов, таких как фруктовые порошки [1].

Фруктовые порошки получают путём сублимационной или распылительной сушки свежих фруктов. В процессе сублимационной сушки сохраняют все основные полезные свойства свежих фруктов (витамины, антиоксиданты), а также высокую концентрацию вкуса и аромата и цвет [2]. Сублимированные порошки имеют длительный срок хранения, их легко транспортировать. Использование фруктовых порошков в кондитерских изделиях позволяет улучшить органолептические показатели, увеличить срок хранения, повысить стабильность рецептуры и снизить зависимость от сезонности сырья [3].

Содержание высокой концентрации биологических активных веществ и удобству в применении, фруктовые порошки позволяют создать обогащенные продукты [4]. Благодаря этим характеристикам, служат превосходным выбором для производства кондитерских изделий с привлекательным вкусом, ароматом и функциональными свойствами. Кроме того, данное направление открывает широкие перспективы для развития малого и среднего бизнеса, в том числе с возможностью экспорта продукции с добавленной стоимостью. Таким образом, разработка рецептуры и технологий кондитерских изделий с использованием фруктовых порошков является актуальной задачей, отвечающей современным требованиям пищевой отрасли и запросам потребителей, обеспечивающих высокое качество, натуральность и улучшенные органолептические характеристики. В данной работе разработаны рецептуры и технологии кондитерских изделий с использованием сублимированных плодово-ягодных порошков, проведены органолептические и физико-химические анализы готовых изделий.

Цель:

Изучение возможностей применения сублимированных плодово-ягодных порошков при разработке новых рецептур кондитерских изделий с целью повышения их качества, расширения ассортимента и создания конкурентоспособной продукции.

Задачи:

1. Рассмотреть влияние сублимированных плодово-ягодных порошков на органолептические и технологические свойства кондитерских изделий.
2. Оценить экономическую эффективность использования порошков по сравнению со свежими плодами и ягодами.
3. Определить перспективы применения порошков для создания функциональных продуктов, обогащённых клетчаткой, полифенольными соединениями и минеральными веществами.
4. Обосновать значимость внедрения натуральных ингредиентов в рецептуры для повышения конкурентоспособности кондитерской продукции.

Материалы и методы. Объектами исследования явились сублимированные фруктовые порошки (ОсОО “ОСКО”, с. Пригородное, Чуйская обл., Кыргызстан):

- *Клубничный* — сладковатый с кислинкой, имеет выраженный аромат и цвет свойственный фруктам;

- *Абрикосовый* — мягкая сладость, насыщенный оранжевый свойственный цвету фруктов;

- *Смородиновый* — высокая кислотность, хорошо выраженный запах, свойственный ягодам, тёмно-бордовый насыщенный цвет;

В рецептуре новых разработанных кондитерских изделий также использовались мука пшеничная высшего сорта (ГОСТ 26574-2017); талкан (обжаренные и измельченные зерна пшеницы и ячменя), сливочное масло, сахар-песок (ГОСТ 33222-2015); яйцо (ГОСТ Р 57901-2017). Лабораторные исследования качества разработанных продуктов проводились на кафедре Пищевая наука и технологии, КГТУ им. И. Рazzакова. Для определения физико-химических показателей в печенье и зефирах применяли следующие методы измерения.

Массовая доля влаги. Измеряли в образцах с помощью анализатора влажности MB23/MB25 (OHAUS, Europe GmbH, Nänikon, Switzerland) (УПЦ «Технолог») [5].

Активность воды (a_w). Для анализа образцы измельчали и помещали в пластиковые стаканчики в ячейки гигрометра AquaLab 4TE (Meter Group, Inc., Pullman, USA).

Определение кислотности. Содержание свободных кислот в образцах измеряли согласно ГОСТ 5898-87, путем титрования 10%-ным раствором 0,1М NaOH до слаборозовой окраски [6].

Результаты и обсуждение. При разработке рецептуры важно учитывать процентное содержание фруктового порошка в рецептуре (обычно 5-25% от массы муки), а также баланс кислотности и сладости. Фруктовые порошки также влияют на текстуру и влажность теста. После нескольких экспериментов разработаны четыре вида кондитерских изделий, рецептуры которых представлены в таблицах 1, 2.

Таблица 1 – Рецептуры печенья с добавлением сублимированных фруктовых порошков

Ингредиенты	Масса, г	
	Образец №1 (с пшеничным талканом, с начинкой из смородинового порошка)	Образец №2 (Песочное печенье, с начинкой из абрикосового порошка)
Мука	300	200
Талкан	300	-
Сливочное масло	250	150
Сахар	200	200
Яйцо	100	50
Разрыхлитель	25	-
Начинка	смородиновый порошок – 20 г, сахар – 20 г, вода – 20 г, творожный сыр – 40 г	абрикосовый порошок – 50 г, сахар – 50 г, крахмал – 15 г, вода – 100 г
Выход продукта	1000	500

Таблица 2 – Рецептуры зефира с добавлением сублимированных фруктовых порошков

Ингредиенты	Масса, г	
	Образец №1 (с клубничным порошком)	Образец №2 (с джемом из смородины)
Вода	75	75
Сахар	250	250
Агар-агар	8	8

Клубничный порошок	50	
Джем из восстановленной сублимированной смородины		80
Яичный белок	35	35
Выход продукта, г	320	350

Технология приготовления печенья и зефиров проведены по общепринятым технологиям (рис.1, 2).

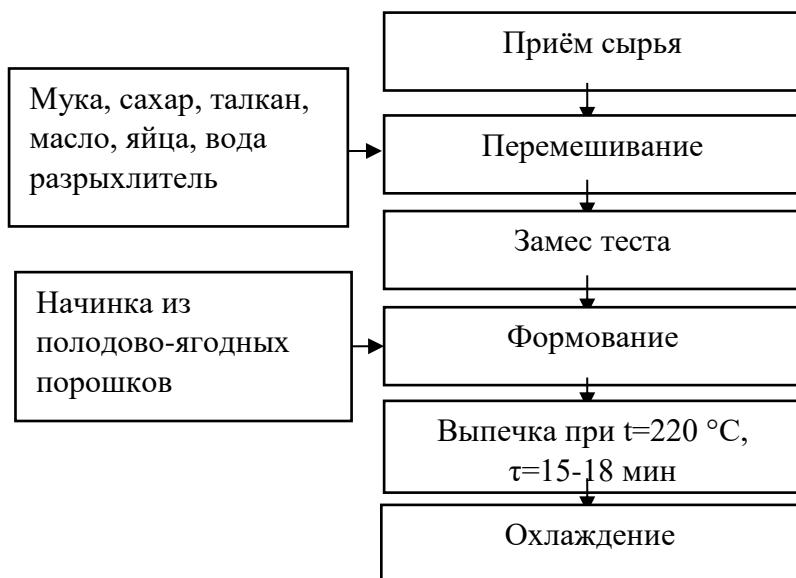


Рисунок 1 – Технология производства печенья

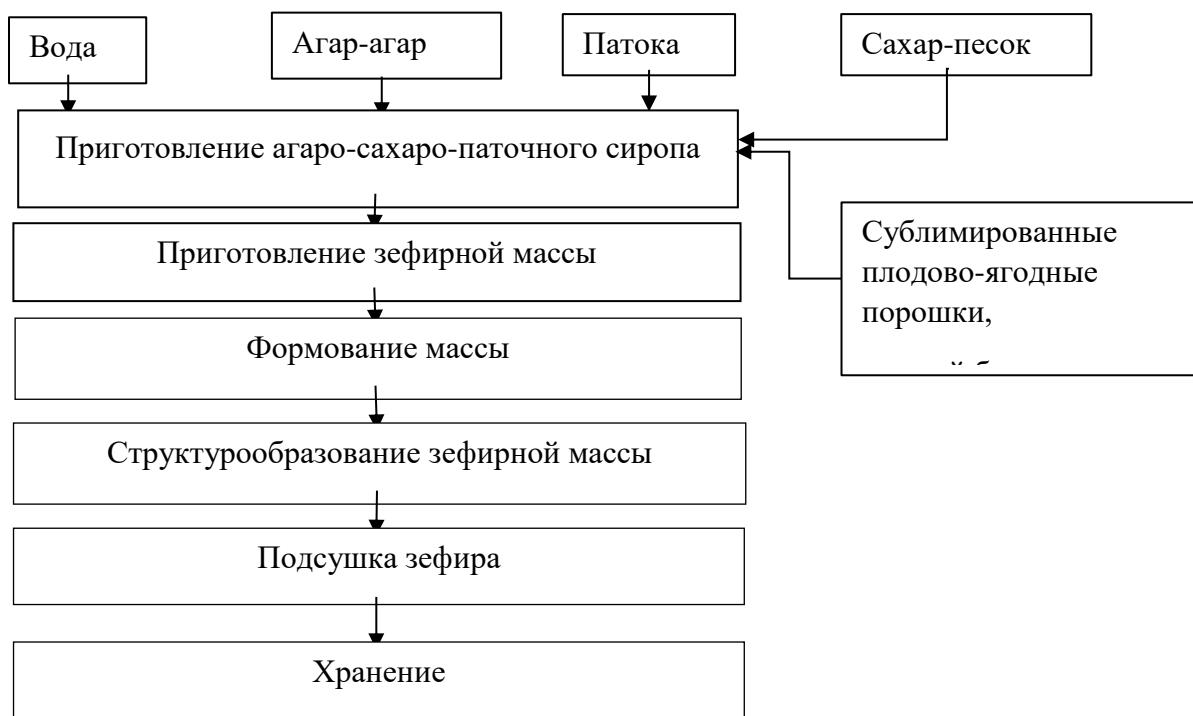


Рисунок 2 – Технология производства зефира

Оптимальные рецептуры выбраны с посредством органолептической оценки по следующим параметрам: вкус (натурализм, насыщенность, баланс кислоты и сладости), цвет (равномерность окрашивания, соответствие натуральному фрукту), аромат (выраженность фруктовых нот), текстура (воздушность, хрупкость, влажность). Полученные результаты органолептического анализа представлены в таблице 3.

Таблица 3 – Органолептические показатели разработанных кондитерских изделий

№	Изделия	Показатели				Образцы
		Цвет	Вид в изломе	Структура	Вкус и запах	
1	Печенье с талканом и смородиной	Равномер -ный, коричневый	Печенье с пористой и рассыпчатой структурой, начинка внутри изделия.	Шероховатая с извилистыми трещинками	Выраженный вкус жареной пшеницы, Вкус начинки - кисло-сладкий, свойственный ягоде, без посторонних запахов и привкусов.	
2	Печенье с джемом из абрикоса	Равномер ный, светло-кремовый	Печенье с пористой и рассыпчатой структурой, с начинкой.	Шероховатая, рассыпчатая	Нежно-сливочный, выраженный вкус и запах абрикоса	
3	Зефир с клубникой	Равномер ный, светло-розовый	Пористая, однородная структура	Мягкая, воздушная, затяжистая	Выраженный, свойственный клубнике	
4	Зефир со смородиной	Равномер ный, бордовый	Пористая, однородная структура	Пластичная, мягкая	Выраженный, свойственный чёрной смородине	

Проведена дегустационная оценка образцов печенья и зефиров. По результатам органолептического анализа.

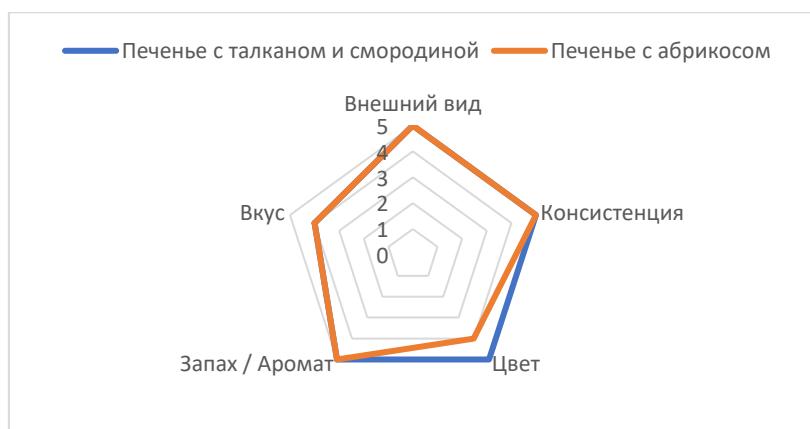


Рисунок 3 – Дегустационный анализ органолептических показателей печенья

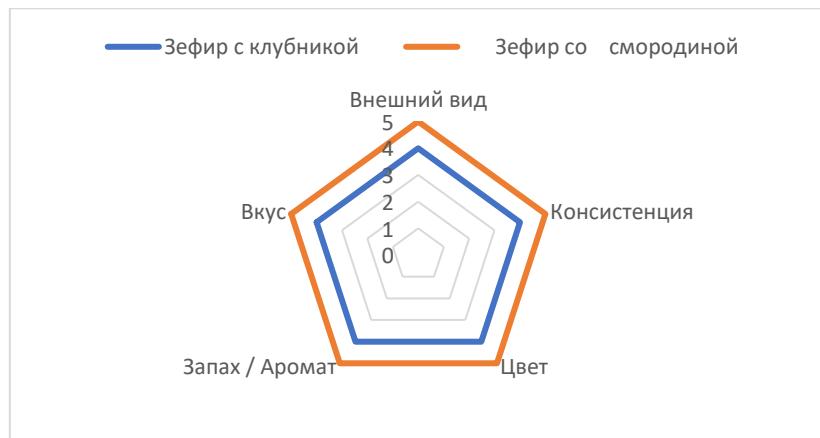


Рисунок 4 – Дегустационный анализ органолептических показателей зефира

Анализ органолептических показателей образцов, свидетельствует об их соответствии требованиям ГОСТ 24901-2014 «Печенье. Общие технические условия» [7]. Показатели активности воды, массовой доли влаги и титруемой кислотности разработанных продуктов представлены на рисунке 5, 6. Значимым показателем качества печенья, способность к длительному хранению изделий является влажность кондитерских изделий. Помимо этого, показатель влажности свидетельствует о выходе готового изделия и его структурно-механических свойств.

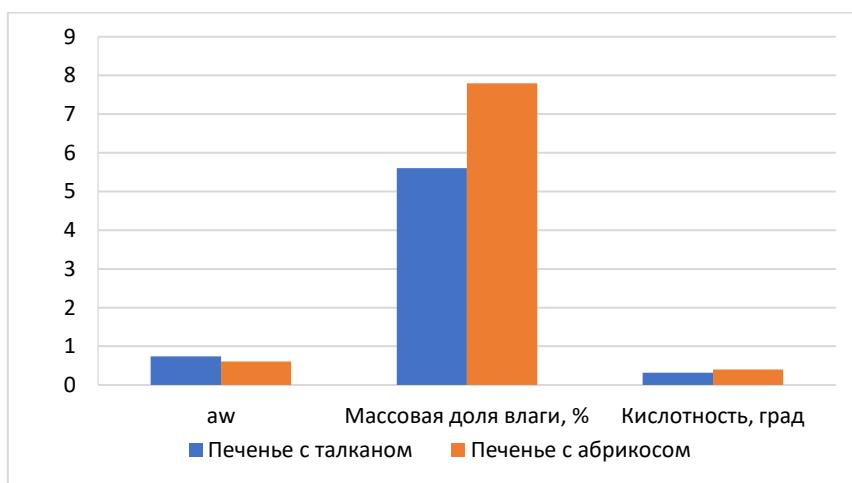


Рисунок 5 – Физико-химические показатели печенья

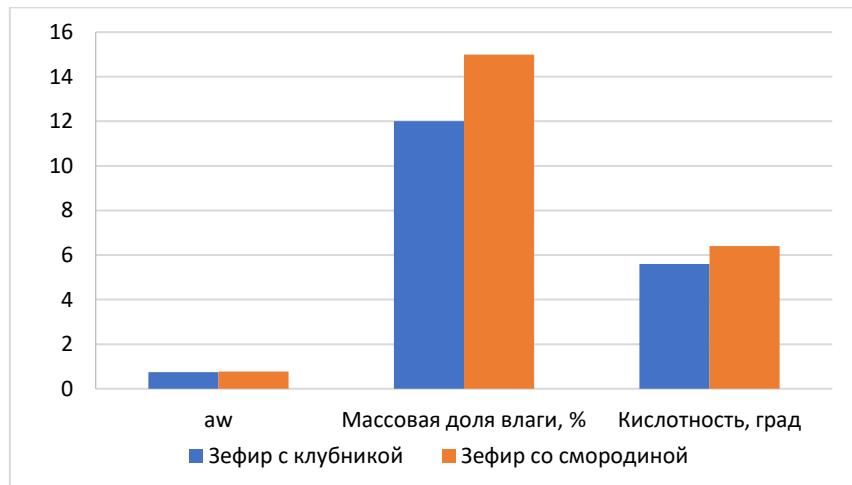


Рисунок 6 – Физико-химические показатели зефира

Как видно из таблицы 4, два вида печенья имеют низкую влажность. Согласно ГОСТ 24901-2014 в печенье допускается содержание влаги до 10 % [7]. Активность воды (a_w) характеризует состояние воды в пищевых продуктах и её причастность к химическим и биологическим изменениям (таким, как гидролитические химические реакции и рост микроорганизмов). При недостатке свободной воды замедляются процессы роста некоторых микроорганизмов. Для большинства микроорганизмов оптимум роста приходится на значение a_w от 0,98 до 1. Таким образом, низкая активность воды разработанных кондитерских изделий гарантирует долгий срок хранения.

Согласно профильному нормативному документу ГОСТ 6441-2014, под зефиром понимается кондитерское изделие, которое производится на основе фруктового, овощного пюре с добавлением структур образователя с плотностью до 0,6 г/см³ и содержанием влаги не более 25% [8, 9]. Кислотность зефиров по данному ГОСТ должна быть не менее 5 град, Зефиры с добавлением фруктовых порошков имеют 14-15% влажности, что соответствуют требованиям ГОСТ 6441-2014.

Выводы. Разработка новых рецептур с применением сублимированных плодово-ягодных порошков способствует улучшению качества и расширению ассортимента кондитерских изделий. Открывает возможности для разработки натуральной и конкурентоспособной продукции. Далее применение сублимированных плодово-ягодных порошков снижает затраты на свежие плоды и ягоды. Перспективами являются возможность создания функциональных продуктов за счёт обогащения кондитерских изделий клетчаткой, полифенольными и минеральными веществами плодово-ягодных порошков.

Список литературы

1. Новикова, И. М. Использование плодово-ягодного сырья в кондитерском производстве [Текст] / И. М. Новикова, О. М. Блинникова. – Наука и образование, 2018. – №1(1).
2. Ермолаев, В. А. Исследование процессов сублимационной сушки ягод. Техника и технология пищевых производств [Текст] / В. А. Ермолаев, Г. А. Масленникова, Н. А. Комарова, Д. Е. Фёдоров. - 2011. - № 1 (20). - с. 67-70.
3. Базарнова, Ю. Г. Дикорастущие ягоды в кондитерском производстве. Кондитерское производство [Текст] / Ю. Г. Базарнова. - 2007. - №4. - с. 16-18.
4. Codex Alimentarius FAO/WHO. Guidelines on Nutrition Labelling: сайт. – 2025 [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://www.fao.org/fao-who-codexalimentarius> (Дата обращения: 08.05.2025)
5. ГОСТ 5900-73. Изделия кондитерские. Методы определения влаги и сухих веществ [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://internet-law.ru/gosts/gost/36926/> (Дата обращения: 08.05.2025)
6. ГОСТ 5898-87. Изделия кондитерские. Методы определения кислотности и щёлочности [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://internet-law.ru/gosts/gost/12107/> (Дата обращения: 08.05.2025)
7. ГОСТ 24901-2014. Печенье. Общие технические условия [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://internet-law.ru/gosts/gost/58308/> (Дата обращения: 08.05.2025)
8. ГОСТ 6441-2014. Изделия кондитерские пастильные. Общие технические условия [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://internet-law.ru/gosts/gost/59121/> (дата обращения: 08.05.2025)
9. ГОСТ 6441-77. Изделия кондитерские пастильные. Технические условия [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://internet-law.ru/gosts/gost/46369/> (Дата обращения: 08.05.2025)

Т.Б. Касенов¹, Б.У. Акунов¹, А.П. Сырбаков²

¹И. Рazzakov атындағы КМТУ, Бишкек, Кыргыз Республикасы

²Кузбасс мамлекеттік агрардық университети,
Кемерово, Россия Федерации

¹КГТУ им. И.Раззакова, Бишкек, Кыргызская Республика

²Кузбасский государственный аграрный университет,
Кемерово, Российская Федерация

Т. В. Kasenov¹, В. У. Akunov¹, A. P. Syrbakov²

¹I. Razzakov KSTU, Bishkek, Kyrgyz Republic

²Kuzbass State Agrarian University, Kemerovo, Russian Federation

ВЛИЯНИЕ АНТИФРИКЦИОННЫХ ПРИСАДОК НА ПОВЫШЕНИЕ ИЗНОСОСТОЙКОСТИ ДЕТАЛЕЙ ДВИГАТЕЛЯ ПРИ ЭКСПЛУАТАЦИИ АВТОМОБИЛЯ В РАЗЛИЧНЫХ УСЛОВИЯХ

**АНТИФРИКЦИЯЛЫҚ КОШУЛМАЛАРДЫН УНАА КҮЙМЫЛДАТҚЫЧЫНЫН
ТЕТИКТЕРИНИН ЭСКИРУҮГӨ ТУРУКТУУЛУГУН ЖОГОРУЛАТУУГА
ТИЙГИЗГЕН ТААСИРИ АР КАНДАЙ ИШТӨӨ ШАРТТАРЫНДА**

**INFLUENCE OF ANTI-FRICTION ADDITIVES ON IMPROVING THE WEAR
RESISTANCE OF ENGINE COMPONENTS DURING VEHICLE OPERATION UNDER
VARIOUS CONDITIONS**

Макалада мотор майларындағы антифрикционлық кошумчалардың ар кандай температуралық, жүктөм жана ылдамдық режимдеринде күймылдуу сүрүлүү жуптарынын эскирүүгө туруктуулугуна тийгизген таасири каралган. Антифрикционлық кошумчалар MPG EXTRA, ER, RENOM, RESURS, жана RVS базалық мотор майларына кошуулуп, кайра-кайра күймылдаган сүрүлүү машинасында белгиленген жүктөм жана ылдамдық режимдеринде сыйналышты. Лабораториялық изилдөөлөрдүн негизинде RESURS жана RVS кошумчалары эң жогорку натыйжалуулукту көрсөттү: мотор майынын негизги көрсөткүчтөрүнө салыштырмалуу керектелген кубаттуулукту 13,5% кыскарттуу жана майдын температурасынын жогорулашын 11–18% га чейин азайтуу байкалган. Изилденген үлгүлөргө жүргүзүлгөн микроструктуралық талдоо, сүрүлүү геомодификаторлору менен иштептегендө беттик оройлуктун жарым-жартылай азайганын көрсөттү. Алынган жыйынтыктар мобилдик машиналардың күймылдатқычтары үчүн мотор майларынын курамын оптималдаштыруу максатында колдонулушу мүмкүн.

Түйүндүү сөздөр: антифрикционлық кошумчалар, сүрүлүү жуптарынын эскирүүгө туруктуулугу, сүрүлүү машинасы, ички күйүү күймылдатқычы, мотор майы.

В статье рассмотрено влияния антифрикционных присадок в моторных маслах на износостойкость подвижных пар трения при различных температурных, нагрузочных и скоростных режимах. Испытания антифрикционных присадок проводились на машине трения возвратно-поступательного движения с базовыми моторными маслами с добавлением присадок MPG EXTRA, ER, RENOM, RESURS, RVS в режиме регламентированных нагрузок и скоростного режима. На основе проведенных лабораторных исследований, присадки RESURS и RVS показали наибольшую

эффективность: снижение потребляемой мощности на 13,5% и уменьшение прироста температуры масла на 11–18%, по сравнению с показателями базового моторного масла. Проведенный микроструктурный анализ исследуемых образцов выявил частичное снижение шероховатости поверхности при обработке их геомодификаторами трения. Полученные результаты могут быть использованы для оптимизации составов моторных масел двигателей мобильных машин.

Ключевые слова: антифрикционные присадки, износостойкость пар трения, машина трения, двигатель внутреннего сгорания, моторное масло.

This article examines the effect of antifriction additives in motor oils on the wear resistance of moving friction pairs under various temperature, load, and speed conditions. Antifriction additive tests were conducted on a reciprocating friction machine with base motor oils supplemented with MPG EXTRA, ER, RENOM, RESURS, and RVS additives under specified load and speed conditions. Laboratory studies showed that RESURS and RVS additives demonstrated the greatest effectiveness: a 13.5% reduction in power consumption and an 11–18% reduction in oil temperature rise, compared to the base motor oil. Microstructural analysis of the test samples revealed a partial reduction in surface roughness when treated with friction modifiers. The results can be used to optimize the formulations of motor oils for mobile engines.

Key words: antifriction additives, wear resistance of friction pairs, friction machine, internal combustion engine, motor oil.

В современных условиях развития автомобилестроения ключевым направлением является оптимизация характеристик двигателей внутреннего сгорания, включающая повышение эффективности и надежности. Значительную роль в обеспечении требуемых параметров играет использование моторных масел, модифицированных посредством введения специализированных присадок. Актуальность исследования влияния данных присадок на функциональные характеристики двигателей обусловлена ужесточением экологических норм, необходимостью рационального использования ресурсов и повышением требований к эксплуатационным свойствам транспортных средств.

1. Цель исследования.

Целью настоящего исследования является установление влияния антифрикционных присадок, вводимых в состав смазочных материалов, на повышение износостойкости деталей машин возвратно-поступательного действия, в частности элементов цилиндропоршневой группы двигателей внутреннего сгорания. Исследование направлено на выявление закономерностей изменения трибологических характеристик трущихся пар при различных условиях эксплуатации, включая переменные температурные, нагрузочные и скоростные режимы. Полученные данные должны способствовать обоснованию эффективного применения антифрикционных присадок с целью увеличения ресурса и повышения надежности работы двигателей в реальных эксплуатационных условиях.

Использование стенда позволило воспроизвести реальные условия трения, возникающие в цилиндропоршневой группе двигателя, и провести количественную оценку степени износа материалов при использовании масел с различными составами антифрикционных присадок.

2. Материал и методы исследования.

Объектом данного исследования является машина трения возвратно-поступательного движения (далее – МТВПД), используемая для исследования трибологических процессов. В рамках исследования будут изучены трибологические характеристики моторных масел на основе Shell Helix 10W-40, как в чистом виде (базовое масло), так и с добавлением различных присадок.

Выбор МТВПД обуславливает учет условий трения, близких к тем, что переход в цилиндропоршневой группе ДВС, возвратно-поступательные движения, переменные нагрузки и температуру. Это позволяет провести детальное изучение присадок по трибологическим характеристикам масел в контролируемых лабораторных условиях. Использование Shell Helix 10W-40 в качестве базового масла обеспечивает возможность

сравнения результатов с другими исследованиями и данными, доступными для этого распространенного масла.

Предметом исследования являются трибологические характеристики (коэффициент трения, износ, температура в открытом контакте) моторных масел при использовании различных типов присадок в условиях, моделируемых на машине трения возвратно-поступательного движения, а именно:

Типы присадок, добавляемых в базовое масло Shell Helix 10W-40:

➤ Кондиционер металла ER: будет исследовано его влияние на коэффициент трения, износ и стабильность трибологических характеристик масла в процессе испытаний.

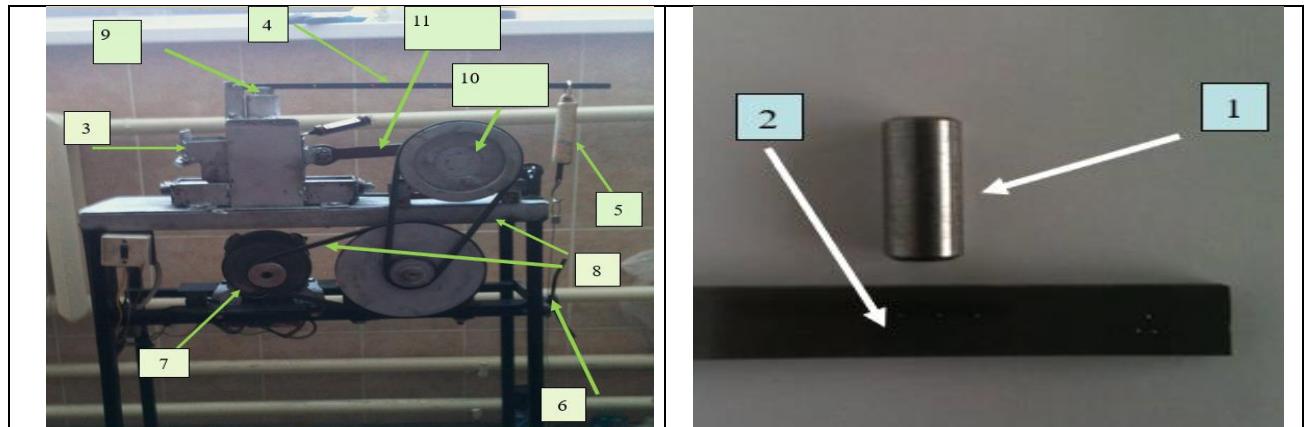
➤ Кондиционер металла РЕНОМ: Сравнение с ER позволяет выявить различия в их влиянии на трибологические параметры.

➤ Кондиционер металла SMT: Включение SMT в исследование позволяет оценить влияние различных типов кондиционеров металла на трибологические характеристики.

➤ Модификатор трения MPG EXTRA: будет исследовано его влияние на снижение коэффициента трения и температурный режим в открытом контакте.

➤ Реметаллизант RESURS: будет исследовано его влияние на износ и возможность восстановления прочности трения.

➤ Ревитализант EVS: будет проведено исследование его влияния на долговечность и сохранение защитного слоя на поверхности трения.

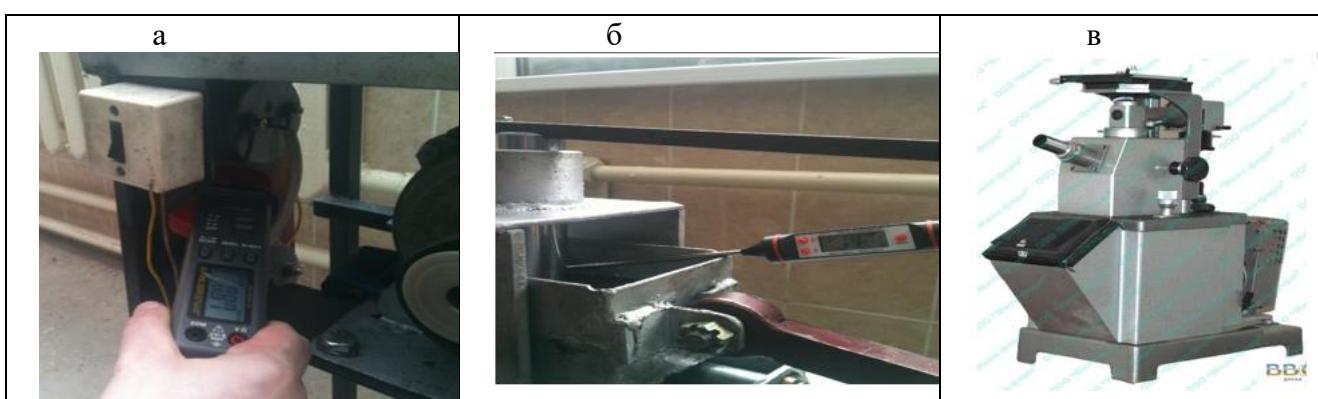


Машина трения возвратно-поступательного движения:

1 – палец, 2 – пластина, 3 – ванна движка, 4 – рычаг нагрузки, 5 – динамометр, 6 – зажим;

7 – электродвигатель, 8 – ременная передача, 9 – нагружаемый образец, 10 – шкив-кривошип, 11 - шатун

Рисунок 1 - Конструкция машины трения возвратно поступательного движения



а - Электронный термометр-щуп ТЕ-113;

б - клещи токоизмерительные APPA 30R

в - металлографический микроскоп МИМ-6

Рисунок 2 - Измерительное оборудование

Метод испытаний основан на взаимном перемещении образцов, прижатых друг к другу с заданным усилием, в среде смазочного материала, подаваемого с помощью движка-ванны. Испытываемый образец фиксируется в цилиндре и контактирует с пластиной, расположенной в движке-ванне.

В качестве привода для движка использовался асинхронный электродвигатель переменного тока АВЕ-071-4СУ4 (220 В, 180 Вт, 1350 об/мин). Передача вращательного движения от электродвигателя осуществлялась через систему ременных передач на кривошипно-шатунный механизм, который преобразовывал вращательное движение в возвратно-поступательное движение движка посредством шатуна.

Трибологические испытания образцов проводились в идентичных условиях нагружения: осевая нагрузка на испытуемый образец составляла 1353 Н, частота вращения приводного шкива - 300 об/мин, общая продолжительность эксперимента - 120 мин. Исследования проводились с использованием как чистого моторного масла, так и моторного масла с добавлением антифрикционных препаратов.

3. Результаты исследования.

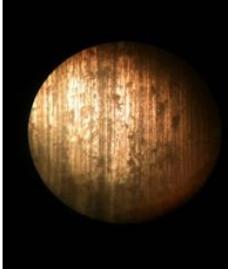
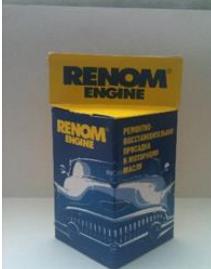
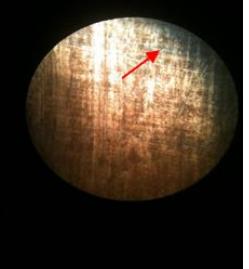
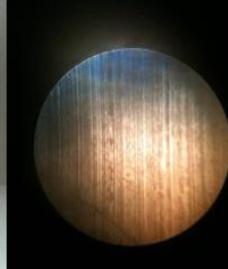
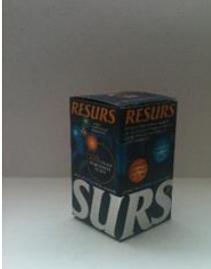
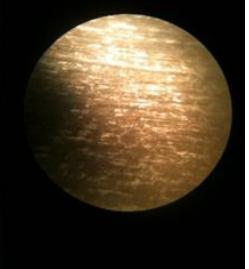
Контроль температуры смазочного материала осуществлялся посредством цифрового термометра-щупа ТЕ-113, обеспечивающего высокую точность измерений.

Для определения величины тока нагрузки на электроприводе использовались токоизмерительные клещи APPA 30R.

Исследование микроструктуры поверхности металлических образцов после воздействия различных составов проводилось с использованием вертикального металлографического микроскопа МИМ-6. Анализ микрофотографий, представленных, позволил установить, что введение геомодификатора приводит к снижению параметров шероховатости поверхности. Наблюдается закономерность, согласно которой увеличение времени обработки образцов с геомодификатором способствует дальнейшему уменьшению шероховатости.

Таблица 1 - Визуальный осмотр микроструктуры поверхности металлических образцов

Визуально установлено, что добавка геомодификатора снижает шероховатость поверхности. При этом, чем дольше образец подвергается обработки с геомодификатором, тем меньше шероховатость полученной поверхности.

			
Масло Shell Helix 10W-40		Масло Shell Helix 10W-40 +RENOM	
			
Масло Shell Helix 10W-40 +ER		Масло Shell Helix 10W-40 +RESURS	

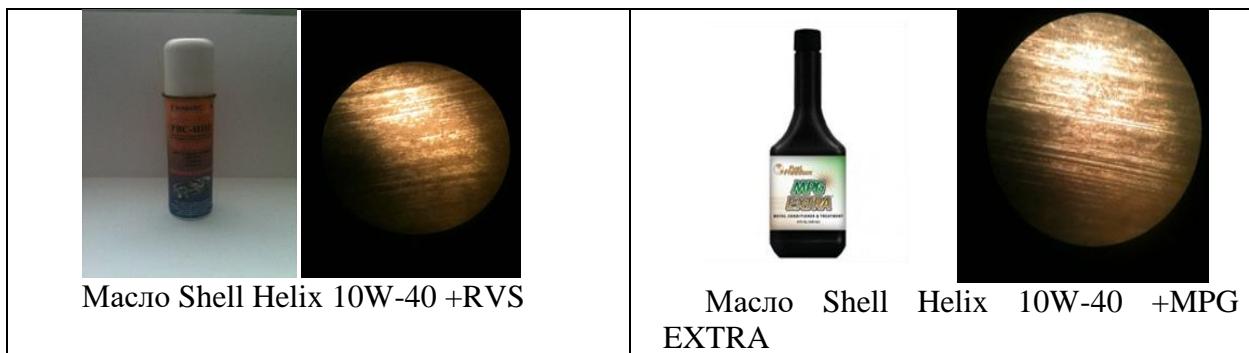


Диаграмма 1 - Средний ток нагрузки электродвигателя

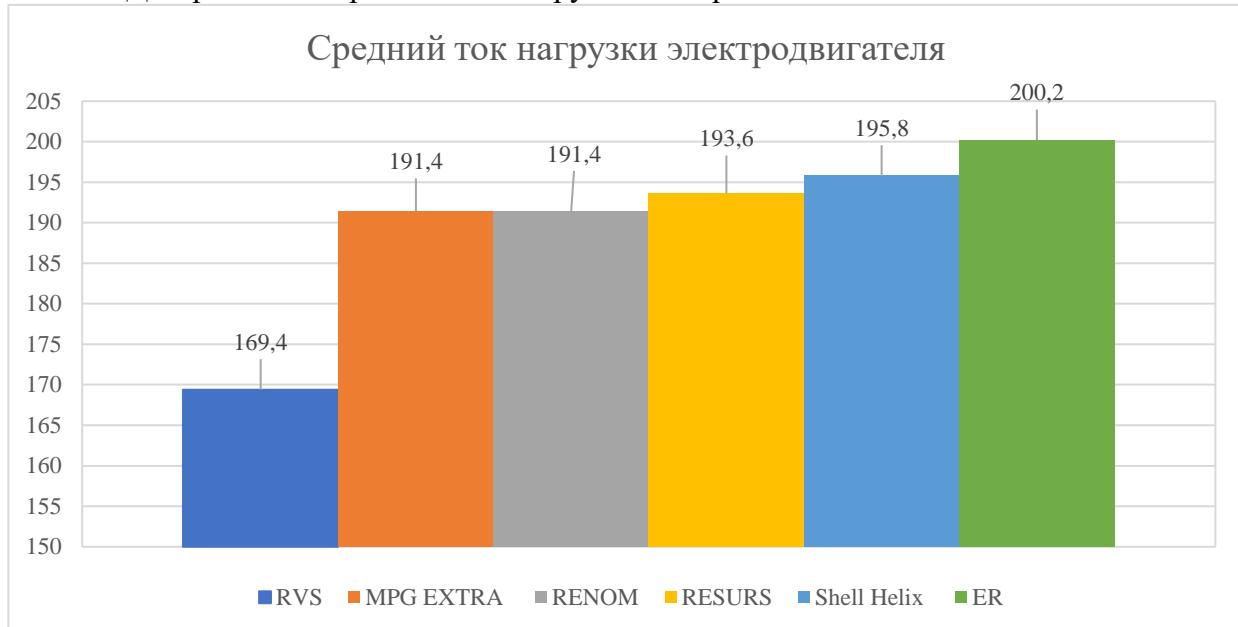


Диаграмма 2 - Средние показатели температуры масла

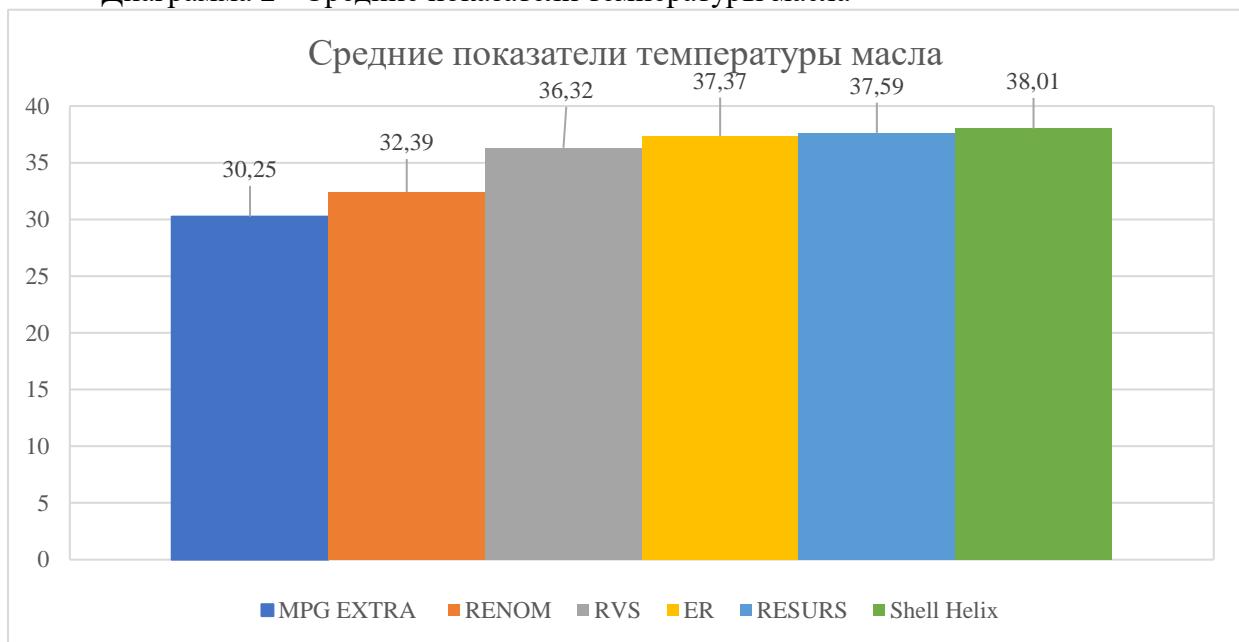


Таблица 2 - Результаты исследования

Результаты исследований антифрикционных препаратов						
Показатели	Shell Helix 10W-40	MPG EXTRA	ER	RENOM	RESURS	RVS
Создаваемое усилие на испытуемом образце, Н	1353					
Время эксперимента, мин	120					
Приводная мощность электродвигателя (Вт)	195,8 100%	191,4 97,7%	200,2 102,2%	191,4 97,7%	193,6 98,8%	169,4 86,5%
Прирост температуры моторного масла в масляной ванне $^{\circ}\text{C}$	21,6 100%	22,1 102,3%	29,0 134,3%	25,4 117,6%	17,8 82,4%	19,1 88,4%

4. Обсуждение результатов.

В рамках исследования была проведена серия лабораторных испытаний на стенде возвратно-поступательного действия с целью оценки эффективности различных антифрикционных препаратов, добавляемых в моторное масло. В качестве базового масла использовалось Shell Helix 10W-40, к которому добавлялись различные присадки: MPG EXTRA, ER, RENOM, RESURS и RVS. Все испытания проводились при постоянной нагрузке на образец — 1353 Н, в течение 120 минут, с замером температуры масла в масляной ванне и мощности привода.

1. Мощность электродвигателя

Приводная мощность электродвигателя служит косвенным показателем сопротивления трению в системе. Базовый состав Shell Helix 10W-40 показал значение 195,8 Вт, что принято за 100%.

Наиболее значительное снижение мощности, то есть уменьшение сопротивления трению, зафиксировано при использовании присадки RVS — 169,4 Вт, что составляет 86,5% от базового уровня. Это указывает на высокую эффективность данной присадки в снижении трения.

Также положительную динамику показали препараты MPG EXTRA (191,4 Вт; 97,7%) и RESURS (193,6 Вт; 98,8%), однако эффект был менее выражен. Присадка ER, наоборот, продемонстрировала увеличение потребляемой мощности — 200,2 Вт (102,2%), что может указывать на увеличение вязкости масла или недостаточное формирование антифрикционного слоя.

2. Прирост температуры масла

Прирост температуры масла в процессе трения является следствием энергорасходов на преодоление сопротивления и частично отражает уровень трения в паре. Наибольший нагрев масла зафиксирован у состава с добавкой ER — 29,0 $^{\circ}\text{C}$, что составляет 134,3% от базового уровня. Это подтверждает ранее сделанный вывод о повышенном сопротивлении трению при использовании данной присадки.

Минимальный прирост температуры был отмечен при использовании RESURS (17,8°C; 82,4%) и RVS (19,1°C; 88,4%), что свидетельствует о снижении трения и лучшей термостабильности системы при этих составах.

3. Сравнительный анализ эффективности

Сравнивая результаты, можно выделить наиболее и наименее эффективные присадки:

- Наиболее эффективные: RVS и RESURS. Они обеспечили как снижение мощности, необходимой для привода, так и уменьшение температуры масла, что указывает на реальное снижение трения.
- Умеренная эффективность: MPG EXTRA и RENOM. Показали незначительное снижение мощности, но не обеспечили существенного термического выигрыша.
- Наименее эффективная: ER, которая привела к увеличению сопротивления и перегреву масла, что может негативно сказываться на ресурсе двигателя.

Вывод.

Проведённое исследование подтвердило высокую значимость применения антифрикционных присадок в моторные масла для снижения износа и повышения эксплуатационной надёжности деталей машин возвратно-поступательного действия, в частности цилиндропоршневой группы двигателей внутреннего сгорания. В процессе сравнительного анализа различных антифрикционных препаратов было установлено, что применение определённых составов способствует значительному снижению коэффициента трения, уменьшению энергетических потерь и улучшению теплового режима работы узлов трения. Особенно это проявляется при использовании присадок RESURS и RVS, которые продемонстрировали наилучшие показатели по снижению мощности, потребляемой приводом, и по ограничению роста температуры масла в процессе работы. Так, в сравнении с базовым маслом Shell Helix 10W-40, эти препараты обеспечили снижение потребляемой мощности на 13,5% и уменьшение тепловой нагрузки на 11–18%, что прямо указывает на более мягкий режим трения и потенциально более высокую износостойкость трущихся поверхностей.

В то же время, некоторые присадки, такие как ER, показали обратную тенденцию — увеличение температурного режима и энергопотребления, что может указывать на их неэффективность в условиях, аналогичных экспериментальным. Это подчёркивает необходимость тщательного подбора антифрикционных добавок с учётом конкретных условий эксплуатации двигателя, режима нагрузок, климатических факторов и особенностей конструкции агрегата.

На основании полученных результатов можно рекомендовать применение присадок RESURS и RVS в эксплуатации двигателей внутреннего сгорания для снижения уровня износа, продления межремонтных интервалов и повышения общей экономичности эксплуатации автомобиля. Кроме того, полученные данные могут быть использованы при разработке новых составов смазочных материалов, ориентированных на работу в условиях высоких температур и переменных нагрузок.

Для дальнейших исследований представляется целесообразным углублённое изучение механизма действия антифрикционных присадок на микроуровне, включая анализ формирования защитных плёнок, микроструктуры поверхностей трения и процессов восстановления поверхностей при наличии металлокерамических компонентов. Также рекомендуется провести долговременные испытания в реальных условиях эксплуатации с целью подтверждения ресурсообразующего эффекта в течение всего межсервисного интервала.

В целом, результаты исследования подтверждают, что рациональное применение современных антифрикционных препаратов может стать важным инструментом повышения надёжности и ресурса техники, особенно в условиях интенсивной эксплуатации и нестабильных рабочих режимов.

Список литературы

1. Хавкин, А. Я. Моторные масла и присадки: справочник [Текст] / А. Я. Хавкин. — М.: Технология, 2012. — 368 с.
2. Кузнецов, А. И. Трибология двигателей внутреннего сгорания: учебное пособие [Текст] / А. И. Кузнецов, А. С. Лысенко. — М.: Машиностроение, 2008. — 284 с.
3. Емельянов, В. М. Присадки к смазочным материалам: справочник [Текст] / В. М. Емельянов, А. В. Кряжев. — СПб.: Профессия, 2005. — 312 с.
4. Mang, T. Lubricants and Lubrication [Текст] / T. Mang, W. Dresel. — Weinheim: Wiley-VCH, 2001. — 885 p.
5. Прилуцкий, В. П. Смазочные материалы и их применение в автомобильных двигателях: учебник [Текст] / В. П. Прилуцкий. — М.: Машиностроение, 2011. — 400 с.
6. Гаврилов, В. П. Трибология: теоретические основы и применение в машинах и агрегатах [Текст] / В. П. Гаврилов. — М.: Высшая школа, 2010. — 352 с.
7. Руководство по тестированию и применению моторных масел [Текст] / под ред. А. М. Васильева. — СПб.: Профессия, 2013. — 276 с.

А.А. Асанов, М.И. Тараненко

И. Раззаков атындагы КМТУ, Бишкек Кыргыз Республикасы
КГТУ им. И. Раззакова Бишкек, Кыргызская Республика

A.A. Asanov, M.I. Taranenko

Razzakov Univeristy, Bishkek, Kyrgyz Republic
mekenbt@mail.ru

НОВЫЙ АВТОНОМНЫЙ ИСТОЧНИК ЭНЕРГИИ ДЛЯ ТЕПЛОСНАБЖЕНИЯ КОММУНАЛЬНО-БЫТОВЫХ И ПРОМЫШЛЕННЫХ ОБЪЕКТОВ

МУНИЦИПАЛДЫК ЖАНА ӨНӨР ЖАЙ ОБЪЕКТИЛЕРИН ЖЫЛЫТУУ ҮЧҮН ЖАҢЫ АВТОНОМДУУ ЭНЕРГИЯ БУЛАГЫ

A NEW AUTONOMOUS ENERGY SOURCE FOR HEATING MUNICIPAL AND INDUSTRIAL FACILITIES

В настоящей статье приводятся результаты практического применения новой технологии и технической системы, основанная на индукционном получении пара и применении высокоэффективных теплообменников - трансзвуковых турбинных смесителей. Показаны преимущества таких технических систем по сравнению с традиционными водогрейными котлами. Приведены схемные решения вариантов подключения и использования разработанных теплотехнических систем к различным устройствам.

Ключевые слова: индукционный парогенератор, теплообменник, турбинный смеситель, водогрейный котел.

Бул макалада индукциялык буу чыгарууга жана жогорку эффективдуу жылуулук алмаштырғычтарды-трансундуу турбиналык аралаштырғычтарды колдонууга негизделген жаңы технологияны жана техникалык системаны практикада колдонуунун натыйжалары берилген. Мындаи техникалык системалардын салттуу ысык суу казандарынан артыкчылыктары көрсөтүлгөн. Макалада ар кандай түзүлүштөргө туташуу параметрлерин жана иштелип чыккан жылыштуу системаларын колдонуу боюнча схемалык чечимдер каралган.

Түйүндүү сөздөр: индукциялык буу генератору, жылуулук алмаштырғыч, турбиналык аралаштырғыч, ысык суу казаны.

This article presents the results of the practical application of a new technology and technical system based on induction steam generation and the use of highly efficient heat exchangers—transonic turbine mixers. The advantages of such technical systems over traditional hot water boilers are demonstrated. The article provides schematic solutions for connection options and the use of developed heating systems to various devices.

Key words: Induction steam generator, heat exchanger, turbine mixer, hot water boiler.

Введение. Теплоснабжение коммунально-бытовых и промышленных объектов в условиях роста цен на тепло и электричество становится весьма актуальным в Кыргызстане.

В текущий момент энергосектор страны работает себе в убыток, ремонт оборудования, обновление, модернизация, все это приходится делать за кредитные средства. За счет них идет работы по наращиванию мощностей отдельных ГЭС, которые в данное время работают не в полную мощность, строительство новых, а также модернизация котельной техники для теплоснабжения.

В теплотехнических системах помимо угля и газа используют электричество. Развитие сети малой теплоэнергетики, в том числе, угольной, позволить поднять эту отрасль, создать локальные теплогенерирующие мощности, не требующие больших капитальных затрат, занять круглогодичной работой местное население, обеспечить уют и тепло в удаленных от центра местах, не зависимо от природно-климатических условий. Вместе с тем, следует отметить, что развитие тепловой генерации энергии на базе новейших технологий до настоящего времени системно не планировались и не рассматривались [1].

Изложение основного материала. В текущий момент начата замена угольных и газовых котельных на электрическое, что связана со следующим. На 2020 год количество котельных установок по республике достигало - 1500 единиц, из них 950 ед. - работают на угле, 500 ед. - на электричестве, 35 ед. - на газе и 15 ед. - на мазуте. Из этих данных следует, что подавляющее большинство котельной техники, в связи с дешевизной вырабатываемой тепловой энергии, работают на угле (таблица 1).

Таблица 1. - Сравнение котлов, работающих на топливе и электричестве

Вид топлива	КПД котельной, %	Количество топлива на выработку, 1т/ккал	Текущая составляющая в себестоимости, 1 Гкал/сом
Дизельное топливо	92	0,106	4240
Мазут	85	0,123	3394
Электричество	98	1,16 (кВт)	2494/ 2,5 раза
Каменный уголь (ручная загрузка)	40	0,557	2506
Каменный уголь (механ. загрузка)	85	0,262	1179
Бурый уголь (механ.загрузка)	80	0,337	1179
Фрезерный торф	80-82	0,610	1220
Природный газ	92	0,093	4387

Угольные котельные загрязняют окружающую среду, имеют различные вредные отходы как пепел и углекислый газ, требующие обработки и очистки. Газовые котельные требуют наличия собственного и дешевого газа, дорогостоящих газовых горелок, которых у страны почти нет. Наиболее перспективны экологически чистые электрические котлы.

В современных электрических котлах используют следующие способы нагрева: ТЭНовый, электродный и индукционный. ТЭНовых котлов мощностью до 1000 кг пара не выпускают в промышленности из-за их сложности. Основным недостатком ТЭНовых котлов является интенсивное отложение накипи на поверхности ТЭНов, что приводит к их перегреву и выходу из строя.

Электродные котлы имеют больший ресурс, чем ТЭНовые, но нагреваемая вода должна иметь высокую электропроводность, поэтому в нее добавляют соль, кислоты, пищевую соду и т.д. Получаемый пар пригоден не для всех технологических процессов и может вызвать разрушение элементов системы, в которую он поступает, что недопустимо.

При нагреве воды индукционным способом используется индуктор – трансформатор вторичной обмоткой в виде медной трубы. Такая конструкция индукционного парогенератора при одной и этой же производительности пара потребляет в 2-3 раза меньше электроэнергии, чем ТЭНовые и электродные. В таблице 2 приведены характеристики парогенераторов промышленного типа. Из приведенных данных следует, что они выпускаются в широком диапазоне производительности и мощностей, при малой величине давления.

Исходя из вышеизложенного, в качестве объекта исследования была выбрана новая технология и техническая система, основанная на индукционном получении пара и применении высокоэффективных теплообменников - трансзвуковых турбинных смесителей (аппараты TTC) [4]. Такие электрические котлы,рабатывающие пар, обладают по сравнению с традиционными водогрейными котлами рядом преимуществ:

- первоначальная стоимость паровых сетей ниже водяных, благодаря меньшему диаметру трубопроводов, т.к. пар более высоко-концентрированный теплоноситель по сравнению с водой. Один литр пара отдает 2300 кДж тепла при конденсации, в то же время вода отдает 100 кДж при остывании на 50 градусов;
- малая инерционность паровой системы;
- транспортировка тепла осуществляется с большой скоростью;
- выделяется большое количество тепла при конденсации.

Основное преимущество пара: вода, превратившаяся в пар, переносит тепло по паропроводу, и сконденсировавшись, отдает то же самое количество тепла потребителю. В таблице 3 приведены сравнительные данные по паровым котлам.

Таблица 2. - Характеристики парогенераторов промышленного типа

Наименование	Производ. кг/час	Давление, Температура	Парогенератор с возвратом конденсата Водоподготовка не требуется			Парогенератор без возврата конденсата Водоподготовка требуется		
			мощн. кВт	Вес кг.	габариты д/ш/в	мощн. кВт	Вес кг.	габариты д/ш/в
ИП-100	0-100		0-20	120	0.95x0.73x1.7	0-40	180	
ИП-200	0-200		0-40	190		0-60	240	
ИП-300	0-300		0-60	260	1.7x0.73x1.75	0-80	360	
ИП-400	0-400		0-80	340		0-100	440	2.45x0.73x1.52
ИП-500	0-500	0-5.9 кгс/см ²	0-100	400		0-140	560	
ИП-600	0-600	102- 160°C	0-120	470	2.45x0.73x1.7 5	0-160	630	
ИП-700	0-700		0-140	540		0-180	690	3.1x0.73x1.75
ИП-800	0-800		0-160	610		0-200	750	
ИП-900	0-900		0-180	680	3.1x0.73x1.75	0-220	810	3.9x0.73x1.75
ИП-1000	0-1000		0-200	770		0-260	900	

Таблица 3. - Сравнительные данные по паровым котлам разных типов

Оборудование	Марка	Мощность, кВт	Мощность по пару, кг/час	Производитель
Паровой котел электродный	ПЭЭ-400	300	400	ООО Проминструмент, Москва
Паровой котел электродный	ПЭЭ-500	370	500	ООО Проминструмент, Москва
Индукционный парогенератор	ИП 400	128	400	ООО «Паррус», Москва

Индукционный парогенератор	ИП 500	128	500	ОcOO «Паррус», Москва
Индукционный парогенератор	ИП 1000	336	1000-1200	ОcOO «Экогиропресс», Таганрог

Сравнение технических характеристик систем отопления и горячего водоснабжения, осуществляемые локальными котельными, показывает преимущество модульных тепловых станций (МТС), изготовленных на базе индукционных парогенераторов [1].

Разработанная МТС, на базе соединения технологий индукционного получения пара и теплообменного оборудования нового поколения - аппаратов ТТС, отличается, как уже было отмечено выше, высокой эффективностью из-за применения водяного пара в качестве нагревателя теплоносителя – воды [3].

Индукционный парогенератор при одинаковой производительности потребляет в 2-3 раза меньше электроэнергии, чем другие котлы. На Рис. 1 показаны варианты применения индукционных парогенераторов в сборе в контейнерном и стационарном исполнении.



Рисунок 1 - Индукционные парогенераторы в сборе с аппаратами ТТС
в контейнерном и стационарном исполнениях

Основными преимуществами индукционных парогенераторов являются:

1. Двух-трехразовая экономичность таких парогенераторов по сравнению с традиционными;
2. Короткая время выхода на рабочий режим за 20-30 с., в то время как для парогенераторов других типов это время достигает до 15-20 мин;
3. Высокий КПД (99,8%) на протяжении всего срока службы, равного 20 лет и более;
4. Отсутствие изнашивающихся частей, и как следствие, не требуют расходных материалов и деталей;
5. Модульность конструкции парогенераторов, удобный режим регулирования мощностных параметров с одновременным пропорциональным снижением энергопотребления;
6. Отсутствие дублирования мощностей, предусмотренных регламентом СНИП, так как при выходе из строя одного блока станция продолжает работать на базе других;
7. Не требуется регистрации в органах Гостехнадзора.

При гарантированной производительности 400 и 500 кг пара индукционный парогенератор потребляет 43 % и 35 %, соответственно, от мощности стандартных электродных котлов, что равна 45 % мощности на 1000 кг пара.

Применение в качестве теплообменного оборудования для нагрева воды паром аппаратов ТТС, в которых реализован принцип высоко-скоростного - за доли секунды -

перехода пара в жидкую фазу, и-, вследствие этого, - выделение большого количества энергии в малом объеме. Оно выражается в повышении давления и температуры выходящей воды из аппарата. Работа аппарата ТТС основана на барботировании и прямой конденсации пара в жидкость (Рисунок 2). Процесс реализуют в однородной двухфазной среде. Устройство обеспечивает полное гомогенное растворение пара в жидкости.

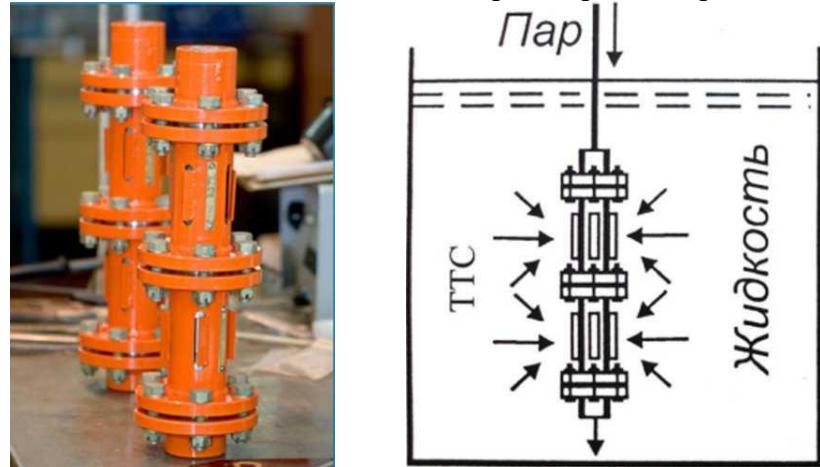


Рисунок 2 - Общий вид трансзвуковых турбинных смесителей и схема прямой конденсации пара в жидкость

Аппарат ТТС работает в двух режимах: «байлер» или «байлер – насос». При этом, согласно приведенной на Рис. 5.4. схеме, он встраивается в герметичную емкость т.е есть в проточный выход аппарата ТТС.

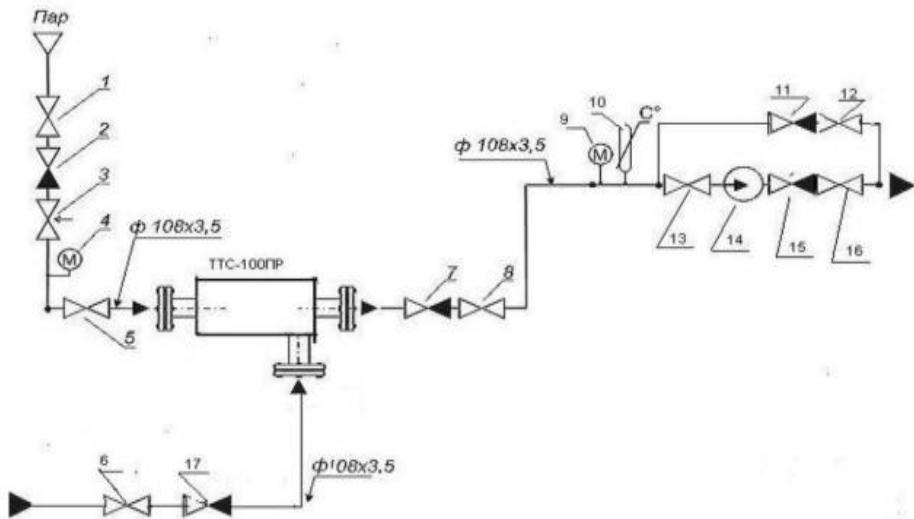


Рисунок 3 - Схема подключения к тепловой сети с паром

По паропроводу через вентиль 1, обратный клапан 2, нормально закрытый электрический клапан 3 и вентиль 5 в аппарат подается пар. Выход аппарата через вентиль 13, подключается к всасывающему патрубку циркуляционного насоса 14 и через обратный клапан 15 и вентиль 16 к напорному трубопроводу, обеспечивающему подачу полученной однородной смеси к потребителю. Через вентиль 6 и обратный клапан 17 в аппарат поступает вода с обратного трубопровода.

Область применения аппаратов ТТС (см. Рисунок 4) достаточно широк, их можно эффективно использовать практически без переделки на имеющихся паровых тепловых сетях технологических процессов различных производств. Достигаемые тепловые мощности не ограничены.



Рисунок 4 - Применение аппаратов ТТС в различных сферах промышленности

Для достижения требуемой мощности нагрева могут устанавливаться один или несколько параллельно смонтированных теплогенераторов, позволяющих извлекать тепловую энергию из потока движущейся жидкости. В некоторых технологических схемах разрежение, создаваемое инжекторным устройством, может привлекать дополнительную тепловую энергию в режиме теплового насоса. В процессе работы теплогенератора происходит интенсивный разогрев жидкости, при этом КПД аппарата достигает 99,5 %.

Это устройство использует только энергию насоса и не требует дополнительных источников энергии. Тем самым достигается значительная экономия по сравнению с процессами, где для нагрева воды используют контактный метод с сжиганием топлива. На Рисунок 4 приведен общий вид системы отопления многоэтажного жилого дома.



Рисунок 5 - Общий вид системы отопления многоэтажного жилого дома

Другим преимуществом аппарата является создание стабильного температурного режима нагреваемой жидкости, что очень важно в различных технологических процессах, например, при нагреве нефти и нефтепродуктов.

Для обеспечения работы теплового насоса в виде силового агрегата можно использовать широко распространенные на западе комплексы ко-генерационных станций, двигатели которых работают на природном или ином горючем газе. При этом решается проблема утилизации попутного газа с использованием тепловой и механической энергии от работы газо-поршневого двигателя.

В случае отсутствия дешевой электрической энергии и наличия возможности использовать в виде теплоносителя природный газ или жидкое топливо можно устанавливать насос непосредственно на рабочий вал двигателя внутреннего сгорания, а вторым контуром устройства снимать тепловую энергию выхлопа двигателя (Рисунок 6). Тем самым, можно решать проблему утилизации попутного горячего газа газопоршневых двигателей и вопрос применения вырабатываемой тепловой энергии.

Принцип работы теплогенератора базируется на схеме двух-контурного теплового устройства, обеспечивающего, в первом контуре извлечении тепловой энергии из движущейся потока жидкости в вихревой трубе. Второй контур устройства работает в режиме теплового насоса и обеспечивает дополнительное перекачивание тепловой энергии в первый контур устройства, за счет созданного струйным эжектором, разряжения в пределах 0.7-0.9 кгс/см², встроенного в первом контуре.

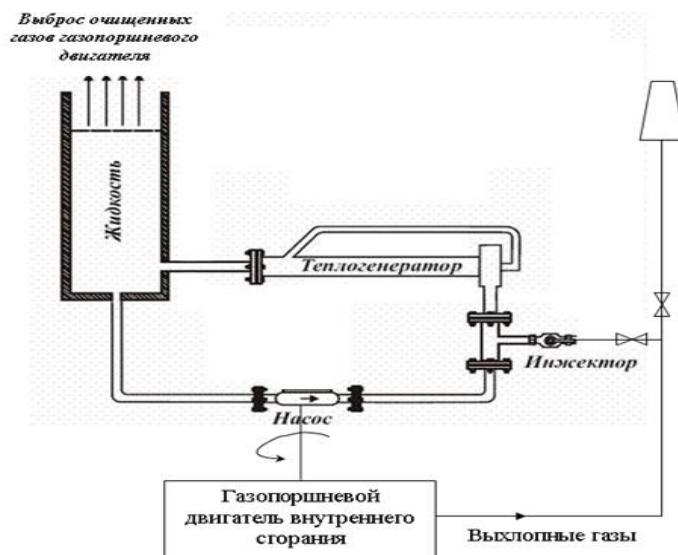


Рисунок 6 - Схема подключения теплового насоса и теплогенератора к двигателям внутреннего сгорания

При создаваемом инжектором разряжении происходит вскипание жидкости в испарительном устройстве и отбор тепловой энергии с его поверхности. В качестве последнего могут быть использованы различные теплообменные устройства. Обеспечение постоянной температуры и точки кипения воды позволяет предотвращать процессы замерзания испарительных устройств даже в зимнее время. При этом, расширение градиента разности входящих и выходящих температур позволяет обеспечить работу испарительного устройства в активном режиме при повышенной тепловой производительности и создает возможности для эффективного съема тепловой энергии от источника. Тепловая производительность второго контура устройства, зависит от качества и количества, установленных испарительных устройств, и может увеличить тепловую производительность установок в три-четыре раза.

Схемное решение вариантов использования теплогенератора в различных устройствах приведено на Рисунок 7. В первой схеме приведено исполнение тепловой установки с электрическим двигателем с частотным преобразователем, во второй приведена схема с

размещением тепло-генератора в вакуумном котле, мобильный вариант исполнения тепловой установки дан в третьей схеме.

Выводы. Основные преимущества индукционных парогенераторов, отмеченных выше, применение трансзвуковых турбинных смесителей и схем прямой конденсации пара в воду, а также разработанные на их основе схемы источника отопления технических систем по эффективности превосходят известные способы при минимальных затратах на их сооружение.

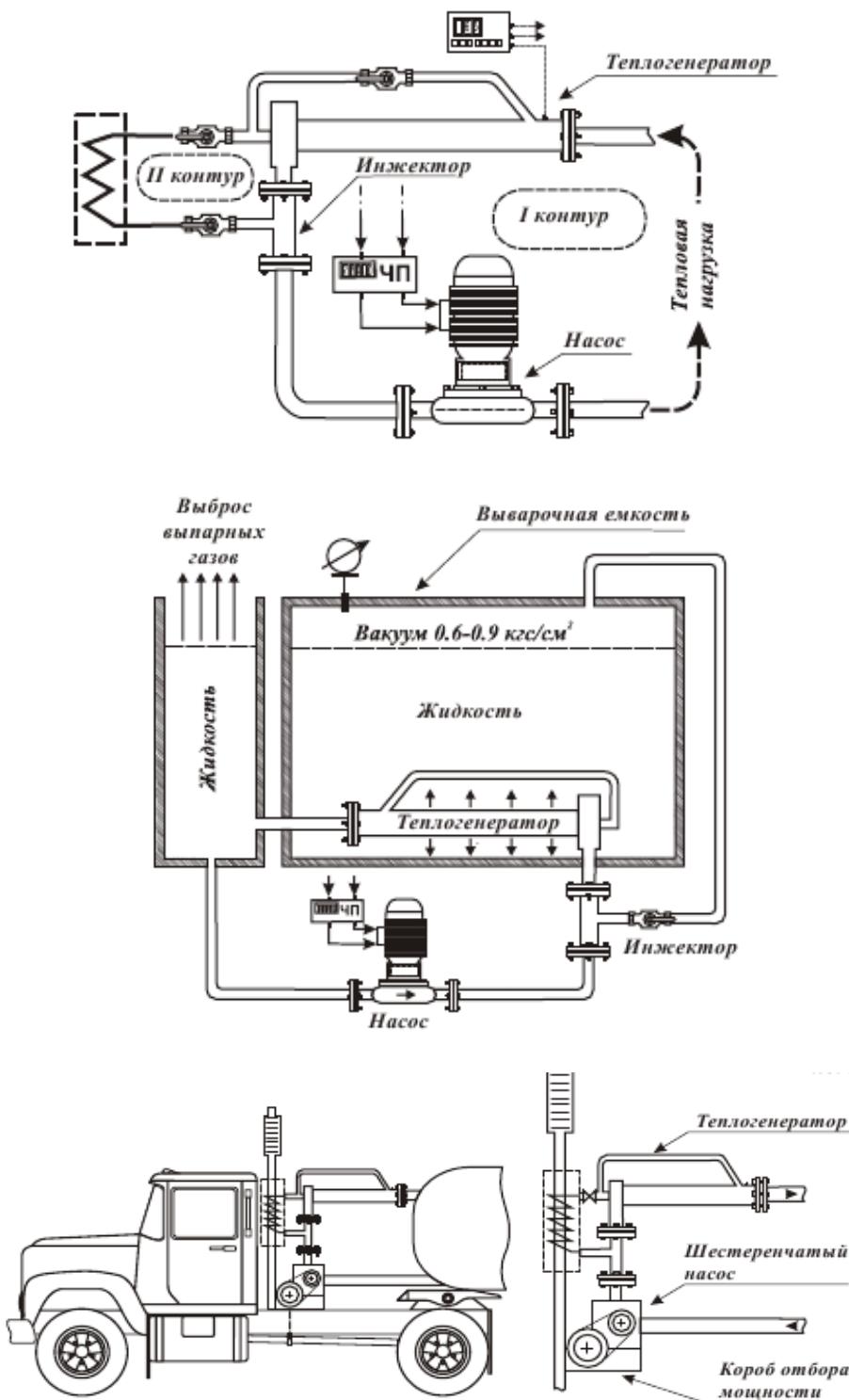


Рисунок 7 - Схемное решение вариантов использования тепло-генератора в различных устройствах

Список литературы

1. Асанова, А.А. Текущее состояние проблемы и перспективы развития предприятий угольной отрасли и объектов теплоэнергетики [Текст] / А.А.Асанов, К.К. Орозов // Известия КГТУ им. И. Рazzакова. – 2019. - № 2 (50). – стр. 174-180.
2. Асанов, А.А. Перспективы развития малой энергетики в Кыргызстане на основе ресурсов возобновляемых и альтернативных источников энергии [Текст] /А.А. Асанов, Н.К. Джаманкызов, Н.Т. Ниязов и др. / Вестник КГУСТА. – 2022. - №2(76). - т.1. - стр. 313-319.
3. Фисенко, В.В. Критические двухфазные потока [Текст] / В.В.Фисенко. - М: Атомиздат, 1978. - 160 с.
4. Асанов, А.А. Технико-экономическое обоснование промышленного применения угольных технологий в Кыргызстане [Текст] / А.А.Асанов, К.К. Орозов // Монография. – Бишкек: из-во КГГУ, 2021. - 214 с.

А.С. Супуева, А.Ч. Орозбекова, А.Н. Нурбеков, Ж.Т. Жумалиев

И. Рazzаков атындағы КМТУ, Бишкек, Кыргыз Республикасы

КГТУ им. И. Рazzакова, Бишкек, Кыргызская Республика

A.S. Supueva, A.Ch. Orozobekova, A.N. Nurbekov, J.T. Jumaliev

I. Razzakov KSTU, Bishkek, Kyrgyz Republic

a.supueva@kstu.kg, a.orozobekova@kstu.kg, argennurbekov09@gmail.com,

zhanybekjt@gmail.com

ПОВЫШЕНИЕ УРОВНЯ ТЕПЛОВОЙ ЗАЩИТЫ ЖИЛОГО ДОМА В УСЛОВИЯХ ГОРОДА БИШКЕК С УЧЕТОМ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ СОЛНЕЧНОЙ ЭНЕРГИИ

БИШКЕК ШААРЫНДАГЫ ТУРАК ЖАЙ ИМАРАТТАРЫНДА ЖЫЛУУЛУКТУ САКТООНУ КҮН ЭНЕРГИЯСЫН КОЛДОНУУ МЕНЕН ЖОГОРУЛАТУУ

ENHANCING THE THERMAL PROTECTION OF RESIDENTIAL BUILDINGS IN THE CITY OF BISHKEK CONSIDERING THE USE OF SOLAR ENERGY

Макалада Бишкек шаарынын климаттык шарттарында күн энергиясын пайдалануу менен тұрак жай имараттарынын жылуулук коргоосун жогорулатуу боюнча заманбап ықмалар қаралған. Эки катмарлуу базальт жылуулоосу бар 12 кабаттуу тұрак үйдүн тышкы дубалдарынын конструктивдик жана жылуулук-физикалык мүнөздөмөлөрү талданған. Жылуулук өткөрүүгө каршылык боюнча эсеп жүргүзүлүп, жылытуу мезгилиндеги жылуулук жоготуулары бааланған. Айрыкча, жылуулоочу материалдын калыңдыгынын жылуулук жоготууларына тийгизген таасири жана имараттардын энергия эффективдүүлүгүн жогорулатууда күн энергиясын пайдалануу мүмкүнчүлүктөрү өзгөчө көңүл борборунда турат.

Түйүндүү сөздөр: жылуулук сактоо, күн энергиясы, энергияны үнемдөө, Бишкек, тұрак жай имараттары, жылуулук изоляциясы, калыбына келүүчү энергия булактары.

В статье рассматриваются современные методы повышения тепловой защиты жилых зданий в климатических условиях города Бишкек с учётом использования солнечной энергии. Проанализированы конструктивные и теплофизические характеристики наружных стен 12-этажного жилого дома с двухслойным базальтовым утеплением. Выполнен теплотехнический расчёт сопротивления теплопередаче, а также оценены теплопотери в течение отопительного периода. Особое внимание уделено влиянию толщины утеплителя на уровень тепловых потерь и возможности использования солнечной энергии для повышения энергоэффективности зданий.

Ключевые слова: тепловая защита, энергосбережение, солнечная энергия, утеплитель, кирпичная кладка, теплопотери, Бишкек.

The article explores modern approaches to improving the thermal protection of residential buildings under the climatic conditions of Bishkek, with consideration of solar energy use. The structural and thermal characteristics of the external walls of a 12-story residential building with double-layer basalt insulation are analyzed. A thermal resistance calculation is conducted, and seasonal heat losses are estimated. Special attention is given to the effect of insulation thickness on heat loss reduction and the potential for integrating solar energy to enhance building energy efficiency.

Key words: thermal protection, energy saving, solar energy, insulation, brick wall, heat losses, Bishkek.

Современный этап развития строительной отрасли в Кыргызстане характеризуется возрастающим вниманием к вопросам энергосбережения и повышения энергетической эффективности зданий. Особенно важным является оптимизация тепловой защиты жилых зданий в условиях специфического климата страны, что напрямую влияет на качество жизни и экономическую составляющую эксплуатации жилья.

Особо актуальна эта проблема для Кыргызстана, в частности для столицы — города Бишкек, где климатические условия означают необходимость обеспечения надежной теплоизоляции зданий, способствующей снижению потребления энергоресурсов в отопительный период и снижению тепловых нагрузок летом. Данные меры позволяют значительно сократить эксплуатационные расходы и уменьшить негативное воздействие на окружающую среду, что современная строительная практика должна ставить в приоритет [1].

Кроме того, использование солнечной энергии как экологически чистого и возобновляемого источника в городских условиях становится перспективным направлением повышения энергоэффективности зданий. Оно позволяет не только уменьшить зависимость от традиционных энергоносителей, но и интегрировать активные и пассивные системы теплозащиты [1].

Целью данной статьи является комплексный анализ теплофизических характеристик 12-этажного жилого дома в Бишкеке с применением двухслойного базальтового утеплителя, а также изучение влияния солнечной радиации на тепловые процессы в ограждающих конструкциях с целью повышения энергоэффективности зданий.

Объект исследования.

Объектом исследования является новый жилой дом высотой 12 этажей, расположенный в городе Бишкек. Основные конструктивные особенности:

- Кирпичная стена толщиной 380 мм (1,5 кирпича), известная своей тепломассой и устойчивостью к перепадам температур;
- Наружное утепление, выполненное из базальтового утеплителя, уложенного в два слоя по 50 мм каждый, что обеспечивает существенное снижение теплопотерь;
- Внутренние отделочные слои, соответствующие строительным нормам и обеспечивающие комфортный микроклимат в помещениях.

Данные материалы подобраны с учетом их теплофизических свойств, экологической безопасности и соответствия современным требованиям в строительстве [2].

Климатические условия и солнечная радиация в городе Бишкек.

Климат в г. Бишкек характеризуется континентальными особенностями с холодными зимами и жарким летним периодом. Средние температуры в январе достигают $-7\ldots-3^{\circ}\text{C}$, а в июле $+25\ldots+30^{\circ}\text{C}$. Абсолютные температурные экстремумы варьируются от -25°C зимой до $+40^{\circ}\text{C}$ летом. Ключевым параметром, регламентирующим тепловую защиту зданий, является величина градуса-суток отопительного периода, составляющая около $2500\text{--}2700^{\circ}\text{C}$ суток [3].

Важным фактором для проектирования теплозащитных систем является солнечная радиация. Бишкек расположен в зоне с высокой инсоляцией — среднее годовое количество солнечной радиации составляет примерно $1400 \text{ кВт}\cdot\text{ч}/\text{м}^2$. Это создает возможность эффективного использования пассивных и активных солнечных технологий для повышения энергоэффективности зданий [7].

Далее (рис.1) представлен график среднесуточных температур по месяцам, отражающий сезонные колебания температуры воздуха и потенциальный вклад солнечной энергии в тепловой баланс здания.

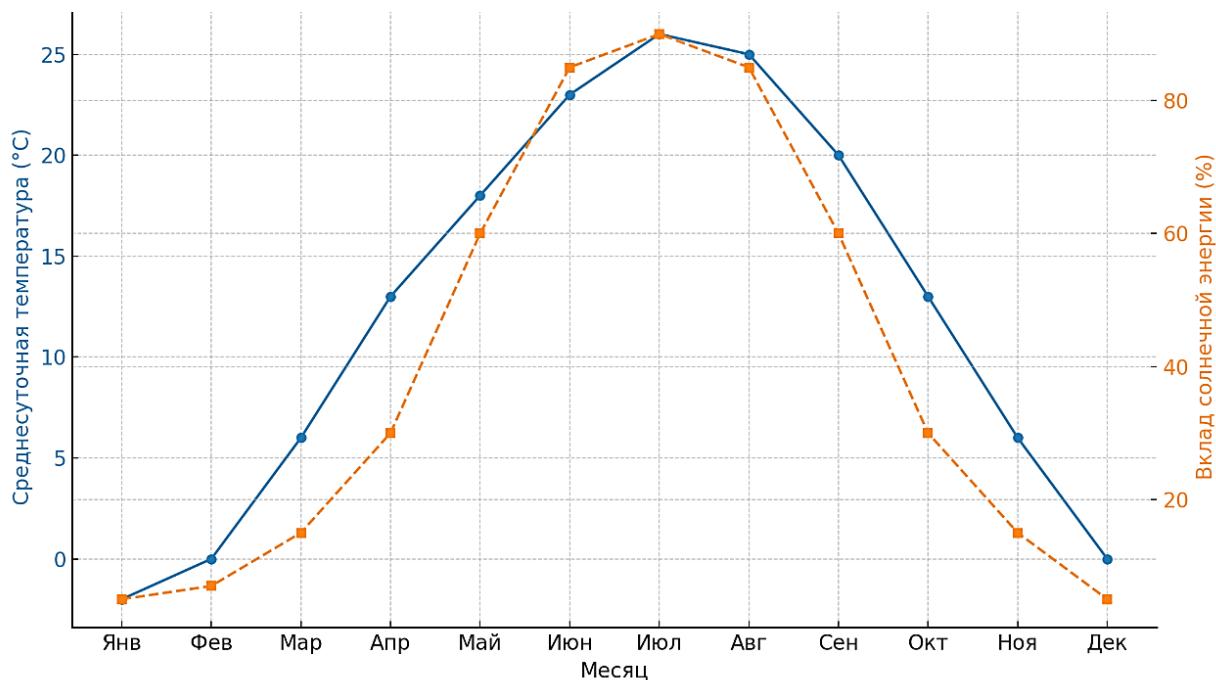


Рисунок 1 – Колебания температуры наружного воздуха и солнечной энергии для г. Бишкек за год

На графике показаны значения среднесуточной температуры наружного воздуха в Бишкеке по месяцам, где виден характерный сезонный ход от морозов зимой до летней жары. Также потенциальный вклад солнечной энергии в тепловой баланс здания — максимален летом (до 90%) и минимален зимой (около 5%), что отражает важность пассивного солнечного отопления и утепления зданий зимой, а также защиты от перегрева летом.

Теоретические основы тепловой защиты зданий и влияние солнечной энергии.

Эффективная тепловая защита зданий направлена на снижение теплопотерь через ограждающие конструкции. Для этого применяются материалы с низкой теплопроводностью, а также учитывается тепловая инерция и свойства аккумулирования тепла строительных конструкций [5].

Важным аспектом современного проектирования является учет воздействия солнечной радиации. Положительный эффект проявляется в нагреве наружных стен в дневное время за счет прямого и рассеянного солнечного света, что снижает суммарные потери тепла зимой. Однако летом этот же эффект может приводить к избыточному нагреву и необходимости применения дополнительных мер защиты, таких как теплоотражающие покрытия и наружные солнцезащитные устройства [5].

Расчет теплофизических характеристик ограждающей конструкции.

Для оценки уровня тепловой защиты наружной стены 12-этажного жилого здания в г. Бишкек выполнен теплотехнический расчёт сопротивления теплопередаче многослойной ограждающей конструкции. Расчёт проводится в соответствии с [СП 23-101-2013] на основе данных о толщине слоёв и теплопроводности применяемых материалов (табл. 1).

Таблица 1 – Расчетные показатели слоев наружной стены

№	Материал	Толщина, мм	Теплопроводность λ, Вт/(м·К)	Расчет сопротивления R _m , м ² ·К/Вт
1	Кирпич (1,5 блока)	380	0.70	0.543
2	Базальтовый утеплитель 1	50	0.037	1.351
3	Базальтовый утеплитель 2	50	0.037	1.351
4	Воздушный слой (защитный)	20	0.18	0.111

Суммарное сопротивление теплопередаче наружной стены составляет:

$$R_{\text{общ}} = \sum R_i = 3.36 \text{ м}^2 \times \text{К/Вт} \quad (1)$$

Соответствующий коэффициент теплопередачи:

$$U = \frac{1}{R_{\text{общ}}} = \frac{1}{3,36} \approx 0,298 \text{ Вт}/(\text{м} \times \text{К}) \quad (2)$$

Полученное значение удовлетворяет нормативным требованиям к жилым зданиям в климатических условиях г. Бишкек и свидетельствует о высоком уровне теплоизоляции конструкции.

Расчёты тепловых характеристик и энергопотребления

Модель теплопотерь здания через ограждающие конструкции позволяет оценить потенциальные потребности в тепловой энергии отопления:

$$Q = U \times A \times \Delta T \times t, \quad (3)$$

где

Q — суммарные тепловые потери, кВт·ч;

U — коэффициент теплопередачи теплоизоляции, Вт/(м²·К);

A — площадь ограждающих конструкций, м²;

ΔT — разница температур наружного и внутреннего воздуха, °C;

t — длительность отопительного периода, ч.

При площади ограждающих конструкций 1865 м², разнице температур 25 К и длительности отопительного периода 4000 часов, тепловые потери равны:

При коэффициенте теплопередачи $U = 0,298 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$, площади наружных стен $A = 1865 \text{ м}^2$, разностью температуры $\Delta T = 19,8 \text{ }^{\circ}\text{C}$ и длительности отопительного периода $t = 3600 \text{ ч}$, суммарные тепловые потери составят:

$$Q = 0,298 \times 1865 \times 19,8 \times 3600 \approx 39778000 \text{ Вт} = 39,78 \text{ тыс. кВт} \cdot \text{ч}$$

Этот показатель является показателем энергоэффективности здания и отвечает современным требованиям по энергосбережению [3].

Влияние толщины утеплителя на тепловые потери.

Графическое представление зависимости тепловых потерь от толщины базальтового утеплителя представлено ниже. Увеличение толщины утеплителя существенно снижает тепловые потери, однако достигается эффект незначительного прироста эффективности при толщине выше 100 мм, что обусловлено экономической целесообразностью [2].

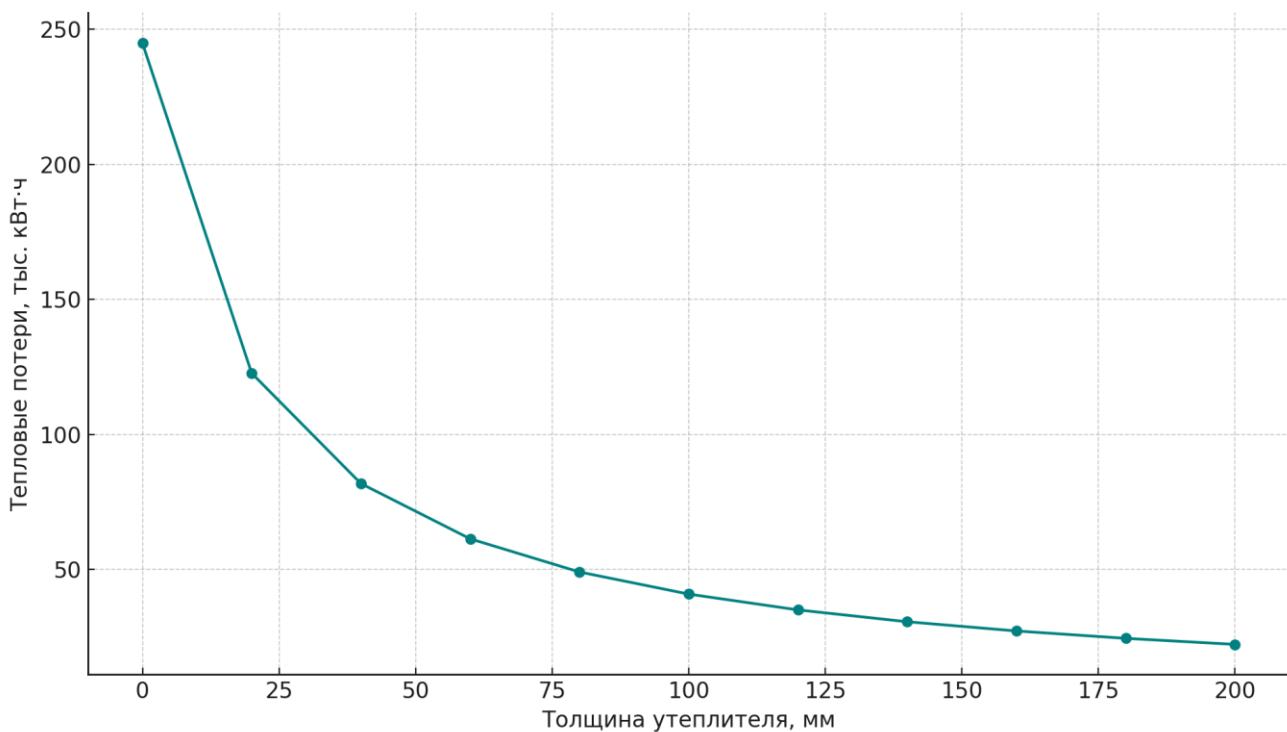


Рисунок 2 – График уменьшения тепловых потерь (тыс. кВт·ч) при увеличении толщины базальтового утеплителя (мм) в кирпичной стене

График иллюстрирует изменение величины тепловых потерь через наружную кирпичную стену (толщиной 380 мм, теплопроводностью 0,7 Вт/(м·К)) при различной толщине базальтового утеплителя (теплопроводностью 0,037 Вт/(м·К)). Расчёты выполнены для 12-этажного жилого здания в г. Бишкек. Из графика следует:

1. При нулевом утеплении теплопотери достигают примерно 123 тыс. кВт·ч.
2. При утеплении толщиной 50 мм потери снижаются до примерно 56 тыс. кВт·ч.
3. При толщине 100 мм — до 35 тыс. кВт·ч.
4. При дальнейшем увеличении толщины до 150–200 мм снижение становится менее выраженным: около 25 тыс. кВт·ч при 150 мм и 20 тыс. кВт·ч при 200 мм.

Увеличение толщины утеплителя значительно снижает тепловые потери, особенно до значения 100 мм. После этого наблюдается эффект уменьшения отдачи, когда дальнейшее увеличение толщины даёт незначительное улучшение, что необходимо учитывать при технико-экономическом обосновании теплоизоляционных решений. Как отмечено в работе [3], дополнительное утепление наружных ограждающих конструкций позволяет существенно снизить негативное влияние, вызванное как наличием конструктивных тепловых мостов, так и неоднородностью материалов в слоях ограждающей конструкции. Такой эффект приводит к неравномерному распределению температур на внутренней поверхности наружных стен, что может негативно сказываться на теплоизоляционных свойствах ограждений и микроклимате помещений.

Рекомендации по интеграции солнечной энергии.

Высокий уровень инсоляции в Бишкеке предоставляет возможности для использования солнечной энергии не только для генерации электричества, но и для систем отопления и горячего водоснабжения с помощью солнечных коллекторов. Активное внедрение данных технологий позволяет снизить нагрузку на центральные энергосети и повысить автономность зданий.

Также целесообразно применение пассивных солнечных решений — проектирование фасадов с учетом ориентации, использование окон с высокой теплоизоляцией и тепловой массой для аккумуляции дневного тепла, что существенно улучшает температурный режим помещений зимой и снижает потребность в искусственном отоплении [7].

Дополнительные инженерные рекомендации.

- Использование высокоэффективных окон и дверей с коэффициентом теплопередачи не выше $1.3 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$;
- Применение систем вентиляции с рекуперацией тепла для снижения теплопотерь через приточно-вытяжные системы;
- Герметизация строительных швов и устранение мостиков холода, повышающих теплопотери;
- Защитные и отражающие покрытия фасадов для снижения летнего перегрева;
- Монтаж солнечных панелей и коллекторов для интеграции возобновляемой энергии в систему зданий.

Выводы:

1. Проведённое исследование показало, что применение двухслойного базальтового утеплителя в сочетании с кирпичной кладкой толщиной 380 мм позволяет обеспечить высокое сопротивление теплопередаче ограждающей конструкции на уровне **3,36 $\text{м}^2 \cdot \text{К}/\text{Вт}$** , что превышает нормативные требования и соответствует климатическим условиям города Бишкек.
2. Расчёт тепловых потерь за отопительный период при использовании уточнённого коэффициента теплопередачи ($U = 0,298 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$) показал, что здание теряет около **39,78 тыс. кВт·ч** тепловой энергии, что свидетельствует об энергоэффективности применённого конструктивного решения.
3. Анализ зависимости тепловых потерь от толщины базальтового утеплителя продемонстрировал, что наиболее эффективное снижение теплопотерь достигается до **100 мм** утепления. Увеличение толщины свыше 100 мм даёт меньший прирост в энергоэффективности, что важно учитывать при технико-экономическом обосновании.
4. Дополнительное утепление наружных ограждающих конструкций также снижает негативное влияние тепловых мостов и способствует более равномерному распределению температур на внутренней поверхности стен, что повышает комфорт внутри помещений.
5. Высокий уровень солнечной инсоляции в Бишкеке позволяет эффективно интегрировать как пассивные, так и активные солнечные технологии (солнечные коллекторы, ориентация фасадов, тепловая аккумуляция), что дополнительно снижает потребление энергии на отопление и горячее водоснабжение.
6. Для достижения максимального эффекта энергоэффективности рекомендуется комплексный подход: теплоизоляция, защита от тепловых мостов, вентиляция с рекуперацией, герметизация конструктивных узлов и использование возобновляемых источников энергии.

Заключение.

Проведенное исследование подтверждает, что применение современного двухслойного базальтового утеплителя толщиной 100 мм совместно с кирпичной кладкой 1,5 блока позволяет обеспечить сопротивление теплопередаче ограждающей конструкции на уровне $3.36 \text{ м}^2 \cdot \text{К}/\text{Вт}$, что удовлетворяет нормативным требованиям в климатических условиях города Бишкек [4].

Дополнительным фактором повышения энергоэффективности является активное использование солнечной энергии, обеспечивающей уменьшение потребности в традиционных источниках тепла и снижение эксплуатационных расходов [7].

Рекомендуется комплексный подход, включающий оптимизацию теплоизоляционных характеристик, проектирование фасадных решений с учетом солнечного излучения, внедрение систем вентиляции с рекуперацией и использование возобновляемых источников энергии для создания комфорtnого и энергоэффективного жилого пространства в условиях Кыргызстана.

Список литературы

1. СП 23-101-2013. Тепловая защита зданий. Министерство строительства и жилищно-коммунального хозяйства Кыргызской Республики.
2. Боронбаев, Э.К. Основы теории и практики повышения энергоэффективности теплового режима гражданских зданий (на примере Кыргызстана) [Текст] / Э.К. Боронбаев. – Бишкек, 2019.
3. Боронбаев, Э.К. Энергосберегающая архитектура и тепловые мосты в ограждениях здания [Текст] / Э.К. Боронбаев // Вестник Кыргызского государственного университета строительства, транспорта и архитектуры. – Бишкек, 2013. – Вып. 3(41). – С. 130–136.
4. Методическое пособие по проектированию энергоэффективных зданий в условиях СНГ. – НИЦ «Энергосбережение», 2019.
5. Пособие по расчету тепловой защиты ограждающих конструкций зданий. – Меганорм, 2020.
6. Адамов, М.И. Теплофизика зданий: учебное пособие [Текст] / М.И. Адамов. – Москва, 2018.
7. World Bank Group. Energy Efficiency in Buildings: Guidance for Developing Countries. – Washington, 2021.

А.С. Супуева, М.Б. Имашов, К.А. Симбаева
 И. Рazzakov атындағы КМТУ, Бишкек, Кыргыз Республикасы
 КГТУ им. И. Рazzакова, Бишкек, Кыргызская Республика

A.S. Supueva, M.B. Imashov, K.A. Simbaeva
 I. Razzakov KSTU, Bishkek, Kyrgyz Republic
 Imashov MB@mail.ru, Ksimbaeva@kstu.kg

ПОДБОР РАЦИОНАЛЬНОГО КОЛИЧЕСТВА ШКАФНЫХ ГАЗОРЕГУЛЯТОРНЫХ ПУНКТОВ ДЛЯ ОБСЛУЖИВАНИЯ ЖИЛЫХ МАССИВОВ

КОНУШ ЖАЙЛАРДЫ ТЕЙЛӨӨДӨ ГАЗДЫ ЖӨНГӨ САЛУУЧУ ШКАФ ПУНКТТАРЫНЫН САНЫН РАЦИОНАЛДУУ ЭСЕПТӨӨ

SELECTION OF A RATIONAL NUMBER OF CABINET GAS REGULATORY POINTS FOR SERVICING RESIDENTIAL AREAS

Бир шкафтык газ жөнгө салуучу пунктика туташтырылган турас жай жана коомдук имараттардын саны ар бир конкреттүү учурда жабдуулардын өткөрүмдүүлүгүнө, газ бөлүштүрүүчү түтүктүн оптималдуу трассасын тандоого (түтүктөрдүн трассасын өткөрүүнүн татаалдыгына) жана башка факторлорго жарааша жеке түрдө аныкталат.

Түйүндүү сөздөр: жаралтылыши газы, шкафтын газын башкаруу блогу, басымды жөнгө салгыч, газ менен жабдуу системалары.

Количество объектов (жилых и общественных зданий), подключённых к одному шкафному газорегуляторному пункту, в каждом конкретном случае определяется индивидуально в зависимости от пропускной способности оборудования, выбора оптимальной трассировки распределительного газопровода (сложности трассировки газопроводов) и других факторов.

Ключевые слова: природный газ, шкафной газорегуляторный пункт, регулятор давления, системы газоснабжения.

The number of objects (residential and public buildings) connected to one cabinet gas control unit is determined individually in each specific case depending on the capacity of the equipment, the choice of the optimal distribution gas pipeline routing (the complexity of the gas pipeline routing) and other factors.

Key words: natural gas, cabinet gas control unit, pressure regulator, gas supply systems.

Количество объектов (жилых и общественных зданий), подключённых к одному шкафному газорегуляторному пункту, в каждом конкретном случае определяется индивидуально в зависимости от пропускной способности оборудования ШГРП, выбора оптимальной трассировки распределительного газопровода (сложности трассировки газопроводов) и других факторов. Однако при проектировании системы газоснабжения населенных мест возможно принятие неэффективных технико-экономических решений, которые могут привести к перерасходу финансовых и материальных ресурсов при строительстве и дальнейшей эксплуатации таких систем. Поэтому для достижения оптимального результата необходим всесторонний технико-экономический анализ и обоснование каждого проектного решения [1,2].

Для газораспределительных пунктов, обслуживающих сети с низким давлением, наиболее эффективная производительность составляет от 2500 до 3500, а рекомендуемый радиус обслуживания — около 1 км. Расчёт необходимого количества ШГРП осуществляется по известной методике [3].

Исходя из этой методики расчета радиуса действия ШГРП [1], можно сделать вывод, что чем больше радиус действия, тем больше абонентов и объектов попадает в зону охвата этого ШГРП, и, соответственно, тем большее количество газа необходимо подавать на потребителей, т.е. нагрузка увеличивается. Но увеличение производительности не всегда будет иметь линейный характер из-за таких факторов, как:

- сопротивление в сети (давление газа снижается в зависимости от расстояния),
- падение эффективности регулирования давления газа (за счет регуляторов давления),
- ограничений по диаметрам и давлениям труб существующих систем газораспределения (принятых в зависимости от результатов гидравлического расчета и подбора соответствующих диаметров газопроводов),
- принятых нормативных значений (например, по времени реагирования на аварии и проведения ремонтных работ и т.п.).

Практика показывает, что повышение оптимальной часовой нагрузки за счет увеличения радиуса действия ШГРП нецелесообразно. С увеличением радиуса действия ШГРП оптимальная часовая нагрузка возрастает, но после определённого значения (оптимального значения радиуса действия ШГРП приблизительно 800-1000 м) рост замедляется и это связано с техническими и эксплуатационными ограничениями. Также при увеличении радиуса действия ШГРП, необходимо применять газопроводы с большим диаметром, что приводит к повышению стоимости строительства систем газоснабжения. Следовательно, в таких случаях эффективным решением будет установка дополнительных ШГРП.

На основе расчётов, выполненных с использованием программы Excel Tool, определено рациональное количество шкафных газорегуляторных пунктов (ШГРП), необходимых для обслуживания жилых массивов, с учётом занимаемой ими площади. При этом значения радиуса действия шкафных газорегуляторных пунктов приняты в диапазоне от 0,5 до 1 км. В расчетах стоимость ШГРП принята для расчетов постоянной и одинаковой. Итоговые значения представлены в таблице 1.

Следует отметить, что расчётные значения количества ШГРП подлежат округлению в сторону ближайшего большего целого числа.

В качестве наглядной иллюстрации представлен график, отражающий зависимость оптимального количества ШГРП от радиуса их действия (см. рис. 1).

На основании разработанной в Excel Tool расчётной модели определено оптимальное количество шкафных газорегуляторных пунктов (ШГРП), необходимых для эффективного и надежного функционирования системы газоснабжения в рассматриваемых районах.

Расчёты производились с учётом площади территории, подлежащей газификации, а также радиуса действия одного ШГРП. Сводные данные по результатам анализа представлены в таблице 2. При интерпретации результатов полученные значения количества ШГРП следует округлять в сторону ближайшего большего целого числа.

На основании графических данных, представленных на рисунке 2, можно определить рациональное количество шкафных газорегуляторных пунктов (ШГРП), исходя из площади территории, подлежащей газификации, и заданного радиуса действия каждого пункта. Такой подход позволяет, зная площадь жилого массива и оптимальное значение радиуса обслуживания, оперативно рассчитать необходимое количество ШГРП для конкретного района строительства газораспределительной сети.

Таблица 2 - 3. Расчет оптимального количества шкафных газорегуляторных пунктов для жилых массивов г. Бишкек

№	Жилмассив	Площадь, га	Расчетное оптимальное количество ГРП (шт.) при оптимальном радиусе Rопт, км					
			Rопт=0,5	Rопт=0,6	Rопт=0,7	Rопт=0,8	Rопт=0,9	Rопт=1
1.	Арча-Бешик	795	15,90	11,04	8,11	6,21	4,91	3,98
2.	Ак-Орго	362	7,24	5,03	3,69	2,83	2,23	1,81
3.	Ак-Ордо	301	6,02	4,18	3,07	2,35	1,86	1,51
4.	Ынтымак-Арча-Бешик	250	5,00	3,47	2,55	1,95	1,54	1,25
5.	Ала-Тоо	208	4,16	2,89	2,12	1,63	1,28	1,04
6.	Орок	30,5	0,61	0,42	0,31	0,24	0,19	0,15
7.	Ак-Босого	316,5	6,33	4,40	3,23	2,47	1,95	1,58
8.	Мурас-Ордо	145	2,90	2,01	1,48	1,13	0,90	0,73
9.	Колмо	141	2,82	1,96	1,44	1,10	0,87	0,71
10.	Калыс-Ордо	135	2,70	1,88	1,38	1,05	0,83	0,68
11.	Бугу-Эне-Багыш	120	2,40	1,67	1,22	0,94	0,74	0,60
12.	Алтын-Бешик	40	0,80	0,56	0,41	0,31	0,25	0,20
13.	Тынчтык	33	0,66	0,46	0,34	0,26	0,20	0,17
14.	Касым	22	0,44	0,31	0,22	0,17	0,14	0,11
15.	Жениш	20	0,40	0,28	0,20	0,16	0,12	0,10
16.	Ул.Щербакова (Боталиева)	15	0,30	0,21	0,15	0,12	0,09	0,08
17.	Аска-Таш	14,5	0,29	0,20	0,15	0,11	0,09	0,07
18.	Участок северной обьездной дороги	13,5	0,27	0,19	0,14	0,11	0,08	0,07
19.	Калыс-Ордо 2	13	0,26	0,18	0,13	0,10	0,08	0,07
20.	Керемет	12,71	0,25	0,18	0,13	0,10	0,08	0,06
21.	Балбан-Таймаш	6	0,12	0,08	0,06	0,05	0,04	0,03
22.	Салам-Алик	5,76	0,12	0,08	0,06	0,05	0,04	0,03
23.	Участки по ул.Профсоюзная	1,96	0,04	0,03	0,02	0,02	0,01	0,01
24.	Бурдинская-Ильменская	5	0,10	0,07	0,05	0,04	0,03	0,03
25.	Маданият	3,8	0,08	0,05	0,04	0,03	0,02	0,02
26.	Достук	3,41	0,07	0,05	0,03	0,03	0,02	0,02
27.	Келечек	83	1,66	1,15	0,85	0,65	0,51	0,42
28.	Учкун	84	1,68	1,17	0,86	0,66	0,52	0,42

29.	Ак-Бата	95	1,90	1,32	0,97	0,74	0,59	0,48
30.	Бакай-Ата	104	2,08	1,44	1,06	0,81	0,64	0,52
31.	Дордой	134	2,68	1,86	1,37	1,05	0,83	0,67
32.	Эне-Сай	45	0,90	0,63	0,46	0,35	0,28	0,23
33.	Дордой-2	38	0,76	0,53	0,39	0,30	0,23	0,19
34.	Ак-Тилек	22,5	0,45	0,31	0,23	0,18	0,14	0,11
35.	Дачная-Керченская-Суворова	21,5	0,43	0,30	0,22	0,17	0,13	0,11
36.	Керамическая	12,5	0,25	0,17	0,13	0,10	0,08	0,06
37.	Каинды (Карагачевая Роща),	9	0,18	0,13	0,09	0,07	0,06	0,05
38.	Ак-Тилек-3	5,42	0,11	0,08	0,06	0,04	0,03	0,03
39.	Чалбай	5,13	0,10	0,07	0,05	0,04	0,03	0,03
40.	Красный строитель	3	0,06	0,04	0,03	0,02	0,02	0,02
41.	Ак-Тилек-2	2,1	0,04	0,03	0,02	0,02	0,01	0,01
42.	Кок-Жар	260	5,20	3,61	2,65	2,03	1,60	1,30
43.	Кара-Жыгач	146,4	2,93	2,03	1,49	1,14	0,90	0,73
44.	Алтын-Ордо	75,5	1,51	1,05	0,77	0,59	0,47	0,38
45.	Рухий-Мурас	50	1,00	0,69	0,51	0,39	0,31	0,25
46.	Токолдош	44	0,88	0,61	0,45	0,34	0,27	0,22
47.	Каралаева	4,6	0,09	0,06	0,05	0,04	0,03	0,02

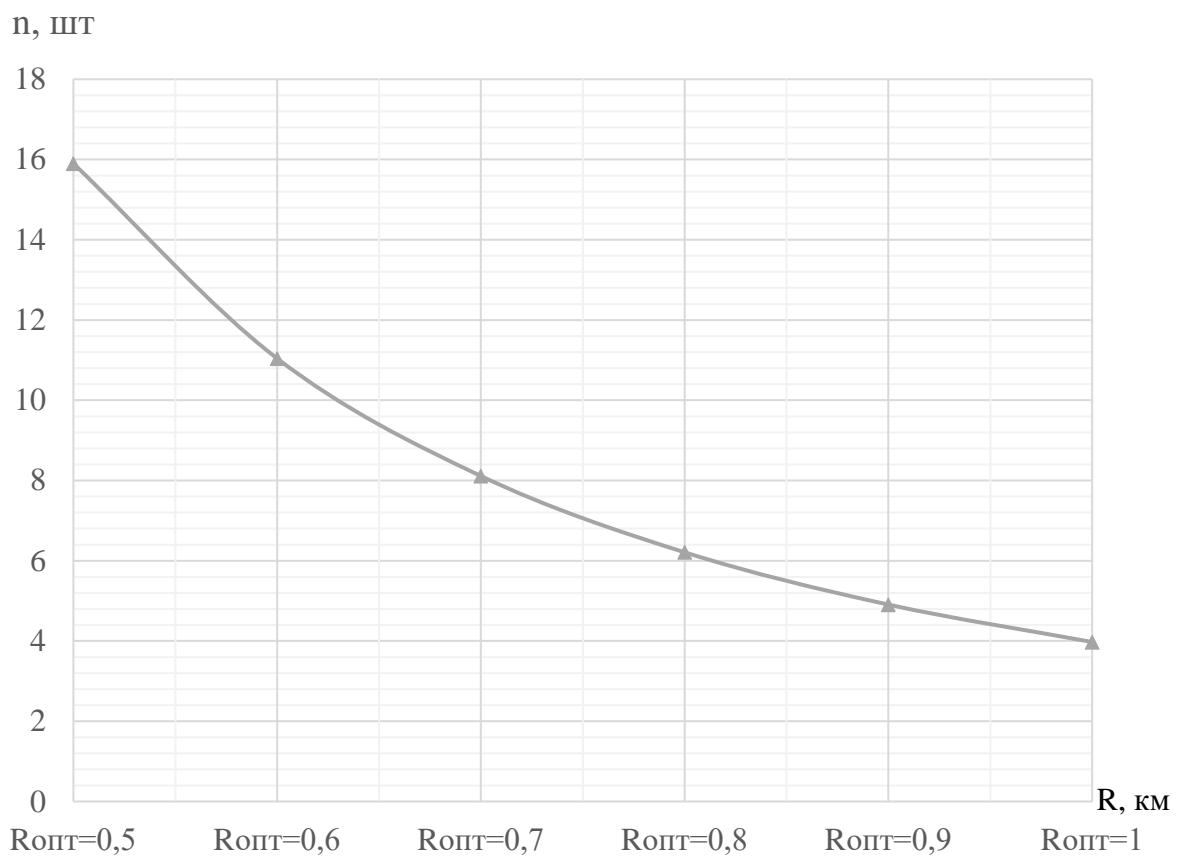


Рисунок 1 - Оптимальное количество ШГРП для жилого массива Ак-Орго города Бишкек в зависимости от радиуса действия.

Данные, представленные в таблице, демонстрируют зависимость между площадью жилой застройки и необходимым количеством шкафных газорегуляторных пунктов (ШГРП) при различных значениях радиуса их действия ($R_{опт}$).

Таблица 2 – Результаты расчета оптимального количества шкафных газорегуляторных пунктов в зависимости от площадей районов и радиуса действия

Площадь, км ²	Расчетное оптимальное количество ШГРП при радиусе действия $R_{опт}$, км					
	$R_{опт}=0,5$	$R_{опт}=0,6$	$R_{опт}=0,7$	$R_{опт}=0,8$	$R_{опт}=0,9$	$R_{опт}=1$
1	2	1	1	1	1	1
2	4	3	2	2	1	1
3	6	4	3	2	2	2
4	8	6	4	3	2	2
5	10	7	5	4	3	3
6	12	8	6	5	4	3
7	14	10	7	5	4	4
8	16	11	8	6	5	4
9	18	13	9	7	6	5
10	20	14	10	8	6	5

Анализ показывает, что при увеличении радиуса действия каждого пункта от 0,5 км до 1 км количество требуемых ШГРП уменьшается. Это подтверждает закономерность,

согласно которой большая зона охвата позволяет сократить число пунктов регулирования, обеспечивая тем самым экономию капитальных вложений.

Так, например, для территории площадью 6 км² при радиусе действия R_{опт} = 0,5 км требуется 12 ШГРП, в то время как при R_{опт} = 1 км — всего 3 пункта. Аналогичная тенденция наблюдается и при других значениях площади: при увеличении радиуса почти вдвое количество пунктов сокращается более чем в три раза.

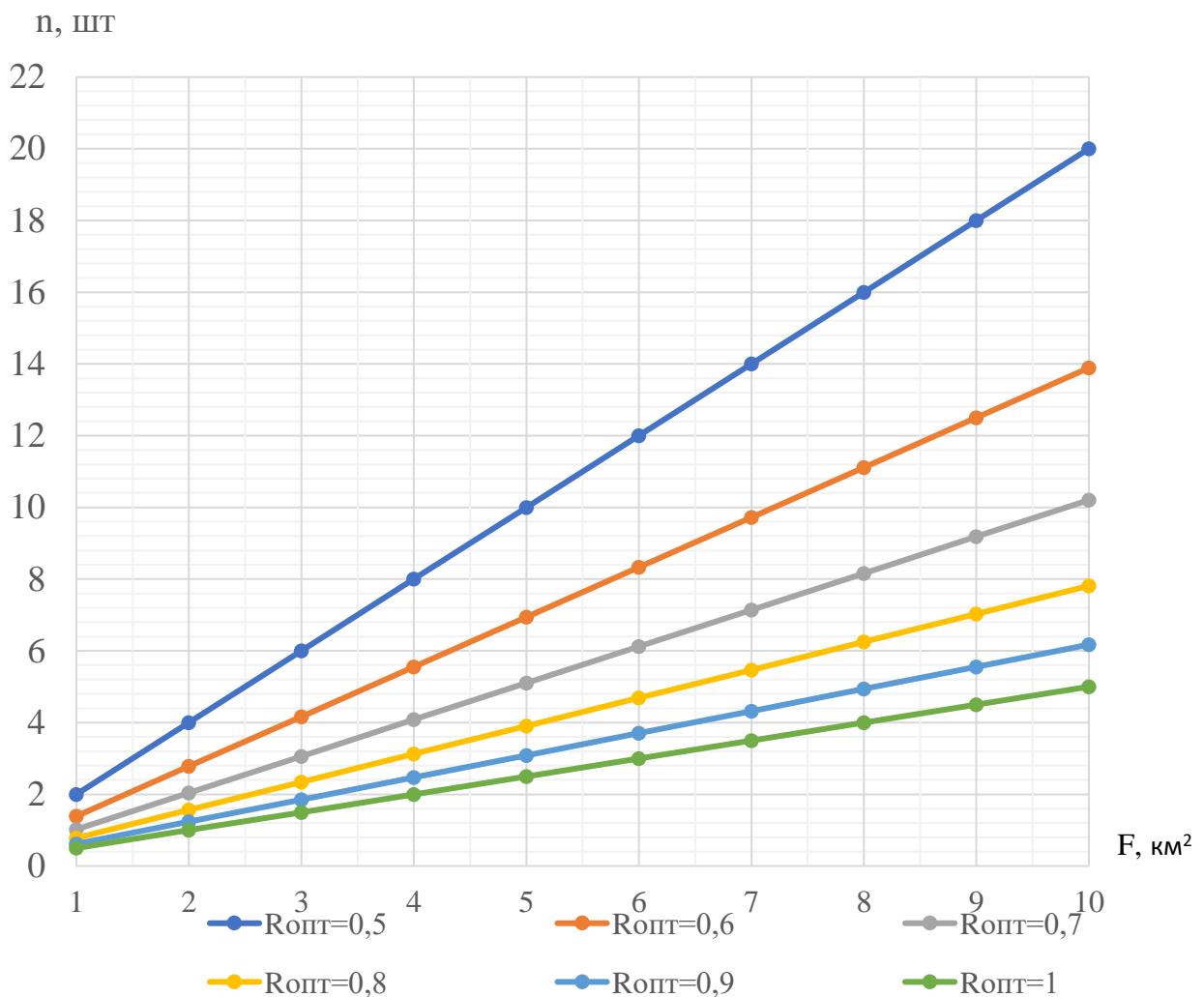


Рисунок 2 - Зависимости оптимального количества шкафных газорегуляторных пунктов в зависимости от площадей районов и радиуса действия ШГРП

Однако следует учитывать, что увеличение радиуса действия ШГРП ограничено нормативными требованиями, связанными с допустимыми потерями давления и надёжностью газоснабжения. Таким образом, при проектировании системы важно находить компромисс между технической целесообразностью и экономической эффективностью.

Окончательное определение необходимого количества ШГРП должно основываться на проведении технико-экономического анализа, включающего комплексную оценку всех затрат, связанных со строительством и монтажом ШГРП, а также газопроводов среднего и низкого давления.

При этом следует учитывать результаты расчетов (см. рис. 3), которые демонстрируют, что с увеличением радиуса обслуживания ШГРП наблюдается сокращение их числа в жилом массиве. Данное изменение способствует снижению приведённых затрат на сооружение ШГРП и распределительных сетей среднего давления. В то же время

увеличение радиуса действия приводит к росту расходов на распределительную сеть низкого давления, что связано с увеличением среднего диаметра трубопроводов.

Следующим этапом наших исследований было определить зависимости количества ШГРП от часовой нагрузки. По результатам проведенных расчетов был построен график (см. рис. 2.6) зависимости количества ШГРП от часовой нагрузки. Для получения данных зависимостей мы приняли определенные значения оптимальных часовых нагрузок ($Q=2500 \text{ м}^3/\text{ч}$, $Q=3000 \text{ м}^3/\text{ч}$, $Q=3500 \text{ м}^3/\text{ч}$).

Согласно полученному графику, мы можем определить оптимальное количество ШГРП (принимаем ближайшее наибольшее значение), например, для обеспечения определенного района населенного пункта с примерной часовой нагрузкой:

$Q=2500 \text{ м}^3/\text{ч}$ можно принять 6 ШГРП,

$Q=3000 \text{ м}^3/\text{ч}$ можно принять 7 ШГРП,

$Q=3500 \text{ м}^3/\text{ч}$ можно принять 8 ШГРП.

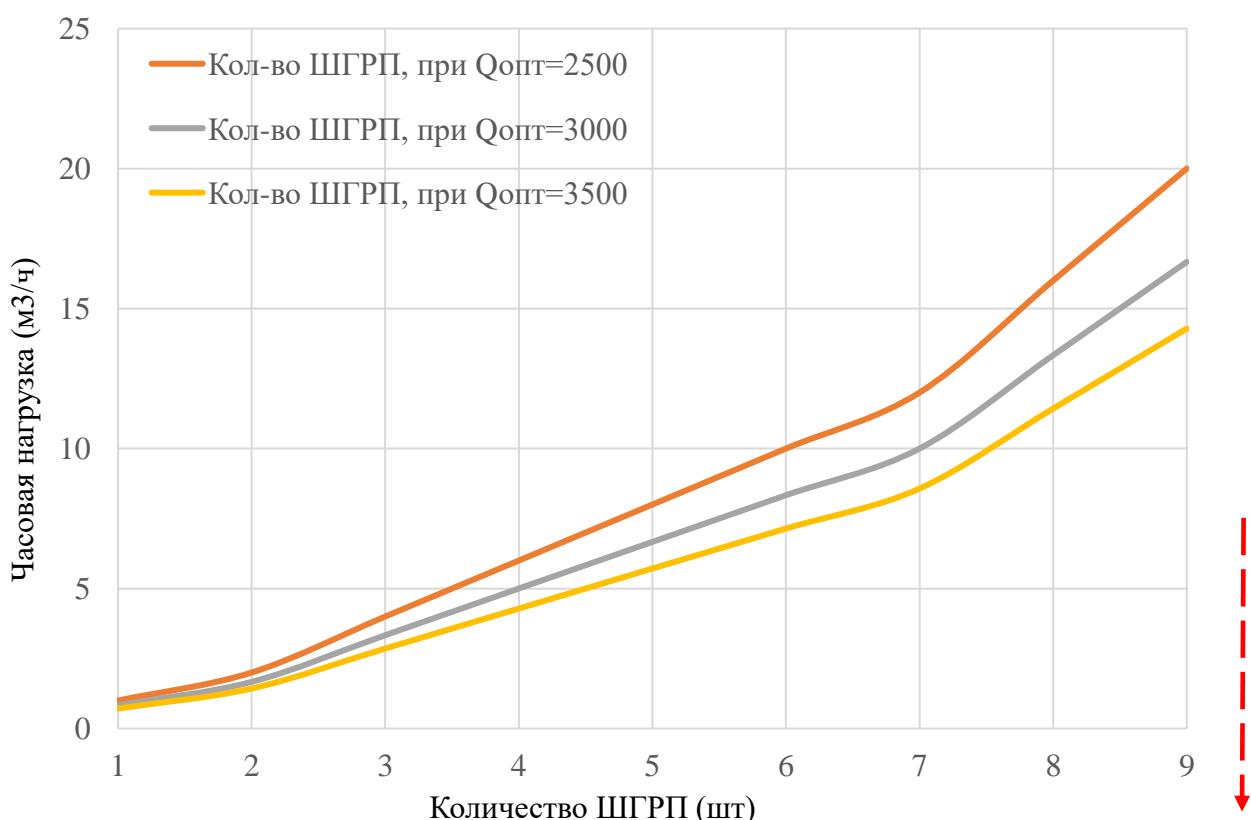


Рисунок 2 - 6. График зависимости количества ШГРП (шкафных газорегуляторных пунктов) от часовой нагрузки при значениях оптимальных часовых нагрузках ($Q=2500 \text{ м}^3/\text{ч}$, $Q=3000 \text{ м}^3/\text{ч}$, $Q=3500 \text{ м}^3/\text{ч}$).

Список литературы

1. СН КР 42-02:2020. Проектирование систем газоснабжения. — Бишкек, 2020.
2. СНиП КР 42-02:2015. Строительство систем газоснабжения. — Бишкек, 2015.
3. Торчинский, Я.Л. Оптимизация проектируемых и эксплуатируемых газораспределительных систем [Текст] / Я.Л. Торчинский. - Л.: Недра, 1988.-240с.

Э.Т. Токторалиев

И. Рazzakov атындағы КМТУ, Бишкек, Кыргыз Республикасы
КГТУ им. И. Рazzакова, Бишкек, Кыргызская Республика

E.T. Toktoraliev

I. Razzakov KSTU, Bishkek, Kyrgyz Republic
erkin_toktoraliev@mail.ru

МИНЕРАЛЬНЫЕ ВОДЫ И ЛЕЧЕБНЫЕ ГРЯЗИ КЫРГЫЗСТАНА

КЫРГЫЗСТАНДАГЫ МИНЕРАЛДЫҚ СУУЛАР ЖАНА ДАРЫЛЫҚ БАТКАКТАР

MINERAL WATERS AND THERAPEUTIC MUDS OF KYRGYZSTAN

Макалада Кыргызстандың минералдық сууларын жана дарылышын батқактары (пелоиддер) талданған, алардың физико-химиялық касиеттерин, терапиялық потенциалын жана өлкө аймагындағы таралышын изилдөө караптады. Негизги минералдық суулар (гидрокарбонат-сульфаттық, сульфиждүү, радондор) жана дарылышын кирлердин (сапропель, торф, ил) түрлөрү жана алардың санаторий-курорттук жана рекреациялық чөйрөлөрдө колдонулушы караптады. Негизги кендер талданып, курорттук жана дарылышын потенциалы эң жогору аймактар аныкталды, ресурстардың транспорттук жеткиликтүүлүгү бааланды. Кыргызстандың саламаттық сактоо жана туризм тармагын өнүктүрүү үчүн минералдық сууларды жана пелоиддерди комплекстүү пайдалануунун зарылдыгы белгилендиди.

Түйүндүү сөздөр: минералдық суулар, дарылышын батқактар, пелоиддер, санаторий-курорттук дарылоо, бальнеотерапия, гидрокарбонат-сульфаттық суулар, сульфиждүү суулар, радондор, сапропель кирлер, торф кирлер, ил кирлер, рекреация, табигый ресурстар.

Статья посвящена анализу минеральных вод и лечебных грязей Кыргызстана, их физико-химическим свойствам, терапевтическому потенциалу и распределению по территории страны. Рассматриваются основные типы минеральных вод (гидрокарбонатно-сульфатные, сероводородные, радоновые) и лечебных грязей (сапропелевые, торфяные, иловые), а также их применение в санаторно-курортной и рекреационной сфере. Проанализированы основные месторождения, выявлены ключевые регионы с наибольшим курортным и лечебным потенциалом, оценена транспортная доступность ресурсов. Отмечена необходимость комплексного использования минеральных вод и пелоидов для развития здравоохранения и туризма в Кыргызстане.

Ключевые слова: минеральные воды, лечебные грязи, пелоиды, санаторно-курортное лечение, бальнеотерапия, гидрокарбонатно-сульфатные воды, сероводородные воды, радоновые воды, сапропелевые грязи, торфяные грязи, иловые грязи, рекреация, природные ресурсы.

The article devoted to the analysis of mineral waters and therapeutic muds (peloids) of Kyrgyzstan, their physic-chemical properties, therapeutic potential, and distribution across the country. Examined the main types of mineral waters (bicarbonate-sulfate, sulfide, radon) and therapeutic muds (sapropel, peat, silt) and their use in sanatorium-resort and recreational facilities. Major deposits have been analyzed, key regions with the highest resort and has been assessed therapeutic potential have been identified, and the transport accessibility of resources. The study emphasizes the need for integrated use of mineral waters and peloids to promote healthcare and tourism development in Kyrgyzstan.

Key words: mineral waters, therapeutic muds, peloids, sanatorium-resort treatment, balneotherapy, bicarbonate-sulfate waters, sulfide waters, radon waters, sapropel muds, peat muds, silt muds, recreation, natural resources.

По состоянию на 1 января 2023 года в Кыргызской Республике было зарегистрировано 121,1 тыс. хозяйствующих субъектов (юридических и физических лиц), деятельность которых связана с туристской сферой. К ним относятся предприятия, занимающиеся производством и реализацией туристских товаров, оказанием туристско-экскурсионных услуг, а также организации размещения, отдыха и развлечений туристов (заповедники, национальные природные парки, альплагеря), предприятия общественного питания, транспортные компании и др.

Наибольшая концентрация хозяйствующих субъектов наблюдается в Бишкеке — 23,7 тыс. или 19,5 % от общего числа, далее следуют Ошская область (20,0 тыс.; 16,5 %), Чуйская область (18,0 тыс.; 14,9 %), город Ош (15,8 тыс.; 13,0 %), Иссык-Кульская область (11,4 тыс.; 9,4 %), Баткенская область (13,3 тыс.; 11,0 %), Джалаал-Абадская область (11,0 тыс.; 9,3 %), Нарынская область (5,0 тыс.; 4,2 %) и Таласская область (2,6 тыс.; 2,1 %).

Из общего числа субъектов 15,5 тыс. (12,8 %) специализируются на предоставлении услуг в сфере рекреации и отдыха (гостиничные предприятия, базы отдыха, рестораны, санаторно-оздоровительные учреждения). При этом около 6,1 тыс. таких субъектов (40,8 %) сосредоточены в Бишкеке, а 2,0 тыс. (13,2 %) — в курортных зонах Иссык-Кульской области.

Особое место занимает индивидуальное предпринимательство: более 106 тыс. физических лиц (87,3 % от общего числа зарегистрированных субъектов) осуществляют деятельность в сфере туризма.

В 2022 году туристам услуги предоставляли 441 учреждение отдыха и туризма, а также 1 257 гостевых домов. Среди них: 182 специализированных средства размещения (93 пансионата, включая один лечебный; 24 детских оздоровительных лагеря и комплекса; 16 санаториев, в том числе 5 детских; 12 санаториев-профилакториев; 36 туристских баз и баз отдыха); 212 гостиниц и аналогичных средств размещения; 60 туристских фирм и туроператоров, бюро путешествий и экскурсий; 11 природных парков и заповедников; 36 прочих организаций.

По итогам 2022 года число отдыхающих в Кыргызстане составило около 2 млн человек, что в 1,5 раза превышает показатель 2021 года. При этом в организованном секторе туризма отдохнули более 1 млн человек (рост в 1,7 раза), в неорганизованном — 0,8 млн человек (рост на 24 %).

Наряду с общим ростом туристских потоков отмечаются изменения в структуре распределения отдыхающих между организованным и неорганизованным секторами туризма. Так, если в 2018 году доля туристов, отдыхавших в организованном секторе, составляла 54,3 %, то к 2022 году этот показатель вырос до 57,5 %. Соответственно, доля неорганизованного сектора снизилась с 45,7 % до 42,5 %.

Значительная часть туристских услуг приходится на Иссык-Кульскую область. В 2022 году здесь функционировали 1 434 учреждения отдыха и туризма (включая гостевые дома), которые принимали туристов и предоставляли им услуги. В организованном секторе региона было обслужено 313,6 тыс. человек, что на 20 % больше по сравнению с 2021 годом. Дополнительно в неорганизованном секторе (гостевые дома и частные хозяйства) в курортных зонах Иссык-Куля в 2022 году отдохнули около 0,8 млн человек, что также превышает показатель предыдущего года в 1,2 раза.

Через туристские фирмы в 2022 году путешествовали 14,3 тыс. человек, из которых 79 % составили граждане Кыргызстана, выезжавшие за пределы страны, а 21 % — иностранные туристы, посетившие Кыргызскую Республику.

Вклад туризма в национальную экономику сохраняет значимость, хотя и демонстрирует тенденцию к снижению. Так, добавленная валовая стоимость, созданная в

сфере туризма, по предварительным данным, в 2022 году превысила 35 млрд сомов, что составило 3,6 % ВВП. Для сравнения, в 2018 году данный показатель достигал 5,0 %.

Развитие санаторно-курортной отрасли и рекреационных программ напрямую зависит от рационального использования этих природных ресурсов. Комплексное применение минеральных вод и пелоидов позволяет не только лечить и предотвращать заболевания, но и формировать новые туристические продукты, способствующие экономическому развитию регионов.

Территория обладает уникальным природным потенциалом, обусловленным сложной геологической структурой, тектонической активностью и обилием водных ресурсов. Среди них особое место занимают минеральные воды и лечебные грязи (пелоиды), которые на протяжении многих лет используются в медицинских и рекреационных целях. Минеральные воды страны отличаются разнообразным химическим составом — гидрокарбонатно-сульфатные, сероводородные, радоновые, а также слабоминерализованные столовые воды — что обеспечивает широкий спектр терапевтического воздействия. Лечебные грязи, формирующиеся в озёрных, торфяных и термальных экосистемах, обладают уникальными физико-химическими свойствами и биологически активными компонентами. Она характеризуется высоким природно-ресурсным потенциалом, обусловленным сложной геологической структурой и активной тектонической деятельностью. Среди многочисленных природных ресурсов страны особое значение имеют минеральные воды и лечебные грязи (пелоиды), обладающие уникальными физико-химическими свойствами и доказанным терапевтическим потенциалом. Данные ресурсы используются в целях профилактики и лечения различных заболеваний, а также способствуют развитию санаторно-курортной и рекреационной отрасли.

Цель работы: сделать анализ минеральных и лечебных грязей Кыргызстана.

Задачи включают: провести анализ источников минеральных вод и лечебных грязей; определить потенциал существующих минеральных вод и лечебных грязей; предложить перспективы развития курортных ресурсов Кыргызстана.

Теоретическая часть.

Минеральные воды Кыргызстана представлены широким спектром химических составов, включая гидрокарбонатно-сульфатные, сероводородные, радоновые, а также слабоминерализованные столевые воды. По данным гидрогеологических исследований, в стране зарегистрировано более 200 источников минеральных вод, большинство из которых сосредоточено в высокогорных районах и тектонических разломах.

Минеральные воды классифицируются по содержанию минеральных солей и газов, температуре, гидрокарбонатной или сероводородной природе. Например:

Гидрокарбонатно-сульфатные воды (Чуйская долина) характеризуются умеренной минерализацией (0,5–2,0 г/л) и содержанием кальция, магния, натрия, что способствует нормализации работы ЖКТ и почек .

Сероводородные воды (Иссык-Кульская область) обладают противовоспалительными и дерматотропными свойствами, применяются при заболеваниях кожи и опорно-двигательного аппарата.

Радоновые воды (территории Нарынской области) используются в бальнеотерапии при ревматических и эндокринных нарушениях.

Лечебные грязи Кыргызстана формируются в условиях озёрных, торфяных и термальных экосистем. Основными типами пелоидов являются сапропелевые, торфяные и иловые грязи, обогащённые органическими веществами и микроэлементами.

Основные зоны применения пелоидов включают: Иссык-Кульскую область (Чолпон-Ата, Кум-Бель) – грязи с высоким содержанием йода, брома и минералов; Нарынскую и Таласскую области – торфяные и сапропелевые грязи, богатые органическими соединениями и полезными микроэлементами; Сары-Челек и Ала-Арча – высокогорные торфяники, применяемые в санаторных комплексах.

Пелоиды применяются для локальных и общих процедур, оказывая комплексное воздействие на организм: нормализуют микроциркуляцию; способствуют восстановлению тканей и суставов; обладают противовоспалительным и анальгезирующим эффектом; оказывают общеукрепляющее действие.

В северном регионе (Чуйская и Иссык-Кульская области) сосредоточено наибольшее количество курортов, что обусловлено наличием природных минеральных источников, термальных вод и лечебных грязей, а также развитой инфраструктурой туристско-оздоровительных объектов. Среди них можно выделить следующие учреждения: Санаторий «Иссык-Ата» (Чуйская область) – специализируется на применении термальных вод и торфяных грязей для лечения кожных, нервных и гинекологических заболеваний; Санаторий «Ак-Бермет» (Кара-Ой) – использует минеральные воды и лечебные грязи преимущественно для терапии заболеваний опорно-двигательного аппарата и ревматических патологий; Санаторий «Чолпон-Ата» (город Чолпон-Ата) – применяет Чолпон-Атинскую грязь и минеральные воды при комплексной терапии различных заболеваний; Санаторий «Голубой Иссык-Куль» – предлагает минеральные ванны и сульфидные иловые грязи для лечения заболеваний опорно-двигательного аппарата, нервной системы и гинекологических патологий; Санаторий «Аврора-Иссык-Куль» – осуществляет комплексное оздоровление с использованием минеральной воды и лечебной грязи; Санаторий «Джеты-Огуз» – применяет радоновые воды и сульфидные иловые грязи для лечения заболеваний опорно-двигательного аппарата и нервной системы [18].

В южном регионе (Джалал-Абадская область) функционирует меньшее количество специализированных санаториев, среди которых наиболее известным является [18, 19]: Санаторий «Жалал-Абад» – использует термальные и радоновые воды, а также торфяные иловые грязи для лечения заболеваний желудочно-кишечного тракта, кожных и гинекологических заболеваний [18, 19, 20].

Так, санаторий «Иссык-Ата» обладает мощностью около 250 мест. При условии круглогодичной эксплуатации данный показатель позволяет предположить ежегодное лечение порядка 91 000 человек. Курорт «Голубой Иссык-Куль» предлагает комплекс оздоровительных процедур, включающих минеральные ванны и грязелечение. Санаторий «Жалал-Абад» располагает водогрязелечебницей, предоставляющей процедуры с минеральными ваннами и лечебными грязями. Аналогичные услуги оказываются санатории «Кыргызское взморье», «Ак-Бермет», «Чолпон-Ата», «Аврора-Иссык-Куль», «Ак-Суу» и «Джеты-Огуз» [20, 21].

Материалы для обсуждения. Кыргызская Республика обладает значительными природными ресурсами минеральных вод и лечебных грязей, которые используются в медицинских и рекреационных целях. Согласно данным геоинформационного портала Кыргызстана, на территории страны зарегистрировано более 100 месторождений минеральных вод, включая около 30 участков углекислых вод и более 50 проявлений теплых и горячих **источников**. Среди них выделяются радоновые, сульфатные, железистые и другие типы вод. На четырёх месторождениях минерально-термальных вод (Джалал-Абад, Иссык-Ата, Ак-Суу, Джергалан) и одном радоновом термальном месторождении (Джеты-Огуз) функционируют курорты, использующие эти ресурсы для лечебных целей.

Что касается лечебных грязей, то на территории Кыргызстана выявлено 14 месторождений с объёмом запасов около 3,3 млн м³. Из них 8 месторождений расположены в Иссык-Кульской области, составляя 91,9% от общего объёма качественных иловых минерально-сульфидных лечебных грязей. Однако на данный момент используется лишь около 415 тыс. м³, что составляет всего 13% от имеющихся запасов.

Собственные материалы. Минеральные воды классифицируются по химическому составу и температуре. Основные регионы, где расположены минеральные источники, включают: **Чуйская долина**: известна своими гидрокарбонатно-сульфатными водами, такими как источники в Ак-Суу и Иссык-Ата; **Иссык-Кульская область**: расположены радоновые и сульфидные воды, например, в Чатыр-Куле и Джергалане; **Джалал-Абадская**

область: имеются углекислые и сульфатные воды, используемые для лечебных целей; **Нарынская область:** известна своими термальными источниками, такими как Джети-Огуз; **Таласская область:** расположены минеральные воды, используемые в санаторно-курортном лечении.

В Кыргызстане выявлено 16 месторождений лечебных грязей, из которых 8 расположены в Иссык-Кульской области. Основные типы лечебных грязей включают: **Сульфидные иловые грязи:** образуются в солёных озёрах и используются для лечения заболеваний опорно-двигательного аппарата и кожи; **Сапропелевые грязи:** формируются в пресноводных озёрах и применяются для лечения заболеваний нервной системы и обмена веществ; **Торфяные грязи:** используются для лечения заболеваний сердечно-сосудистой системы и гинекологических заболеваний.

Основные месторождения лечебных грязей расположены: **Иссык-Кульская область:** Чолпон-Ата, Жыргалан, Покровское, Тамчинское, Курментинское, Караойское; **Джалал-Абадская область:** вблизи города Джалал-Абад, районе озера Сары-Челек; **Чуйская долина:** вблизи сел Камышановка.

Карта распространения минеральных вод и лечебных грязей на территории Кыргызстана (см. рис. 1).

Согласно рисунку 1. - Общее распределение минеральных источников: Минеральные воды (обозначены черными символами) сосредоточены в основном вдоль горных систем, что соответствует геологическому строению страны. Наибольшая концентрация источников наблюдается в юго-западных (Джалал-Абад, Баткен) и северо-восточных (Иссык-Куль, Чуйская область) регионах. Центральная часть страны (Нарынская область) имеет меньшую плотность источников, что объясняется высокой годностью и труднодоступностью территории.

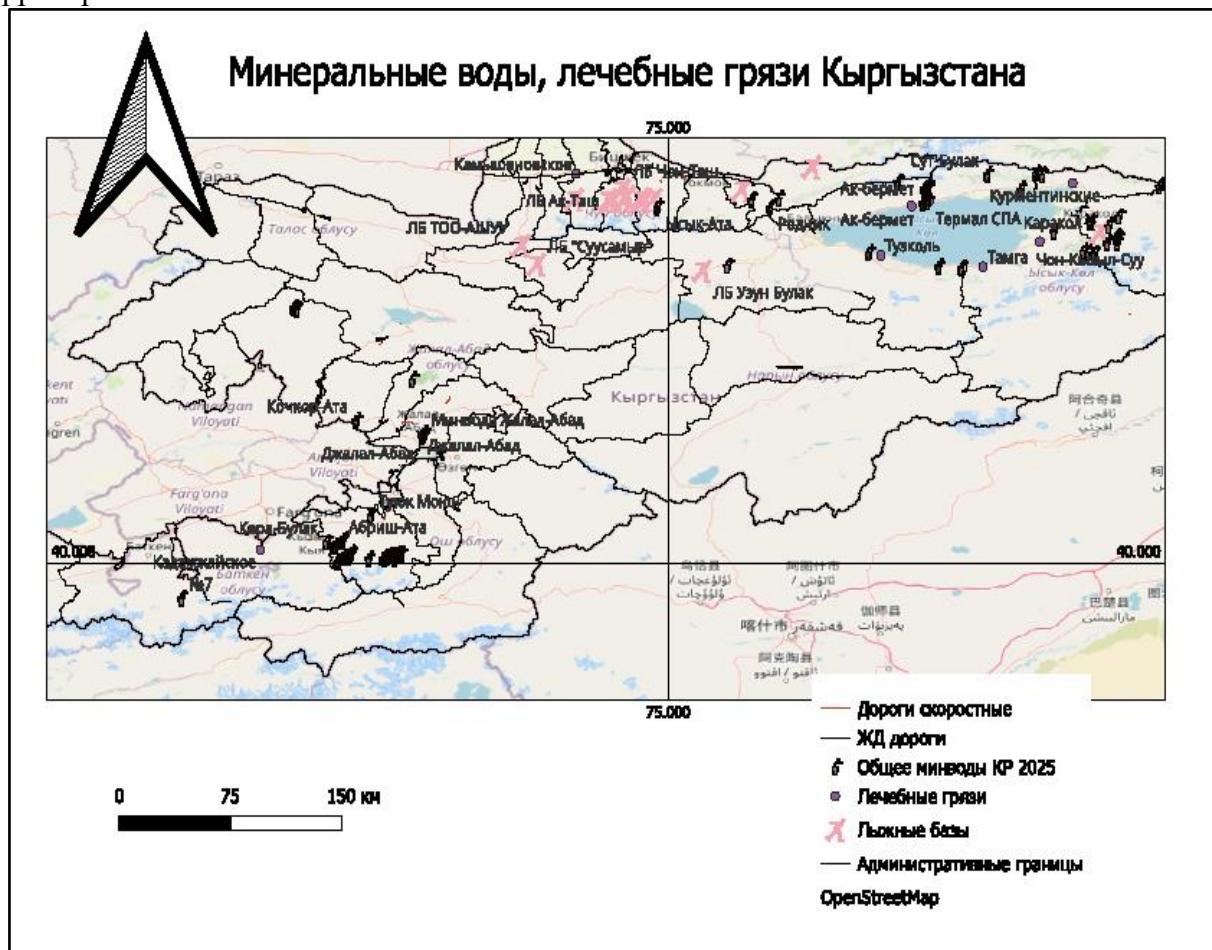


Рисунок 1 – Карта распространения минеральных вод и лечебных грязей

Распределение лечебных грязей: Лечебные грязи (обозначены сиреневым цветом) встречаются вблизи крупных озёр и в местах термальных проявлений. Основные зоны: Иссык-Кульская область (озеро Иссык-Куль и окрестности Чолпон-Аты) и Джалал-Абадская область. Некоторые грязи расположены рядом с минеральными источниками, что позволяет организовывать комплексные лечебные процедуры.

Связь с транспортной инфраструктурой: Высокая плотность минеральных источников вблизи железнодорожных линий и автодорог (обозначены черными и красными линиями) облегчает доступ к курортам. Дальние и труднодоступные источники (например, в высокогорьях Нарына и Таласа) практически не имеют прямого доступа к основной транспортной сети, что может ограничивать их использование.

Курортные зоны: Обозначены лыжные базы (розовые символы) – они совпадают с районами, где есть как минеральные источники, так и лечебные грязи. Это свидетельствует о возможности комбинированного туризма (оздоровительный + спортивный).

Несмотря на то, что минеральные воды и лечебные грязи представляют собой значительный природно-ресурсный потенциал, обладающий высокой терапевтической и рекреационной ценностью, в ряде регионов их использование остаётся неполноценным, что связано с совокупностью экономических, экологических, инфраструктурных и научно-медицинских факторов.

Одной из ключевых проблем является ограниченная инфраструктура санаторно-курортных комплексов и лечебных центров, не соответствующих современным международным стандартам. Недостаток транспортной доступности к источникам минеральных вод и месторождениям лечебных грязей снижает их доступность для туристов и пациентов. В ряде случаев наблюдается низкая коммерциализация ресурсов, в том числе в производстве бутилированной воды и косметических средств.

Серьезным препятствием является недостаток инвестиций, обусловленный высокими стартовыми затратами и длительным сроком окупаемости проектов. Эффективное управление природными ресурсами затруднено из-за отсутствия систем мониторинга качества воды и грязей, что снижает их рыночную стоимость. Низкая узнаваемость региональных курортов на международном рынке ограничивает приток туристов и пациентов.

Загрязнение водоемов и окружающей среды приводит к деградации источников минеральных вод и лечебных грязей. Чрезмерная эксплуатация без рационального контроля может вызвать истощение месторождений и ухудшение их лечебных свойств. Кроме того, отсутствие законодательной охраны ряда источников делает их уязвимыми перед хозяйственной деятельностью.

Недостаточное исследование лечебных свойств минеральных вод и грязей снижает эффективность их использования в медицинской практике. Отсутствие стандартизованных методик применения ресурсов приводит к неравномерности результатов терапии. Кроме того, дефицит квалифицированных специалистов в области бальнеологии и физиотерапии ограничивает возможность полноценного курортного лечения].

Низкая информированность населения о терапевтической ценности минеральных ресурсов и слабое продвижение медицинского туризма создают дополнительное препятствие для их использования. Использование устаревших методов лечения снижает эффективность терапевтических мероприятий.

Для эффективного развития курортологии необходимо комплексное решение ряда первоочередных задач. Важнейшими направлениями являются модернизация и расширение санаторно-курортной инфраструктуры, повышение доступности курортных зон и

обеспечение их инженерно-коммунальной поддержки. Не менее значимо рациональное использование природных лечебных ресурсов и системный контроль за их качеством, что обеспечивает сохранение терапевтических свойств минеральных вод и грязей. Одновременно требуется развитие научного обеспечения курортологии, включая исследование лечебного потенциала ресурсов и стандартизацию методик лечения, а также подготовка высококвалифицированных специалистов. Кроме того, привлечение инвестиций, создание эффективных маркетинговых стратегий и формирование нормативно-правовой базы позволяют стимулировать медицинский и рекреационный туризм, обеспечивая устойчивое развитие отрасли [20].

Для повышения эффективности использования минеральных вод и лечебных грязей необходим комплексный подход, включающий развитие инфраструктуры и транспортной доступности, привлечение инвестиций и создание частно-государственных партнерств, проведение научных исследований и стандартизацию лечебных методик, а также обеспечение экологической защиты источников [20, 21, 22].

Выводы: Юго-запад и северо-восток страны – ключевые регионы с точки зрения курортного и лечебного потенциала. Центральная и южная часть (Нарын, Ош) имеют ограниченные ресурсы минеральных вод и грязей, преимущественно в высокогорьях. Транспортная доступность является критическим фактором для развития санаторно-курортного туризма.

Карта показывает потенциал для комплексного использования природных ресурсов: минеральные воды + грязи + спортивные объекты.

Заключение. Анализ минеральных вод и лечебных грязей Кыргызстана показывает, что страна обладает значительным природным потенциалом для развития санаторно-курортной и рекреационной сферы. Минеральные воды, представленные гидрокарбонатно-сульфатными, сероводородными, радоновыми и другими типами, широко распространены в Чуйской, Иссык-Кульской, Джалал-Абадской, Нарынской и Таласской областях. Они обладают доказанным терапевтическим эффектом, применяются при заболеваниях опорно-двигательного аппарата, кожи, нервной и сердечно-сосудистой систем.

Лечебные грязи (пелоиды) Кыргызстана формируются в озёрных, торфяных и термальных экосистемах и представлены сапропелевыми, торфяными и иловыми типами. Основные месторождения сосредоточены в Иссык-Кульской и Джалал-Абадской областях, однако на сегодняшний день используется лишь часть имеющихся запасов. Пелоиды оказывают комплексное оздоровительное воздействие: нормализуют микроциркуляцию, способствуют восстановлению тканей и суставов, обладают противовоспалительным и общеукрепляющим эффектом.

Карта распределения минеральных вод и лечебных грязей свидетельствует о высокой концентрации ресурсов в юго-западной и северо-восточной частях страны, тогда как центральные и высокогорные районы (Нарын, Талас) характеризуются ограниченной доступностью источников, что обусловлено географическими и транспортными факторами.

Таким образом, Кыргызстан располагает уникальными природными ресурсами, обладающими высоким лечебно-оздоровительным потенциалом. Перспективы их рационального использования связаны с комплексным развитием курортных зон, улучшением транспортной доступности труднодоступных месторождений и внедрением современных методов пелоидо- и бальнеотерапии. Это создает основу для укрепления здоровья населения, привлечения туристов и устойчивого развития санаторно-курортной отрасли страны.

Список литературы

1. Махмадиев, А. К. Лечебные грязи Кыргызской Республики и их рациональное использование в медицинской реабилитации [Текст] / А. К. Махмадиев, А. Н. Самаганова // Вестник КРСУ. – 2024. – Т. 24, № 1. – С. 138–141. – DOI: 10.36979/1694-500X-2024-24-1-138-141.
2. Султанмуратов, М. Т. Минеральные озёра Южного берега озера Иссык-Куль // CyberLeninka. – 2010 [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://cyberleninka.ru/article/n/mineralnye-ozera-yuzhnogo-berega-ozera-issyk-kul> (дата обращения: 30.09.2025).
3. Османалиев, Ж. О. Пелоидотерапия в структуре курации пациентов в Кыргызской Республике // CyberLeninka. – 2018 [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://cyberleninka.ru/article/n/peloidoterapiya-v-strukture-kuratsii-patsientov-v-kyrgyzskoy-respublike> (дата обращения: 30.09.2025).
4. Лечение и отдых на Иссык-Куле — минеральные воды и лечебные грязи // Issyk-Kul-Tour [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://issyk-kul-tour.kg/lechenie-i-otdykh-na-issyk-kule/> (дата обращения: 30.09.2025).
5. Озеро Иссык-Куль в Киргизии // IssykKul.Biz [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://www.issykkul.biz/issyyk-kul6.aspx> (дата обращения: 30.09.2025).
6. Что такое минеральные воды, и какие из них есть в Кыргызстане // Open.KG [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://open.kg/about-kyrgyzstan/nature/water-resources/mineral-water/2198-chto-takoe-mineralnye-vody-i-kakie-iz-nih-est-v-kyrgyzstane.html> (дата обращения: 30.09.2025).
7. Лечение на Иссык-Куле — грязелечение и грязевые аппликации // Issyk-Kul.Com [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://www.issykkul.com/treatment/mud-cure.htm> (дата обращения: 30.09.2025).
8. Озеро Иссык-Куль // Википедия [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://ru.wikipedia.org/wiki/Иссык-Куль> (дата обращения: 30.09.2025).
9. Геоинформационный портал Кыргызстана. Месторождения подземных пресных и минеральных вод [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://geoportal-kg.org/ru/месторождения-подземных-пресных-и-минеральных-вод/> (дата обращения: 30.09.2025).
10. Перспективы развития туризма и рекреации в Кыргызстане // Научно-экономический журнал [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://science-economy.ru/ru/article/view?id=777> (дата обращения: 30.09.2025).
11. Токторалиев, Э. Т. Кыргыстандагы туризмдин өнүгүү динамикасынын талдоо [Текст] / Э. Т. Токторалиев, М. У. Сеитова, К. Т.Жантемирова // И. Арабаев атындагы Кыргыз мамлекеттик университетинин Жарчысы. – 2025. – № 1/1. – С. 81–90.
12. Байсеитова, М. Р. Кыргыстандагы өзгөчө коргуулучу аймактардын туризмдеги орду [Текст] / М. Р. Байсеитова, А. Ж. Абышова, С. С. Кожокулов // Наука, новые технологии и инновации Кыргызстана. – 2021. – № 4. – С. 156–157. – EDN KSXDHI.
13. Абдылдаев, Н. М. Минеральные воды Кыргызстана: лечебные и рекреационные ресурсы [Текст] / Н. М. Абдылдаев. – Бишкек: Илим, 2019. – 214 с.
14. Сапарова, А. А. Развитие санаторно-курортной инфраструктуры в Кыргызской Республике [Текст] / А. А. Сапарова // Туризм и охрана окружающей среды. – 2020. – № 2. – С. 45–52.
15. Жусупов, Т. К. Проблемы медицинского туризма в Центральной Азии [Текст] / Т. К. Жусупов // Вестник Кыргызской академии наук. – 2018. – № 3. – С. 78–85.
16. Калыбекова, Л. И. Экономические аспекты использования минеральных ресурсов Кыргызстана [Текст] / Л. И. Калыбекова // Региональная экономика и управление. – 2020. – № 5. – С. 101–108.

17. Мамбеталиева, Г. С. Экологическая устойчивость курортных зон Кыргызстана [Текст] / Г. С. Мамбеталиева // География и природопользование. – 2021. – № 1. – С. 33–41.
18. Toktoraliev, E. T. Recreational activity planning features (case study: Issyk-Kul basin) [Текст] / E. T. Toktoraliev, K. E. Mukanbet // Известия КГТУ им. И. Рazzакова. – 2024. – № 1(69). – С. 300–309. – DOI: 10.56634/16948335.2024.1.300-309. – EDN PDEONX.
19. Choduraev, Tm. The influence of the geographical features of Kyrgyzstan on the choice of types of recreational activities (A case study: Issyk-Kul region) [Текст] / Tm. Choduraev, Et. Toktoraliev // Annals of Environmental Science and Toxicology. – 2023. – Vol. 7, № 1. – P. 017–024.
20. Токторалиев, Э. Т. Проблемы и тенденции спроса туристов в развитии рекреационной деятельности на территории Кыргызстана [Текст] / Э. Т. Токторалиев // Экологическая и техносферная безопасность горнoprомышленных регионов: труды VIII Международной конференции, Екатеринбург, 07 апреля 2020 года. – Екатеринбург: Уральский государственный горный университет, 2020. – С. 291–298. – EDN WZDRQK.
21. Токторалиев, Э. Т. Организация рекреационно-туристической деятельности и учет социально-психологической особенности управления персоналом [Текст] / Э. Т. Токторалиев, М. Т. Бердиева // Известия Кыргызского государственного технического университета им. И. Рazzакова. – 2013. – № 28. – С. 433–435. – EDN YNDODB.
22. Токторалиев, Э. Т. Пути оптимизации рекреационной деятельности в Кыргызстане [Текст] / Э. Т. Токторалиев, И. Н. Белимова // Наука и новые технологии. – 2006. – № 1. – С. 103–105. – EDN VTPFVD.

Э.Т. Токторалиев

И. Рazzakov атындағы КМТУ, Бишкек, Кыргыз Республикасы
КГТУ им. И. Рazzакова, Бишкек, Кыргызская Республика

E.T. Toktoraliev

I. Razzakov KSTU, Bishkek, Kyrgyz Republic
erkin_toktoraliev@mail.ru

ОСВОЕННОСТЬ ТУРИСТСКО-РЕКРЕАЦИОННЫХ РЕСУРСОВ КЫРГЫЗСКОЙ РЕСПУБЛИКИ

КЫРГЫЗ РЕСПУБЛИКАСЫНЫН ТУРИСТТИК-РЕКРЕАЦИЯЛЫК РЕСУРСТАРЫНЫН ӨЗДӨШТҮРҮЛҮШҮ

UTILIZATION OF TOURIST-RECREATIONAL RESOURCES OF THE KYRGYZ REPUBLIC

Бул макалада Кыргызстан Республикасынын туристтик-рекреациялык жана курорттук ресурстарынын изилденүү деңгээли каралат. Табигый дары факторлор — минералдык суулар, дарылай турган ылайлар, климаттык шарттар, ошондой эле рекреациялык жана туристтик объектилер — көлдөр, тоо кыркасы, улуттук парктар, тарыхый-маданий эстеликтер жана этномаданий ресурстар талданған. Бул ресурстарды колдонуу деңгээли боюнча анализ жүргүзүлүп, алардын өздөштүрүлүшүндөгү негизги боштуктар жана чектөөлөр аныкталған. Туристтик-рекреациялык комплексти өнүктүрүүнүн келечектүү багыттары — экологиялык, тоо, этномаданий жана маданий-таанып билүүчү туризм, санаторий-курорттук жана агротуристтик долбоорлор көрсөтүлгөн. Иши системалуу, ландшафттык-географиялык жана экологиялык-экономикалык ықмаларга негизделеп, картографиялык анализ, ГИС-технологиялар, талаа байкоолору жана статистикалык маалыматтарды иштетүү колдонулган. Изилдөөнүн жыйынтыктары өлкөнүн курорттук тармагын рационалдуу пайдалануу жана туруктуу өнүктүрүү боюнча ишмий негизделген сунуштарды түзүүгө мүмкүндүк берет.

Түйүндүү сөздөр: курорттук ресурстар, минералдык булактар, дарылык кирлер, рекреациялык туризм, экологиялык туризм, этнокультурдук туризм, колдонулуш деңгээли.

В статье рассматривается уровень изученности туристско-рекреационных и курортных ресурсов Кыргызской Республики. Проанализированы природные лечебные факторы, включая минеральные воды, лечебные грязи, климатические условия, а также рекреационно-туристские объекты, такие как озёра, горные массивы, национальные парки, историко-культурные памятники и этнокультурные ресурсы. Проведен анализ степени, использованной этих ресурсов, выявлены ключевые проблемы и ограничения в их освоении. Определены перспективные направления развития туристско-рекреационного комплекса, включая экологический, горный, этнокультурный и культурно-познавательный туризм, санаторно-курортные и агротуристические проекты. Работа основана на системном, ландшафтно-географическом и эколого-экономическом подходах с применением картографического анализа, ГИС-технологий, полевых наблюдений и статистической обработки данных. Результаты исследования позволяют формировать научно обоснованные рекомендации по рациональному использованию и устойчивому развитию курортной отрасли страны.

Ключевые слова: курортные ресурсы, минеральные источники, лечебные грязи, рекреационный туризм, экологический туризм, этнокультурный туризм, степень освоенности.

The article examines the level of study of tourist-recreational and resort resources of the Kyrgyz Republic. Natural therapeutic factors, including mineral waters, therapeutic muds, climatic conditions, as well as recreational-tourist objects such as lakes, mountain ranges, national parks, historical and cultural monuments, and ethnocultural resources, are analyzed. Assessed the degree of utilization of these resources, and are identified key gaps and limitations in their development. Determined the Prospective directions for the development of the tourist-recreational complex, including ecological, mountain, ethnocultural, and cultural-educational tourism, as well as sanatorium-resort and agrotourism projects. The study based on systemic, landscape-geographical, and ecological-economic approaches, employing cartographic analysis, GIS technologies, field observations, and statistical data processing. The results of the research provide a basis for scientifically grounded recommendations for the rational use and sustainable development of the country's resort sector.

Key words: resort resources, mineral springs, therapeutic muds, recreational tourism, ecological tourism, ethnocultural tourism, degree of utilization.

Кыргызская Республика, благодаря своему уникальному географическому положению, разнообразному рельефу, климатическим особенностям и богатым природным ресурсам, обладает значительным курортно-рекреационным потенциалом. В стране представлены практически все виды природных лечебных ресурсов: минеральные воды, лечебные грязи, климатические зоны, благоприятные для оздоровления и отдыха.

Территория занимает центральное положение в горной системе Тянь-Шаня и Памиро-Алая, более 90 % территории которой представляют горные массивы [5]. На территории Кыргызстана насчитывается свыше 2 тыс. озёр, крупнейшими из которых являются Иссык-Куль, Сон-Куль, Сары-Челек и Чатыр-Куль [15]. Гидрографическая сеть представлена более чем 40 тыс. рек, среди которых Нарын, Талас, Чу и Карадарья [22]. Значительный потенциал имеют климатические ресурсы (высотная поясность, горный климат) и минерально-термальные источники, обеспечивающие развитие санаторно-курортного туризма [12].

Особо охраняемые природные территории (ООПТ) занимают более 7 % территории страны и включают 13 государственных заповедников и национальных парков, а также десятки заказников и памятников природы [21].

Культурное наследие Кыргызстана насчитывает свыше 5 тыс. памятников истории, археологии и архитектуры [7]. Наиболее значимые из них включены в список Всемирного наследия ЮНЕСКО: это объекты Великого Шёлкового пути, башня Бурана и наскальные рисунки Чолпон-Аты [2]. Уникальный археологический комплекс Саймалы-Таш содержит свыше 90 тыс. петроглифов, что делает его одним из крупнейших мировых центров наскального искусства [18]. В республике функционирует около 80 музеев, среди которых Национальный исторический музей, Государственный музей изобразительных искусств им. Г. Айтиева и краеведческие музеи [8].

Важное место в туристско-рекреационном потенциале занимают курорты и санатории, сосредоточенные преимущественно в Иссык-Кульской и Джалаал-Абадской областях [23]. Горнолыжные базы Каракол, Орловка и Тоо-Ашуу способствуют развитию зимнего туризма [1]. Существенную роль в формировании туристической привлекательности играют дома отдыха, туристические базы, этнографические лагеря и юрточные комплексы [24].

Однако для эффективного использования этих ресурсов необходима их комплексная оценка, научное изучение и рациональное планирование курортной деятельности. В данной статье рассматривается уровень изученности курортных ресурсов Кыргызстана, выявляются существующие пробелы и перспективы дальнейшего исследования.

Целью данного исследования является анализ курортных ресурсов в контексте степени ее изученности.

В задачи исследования приняты: провести анализ курортных ресурсов Кыргызстана; выявить проблему комплексного использования рассматриваемых ресурсов; предложить пути дальнейшего развития курортного сектора Кыргызстан.

История изучения курортных ресурсов. Научное исследование курортных ресурсов Кыргызстана началось ещё в конце XIX — начале XX века. Русские и советские исследователи активно проводили геологическую, гидрогеологическую и климатическую разведку.

В 1930-х годах началось активное санаторно-курортное строительство, в том числе в районе Иссык-Куля, Джалал-Абада и Иссык-Аты.

В советский период была создана разветвлённая система санаториев, профилакториев и пансионатов, особенно для лечения заболеваний органов дыхания, нервной системы и опорно-двигательного аппарата.

Исследования проводились Институтом курортологии и физиотерапии Киргизской ССР, а также другими научными учреждениями.

Методологическую основу исследования составили системный, ландшафтно-географический и эколого-экономический подходы, позволяющие рассматривать курортные ресурсы как сложный территориальный комплекс природных и социально-экономических факторов. Для достижения целей исследования были использованы картографический анализ с применением ГИС-технологий, полевые наблюдения и натурные замеры качества природных лечебных факторов, статистическая обработка данных о динамике использования курортных объектов.

Теоретическая часть. Курортные ресурсы Кыргызской Республики представляют собой совокупность природных лечебных факторов, включающих минеральные воды, лечебные грязи, климатические и ландшафтные условия, обладающие терапевтическим и оздоровительным потенциалом. Изучение этих ресурсов основывается на междисциплинарной методологии, включающей геолого-гидрологические, климатологические, медико-биологические, географические и экологические методы, направленные на комплексную оценку природных факторов и их пригодности для санаторно-курортного лечения. Особое значение при этом имеет применение современных геоинформационных систем, дистанционного зондирования, биомедицинского мониторинга и климатотерапевтических исследований, обеспечивающих научную обоснованность и точность выводов. Несмотря на высокий курортно-рекреационный потенциал страны, уровень изученности многих ресурсов остаётся фрагментарным, что требует дальнейших комплексных исследований, направленных на систематизацию данных, экологическую оценку и разработку устойчивых моделей использования природных лечебных факторов в рамках национальной курортной политики.

Материалы для обсуждения. Кыргызстан располагает рядом природных факторов, благоприятных для организации санаторно-курортного лечения и рекреационного туризма: Минеральные воды. На территории страны насчитывается более 100 источников минеральных вод различного химического состава — сероводородные, радионовые, термальные, углекислые и сульфатные. Наиболее известные — Джалал-Абад, Ала-Тоо, Жыргалан, Иссык-Ата, Чон-Таш [16].

Лечебные грязи. Лечебные грязи активно используются в таких курортных зонах, как озеро Иссык-Куль, озеро Сары-Челек, а также вблизи источников с термальными и минеральными водами [16].

Климатические ресурсы. Горный климат, альпийские луга, чистый воздух, большое количество солнечных дней в году — всё это создает уникальные условия для климатотерапии, особенно в высокогорных районах и на побережье озера Иссык-Куль [16].

Озеро Иссык-Куль. Крупнейший курортный район страны. Его воды богаты минеральными солями, обладают слабощелочной реакцией и оказывают благоприятное

воздействие на организм. Климатические условия (чистый воздух, ионизация, солнечная активность) сравнимы с черноморскими и даже превосходят по некоторым показателям [16].

Таблица 1 – Основные требования к туристско-рекреационным ресурсам [16].

№	Требование	Содержание
1	Привлекательность и уникальность	Наличие природных, культурных или исторических особенностей, формирующих интерес у туристов
2	Доступность	Транспортная обеспеченность, удобство маршрутов, наличие инфраструктуры для посещения
3	Экологическая устойчивость	Сохранение природных комплексов, допустимая рекреационная нагрузка, минимизация негативного воздействия
4	Медико-биологическая безопасность	Соответствие санитарно-гигиеническим нормам, безопасность для здоровья туристов
5	Социально-экономическая значимость	Вклад в развитие экономики региона, создание рабочих мест, повышение качества жизни населения
6	Функциональная и сезонная разнообразность	Возможность использования в разные сезоны, широкий спектр рекреационных и туристских видов деятельности
7	Эстетическая ценность	Живописность ландшафтов, гармоничность природной и культурной среды
8	Культурно-историческая насыщенность	Наличие памятников истории, архитектуры, этнических и культурных традиций

Собственные исследования. Изучаемая территория обладает разнообразными туристско-рекреационными ресурсами, включающими более **2000 озер**, крупнейшее из которых Иссык-Куль [6]; свыше **30 горных хребтов** и около **90 перевалов**, обеспечивающих развитие альпинизма и треккинга [9]; порядка **8000 ледников**, занимающих 4,2 % территории страны [17]; более **130 минеральных источников**, из которых около 30 эксплуатируются в лечебных целях [13]; **13 национальных парков** и более **90 особо охраняемых природных территорий**, среди которых Сары-Челек, Кара-Шоро, Беш-Арал [20]. Кроме того, в стране насчитывается свыше **500 памятников археологии и архитектуры**, таких как башня Бурана, Таш-Рабат, Узгенский архитектурный комплекс, наскальные рисунки Саймалуу-Таш [3]. Значимым элементом туристско-рекреационного потенциала выступают также этнокультурные ресурсы, связанные с традиционным кочевым бытом, юртовыми лагерями, народными играми и праздниками [16].

Таблица 2 - Степень использованной туристско-рекреационных ресурсов Кыргызстана

Вид ресурса	Потенциал	Использование	Степень использо-ванности (%)	Комментарий
Озера (Иссык-Куль и др.)	~2 млн туристов в год	1,5–1,7 млн туристов в год	70–80 %	Самый освоенный ресурс, развитая инфраструктура на Иссык-Куле, но малые озера почти не используются

Горные территории (трекинг, альпинизм, скитур)	До 500 тыс. туристов в год	~70–90 тыс.	15–20 %	Потенциал огромен, но сдерживается логистикой, безопасностью и слабым продвижением
Минеральные источники и лечебные ресурсы	~100 объектов	активно эксплуатируется 25–30	25–30 %	Основная часть источников не благоустроена и не используется в туризме
ООПТ (13 нац. Парков, 90+ заказников)	До 1 млн посещений в год	~200–250 тыс.	20–25 %	Ограничения по охране природы + слабая инфраструктура
Историко-культурные памятники	>500 объектов	активно посещается 50–70	10–15 %	Большинство объектов не благоустроены, нет инфраструктуры и продвижения
Этнокультурные ресурсы (юртовые лагеря, фестивали)	Потенциал ~200 тыс. туристов	~50 тыс.	25 %	Развиваются, но пока в формате нишевого туризма

Согласно таблице 2, в среднем, **туристско-рекреационные ресурсы Кыргызстана используются лишь на 25–30 % от их потенциала**. Наиболее освоенными являются **Иссык-Куль и санаторно-курортные зоны**, тогда как горные, этнокультурные и историко-культурные ресурсы остаются недостаточно задействованными.

Летний сезон (май–сентябрь) является **доминирующим в туристском цикле**, на него приходится до **65–70 % общего потока туристов** [1]. Основные направления:

- пляжно-курортный отдых на Иссык-Куле;
- экологический и этнографический туризм (Сон-Куль, Сары-Челек, Алайская и Тянь-Шаньская горные системы);
- альпинизм, треккинг и спортивный туризм (Пик Победы, Хан-Тенгри, Ферганский хребет);
- культурно-познавательный туризм (Бурана, Чолпон-Ата, Ош, Саймалы-Таш).

Зимний сезон (декабрь–март) занимает 20–25 % туристского потока [**Ошибка! Источник ссылки не найден.**].

Источник ссылки не найден.] Его развитие связано прежде всего с горнолыжным туризмом и зимними видами спорта. Наиболее известные объекты – курорты Каракол, Орловка, Тоо-Ashuu и Кашка-Суу [**Ошибка! Источник ссылки не найден.**]. Кроме того, в последние годы популярность приобретают хелиски и сноубординг в высокогорных районах [8] и их развитие оцениваются как высокие. По данным Всемирной туристской организации, спрос на горнолыжные туры в Центральной Азии ежегодно растёт на 5–7 % [4]. Кыргызстан обладает уникальными ресурсами для зимнего отдыха, однако требует инвестиций в инфраструктуру и сервис [10]. Соотношение летних и зимних видов отдыха в Кыргызстане составляет примерно 70:25 в пользу летнего туризма. При этом около 5 % туристов путешествуют в межсезонье (апрель, октябрь), используя возможности культурно-познавательного и делового туризма [25, 26].

Перспективное развитие туристско-рекреационного комплекса Кыргызстана связано, прежде всего, с диверсификацией и расширением спектра туристских продуктов [27]. Одним из ключевых направлений является **развитие экологического и горного туризма**, включающего треккинг, альпинизм, скитур и веломаршруты, что позволит задействовать лишь частично освоенные высокогорные ландшафты. Существенный потенциал имеют **санаторно-курортные ресурсы**, в частности минеральные источники и лечебные грязи [28].

Специфика горного рельефа, высотная поясность и климатические особенности формируют благоприятные условия для организации различных видов зимнего отдыха, включая горнолыжный спорт, сноубординг, хелиски, и зимние экотуры [25, 27, 28].

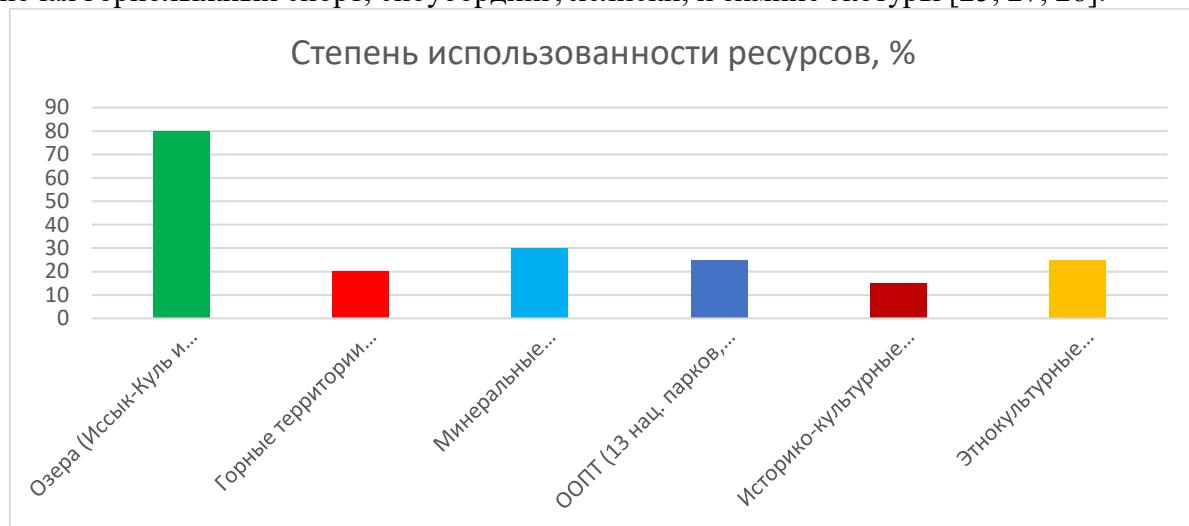


Рисунок 1 – Степень использованной туристско-рекреационных ресурсов Кыргызстана

Иссык-Кульский регион, благодаря своему географическому положению и сочетанию горных массивов с курортной зоной озера Иссык-Куль, является ведущим центром зимнего туризма в стране. Наиболее развитым объектом выступает горнолыжный курорт Каракол, который располагает современными трассами протяжённостью до 20 км, системой подъёмников и развитой гостиничной инфраструктурой [Ошибка! Источник ссылки не найден.]. В последние годы активно развивается район Жыргалан, позиционируемый как центр фрирайда и хелиски, что существенно расширяет спектр зимних туристских услуг [23].

Чуйская область, расположенная в непосредственной близости от столицы, имеет высокий потенциал для развития массового зимнего отдыха. Наиболее посещаемыми объектами являются горнолыжные базы Орловка, Кашка-Суу, Политех, Зил. Их конкурентным преимуществом является транспортная доступность, что способствует развитию краткосрочного (уикендного) туризма [23].

Высокогорные территории Нарынской области обладают уникальными возможностями для развития экстремальных форм зимнего отдыха. В районе хребтов Центрального Тянь-Шаня и плато Сон-Куль имеются благоприятные условия для хелиски, ски-туров и альпинистских восхождений [Ошибка! Источник ссылки не найден.]. Однако уровень инфраструктурного освоения остаётся низким, что в перспективе требует инвестиций и комплексного планирования туристской деятельности.

Южные регионы страны характеризуются мягким зимним климатом, что позволяет сочетать зимние виды отдыха с культурно-этнографическим и познавательным туризмом. Алайский и Ферганский хребты перспективны для организации горнолыжных трасс, зимних маршрутов и экотуров [11]. Особый интерес представляет Арсланбобский регион, где возможно формирование зимнего туристского кластера в сочетании с традиционными этнокультурными программами.

На современном этапе наиболее развитым регионом зимнего туризма в Кыргызстане является Иссык-Кульская область, где сосредоточены крупнейшие курорты (Каракол, Жыргалан). Высокий потенциал демонстрирует также Чуйская область благодаря транспортной доступности. В долгосрочной перспективе особое значение приобретут Нарынская область (экстремальный зимний туризм) и южные регионы страны (Ошская и Джалаал-Абадская области), где возможно формирование новых туристских центров.

Летний отдых занимает ключевое место в структуре туристско-рекреационной деятельности Кыргызстана. На него приходится до 65–70 % туристских потоков, что связано с благоприятными климатическими условиями, наличием значительных водных ресурсов и разнообразием природных ландшафтов [1].

Иссык-Кульский регион традиционно выступает главным центром летнего туризма в Кыргызстане. Основной специализацией является пляжно-курортный отдых на озере Иссык-Куль, где функционируют санатории, пансионаты и туристские базы [23]. Развитие здесь получили также культурно-познавательные маршруты (петроглифы Чолпон-Аты, памятники Великого Шёлкового пути) и активные виды отдыха (пеший и конный туризм, дайвинг, парусный спорт).

Нарынская область перспективна для развития экологического, этнографического и спортивного туризма. Центральное место занимает высокогорное озеро Сон-Куль, являющееся объектом этно- и экотуризма [1]. Горно-алювиальные долины и пастища используются для организации юрточных лагерей, треккингов и конных маршрутов. Кроме того, хребты Центрального Тянь-Шаня привлекательны для альпинизма и спортивного туризма.

Регион отличается уникальными природными ландшафтами и биологическим разнообразием. Особое значение имеют озеро Сары-Челек и Арсланбобский лес, где развиваются экотуризм, познавательные и этнографические туры [11]. Сочетание рекреационных ресурсов с культурными объектами (минареты, мечети, памятники истории) создает условия для комплексного летнего отдыха.

Ошская область является центром культурно-познавательного туризма. Город Ош, включающий Священную гору Сулайман-Тоо (объект Всемирного наследия ЮНЕСКО), формирует устойчивый интерес у туристов [2]. Летние маршруты также охватывают Алайскую долину, где развиваются альпинизм, треккинг и этнографический туризм.

Рекреационный потенциал Чуйской области связан с живописными ущельями (Ала-Арча, Аламедин, Чон-Кемин), что благоприятствует развитию экологического и спортивного туризма [6]. Национальный парк «Ала-Арча» является популярным объектом альпинизма и активного отдыха, особенно среди туристов из Бишкека и соседних стран.

Перспективным является также **этнокультурный туризм**, основанный на возрождении кочевых традиций, развитии юртовых лагерей, народных праздников и гастрономических маршрутов. Значительную ценность представляет **культурно-познавательный туризм**, связанный с объектами Великого Шёлкового пути, историко-архитектурными памятниками и археологическими комплексами, что способствует интеграции Кыргызстана в международные туристские маршруты. Дополнительным вектором может стать развитие **сельского и агротуризма**, ориентированного на вовлечение местного населения и формирование новых рабочих мест. Особое внимание следует уделить созданию **инфраструктуры для круглогодичного туризма**, в том числе горнолыжных курортов и лечебно-оздоровительных комплексов, что позволит повысить степень использованной рекреационных ресурсов и укрепить социально-экономический эффект от туристской деятельности.

Заключение. Кыргызстан обладает высоким курортно-рекреационным потенциалом, который остается недостаточно изученным и эффективно используемым. Для превращения страны в конкурентоспособное направление лечебного и оздоровительного туризма необходима системная научная база, междисциплинарные исследования и государственная поддержка. Только на основе научного подхода возможно устойчивое и безопасное развитие

курортной отрасли, способствующее как улучшению здоровья населения, так и экономическому росту страны.

Список литературы

1. Kyrgyz Tourism. Ski resorts in Kyrgyzstan [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://kyrgyzstan.travel> (дата обращения: 16.09.2025).
2. UNESCO World Heritage Centre. Silk Roads: The Routes Network of Chang'an-Tianshan Corridor [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://whc.unesco.org> (дата обращения: 16.09.2025).
3. UNESCO. World Heritage and Intangible Cultural Heritage in Kyrgyzstan. – Paris: UNESCO, 2021. – 76 p.
4. UNWTO. Global Report on Adventure Tourism. – Madrid: World Tourism Organization, 2022. – 96 p.
5. Абдиев, К. Р. Туристско-рекреационные ресурсы Кыргызстана [Текст] / К. Р. Абдиев. – Бишкек: Илим, 2019. – 220 с.
6. Асанов, К. Туризм в Кыргызстане: современное состояние и перспективы развития [Текст] / К. Асанов. – Бишкек: КРСУ, 2018. – 215 с.
7. Байсейтова, М. Р. Историко-культурное наследие Кыргызстана как фактор развития туризма [Текст] / М. Р. Байсейтова // Наука, новые технологии и инновации Кыргызстана. – 2020. – № 2. – С. 115–120.
8. Бекмаматов, Н. А. Перспективы развития горнолыжного туризма в Кыргызстане [Текст] / Н. А. Бекмаматов // Туризм и сервис. – 2021. – № 2. – С. 41–47.
9. Государственное агентство по туризму КР. Статистика туризма в Кыргызстане [Текст] – Бишкек, 2020. – 54 с.
10. Джумалиев, К. К. Сезонность туристских потоков в Кыргызстане и пути её регулирования [Текст] / К. К. Джумалиев // Вестник КНУ. – 2020. – № 4. – С. 87–92.
11. Джумалиев, К. К. Сезонные особенности туристско-рекреационного освоения южных регионов Кыргызстана [Текст] / К. К. Джумалиев // Вестник КНУ. – 2020. – № 4. – С. 87–92.
12. Джунушалиев, Ж. М. Минеральные источники Кыргызстана: рекреационный аспект [Текст] / Ж. М. Джунушалиев. – Бишкек: Учкун, 2018. – 156 с.
13. Жаныбеков, А. Минеральные источники Кыргызстана и перспективы их использования [Текст] / А. Жаныбеков // Вестник КНУ им. Ж. Баласагына. – 2019. – №3. – С. 45–52.
14. Жыргалан: центр зимнего приключенческого туризма [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://destinationkarakol.com> (дата обращения: 16.09.2025).
15. Кожокулов, С. С. География туризма Кыргызстана [Текст] / С. С. Кожокулов. – Бишкек: КРСУ, 2020. – 312 с.
16. Кыргызстандагы туризмдин өнүгүү динамикасынын талдоо [Текст] / Э. Т. Токторалиев, М. У. Сейтова, К. Т. Жантемирова // И. Арабаев атындагы Кыргыз мамлекеттik университетинин Жарчысы. – 2025. – №. 1/1. – Р. 81-90. – DOI 10.33514/1694-7851-2025-1/1-81-90. – EDN EXJXGN.
17. Маматов, У. Природные ресурсы Кыргызстана и их использование в рекреации [Текст] / У. Маматов. – Бишкек: Илим, 2017. – 198 с.
18. Мамытов, А. М. Петроглифы Саймалы-Таша: культурное наследие мирового значения [Текст] / А. М. Мамытов. – Бишкек: Илим, 2017. – 240 с.
19. Министерство культуры, информации, спорта и молодежной политики КР. Государственные музеи Кыргызстана [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://mcismp.gov.kg> (дата обращения: 16.09.2025).
20. Министерство экологии КР. Доклад о состоянии окружающей среды Кыргызской Республики. – Бишкек, 2022. – 112 с.

21. Национальный доклад об окружающей среде Кыргызской Республики. – Бишкек: ГАОС «Кыргызгидромет», 2022. – 180 с.
22. Таштанбеков, А. А. Водные ресурсы Кыргызстана и их рекреационный потенциал [Текст] / А. А. Таштанбеков // Вестник КНУ. – 2021. – № 3. – С. 45–52.
23. Туристские ресурсы Кыргызстана: справочник [Текст] / Под ред. А. Ш. Акматалиева. – Бишкек: Учкун, 2016. – 198 с.
24. Чыңғышев, Б. Этнографический туризм в Кыргызстане [Текст] / Б. Чыңғышев // Вестник туризма и сервиса. – 2019. – № 1. – С. 25–31.
25. Токторалиев, Э.Т. Организация рекреационно-туристической деятельности и учет социально-психологической особенности управления персоналом [Текст] / Э.Т. Токторалиев, М.Т. Бердиева // Известия Кыргызского государственного технического университета им. И. Раззакова. – 2013. – № 28. – С. 433–435. – EDN YNDODB.
26. Токторалиев, Э.Т. Проблемы и тенденции спроса туристов в развитии рекреационной деятельности на территории Кыргызстана [Текст] / Э.Т. Токторалиев // Экологическая и техносферная безопасность горнопромышленных регионов: труды VIII Международной конференции, Екатеринбург, 07 апреля 2020 года. – Екатеринбург: Уральский государственный горный университет, 2020. – С. 291–298. – EDN WZDRQK.
27. Toktoraliev, E.T., Mukanbet K.E. Recreational activity planning features (case study: Issyk-Kul basin) // Известия КГТУ им. И. Раззакова. – 2024. – № 1(69). – С. 300–309. – DOI: 10.56634/16948335.2024.1.300-309. – EDN PDEONX.
28. Choduraev, Tm., Toktoraliev Et. The influence of the geographical features of Kyrgyzstan on the choice of types of recreational activities (A case study: Issyk-Kul region) // Annals of Environmental Science and Toxicology. – 2023. – Vol. 7, № 1. – P. 017–024. – DOI: 10.17352/aest.000066. – EDN ZKYRSB.

УДК 339.543

DOI:10.56634/16948335.2025.4.1199-1204

Т.М. Асаналиев, Н.Р. Нурманбетов, М. Темирбекова
И.Раззаков атындағы КМТУ, Бишкек, Кыргыз Республикасы
КГТУ им. И.Раззакова, Бишкек, Кыргызская Республика

T.M. Asanaliev, N.R. Nurmanbetov, M. Temirbekova
I. Razzakov KSTU, Bishkek, Kyrgyz Republic

БАЖЫ ЖҮГҮН ЖАНА УНАА КАРАЖАТТАРЫН ДЕКЛАРАЦИЯЛООНУН МАМЛЕКЕТТИК ТЫШКЫ СООДА ИШИНДЕГИ МААНИСИ ЖАНА ОРДУ

ЗНАЧЕНИЕ И МЕСТО ТАМОЖЕННОГО ДЕКЛАРИРОВАНИЯ ГРУЗОВ И ТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВ ВО ВНЕШНЕЙ ТОРГОВЛЕ СТРАНЫ

THE IMPORTANCE AND PLACE OF CUSTOMS DECLARATION OF CARGO AND VEHICLES IN THE COUNTRY'S FOREIGN TRADE

Бажы ишинде бажы жүгүн декларациялоонун мааниси чоң, татаал жана жсооптуу иши. Себеби, бажы декларациясынын бажы ишинде кылган милдети ар тарааттуу. Эң негизгиси, бажы декларациясы бажы тариздөөсүнө керектүү маалыматтарды камтыган юридикалык документ болуп эсептелинет. Бажы декларациясы менен таризделген товар, ал товардын бажы чек арасын мыйзамдуу өткөзүлүшүн кубөлөндүрөт жана бажы аймагынан чыгарылып жаткан товарга бажы декларациясы чыгарууга уруксат берилгенин далилдейт. Бажы декларациясы – бул эл аралык эрежени сактаган жана жол-жобону тастыктаган документ. Ошондой эле, бажы декларациясынын бажы статистикасын жүргүзүүдө ролу чоң. Өлкөбүздүн бажы аймагынан чыгарылып жаткан же бажы аймагына киргизилип жаткан товарлар жөнүндө толук маалыматтарды каттоо менен келечекте өлкөбүздүн тышкы соода шитерин анализден, аны өнүктүрүүгө себеп болот.

Түйүндүү сөздөр: бажы иши, бажы декларациясы, бажы чек арасы, бажы аймагы, унаа каражаты, бажы жол-жобосу, бажы көзөмөлү, бажы тариздөөсү, тышкы экономикалык иши, бажы өкулү.

Таможенное декларирование в таможенном деле – огромное, сложное и ответственное дело. Функции таможенного дела в таможенном деле – разнообразное. Самое главное таможенная декларация считается основным юридическим документом, содержащее необходимые сведения для производство таможенного оформления.

Таможенная декларация — это документ, удостоверяющий законное перемещение товаров и транспортных средств через таможенную границу и подтверждающий о разрешении таможенного органа на вывоз товаров за пределы таможенной территории страны. Таможенная декларация — это документ, соответствующий международным правилам и подтверждающий порядок таможенного оформления. Кроме того, таможенная декларация играет важную роль в ведении таможенной статистики. Фиксируя полную информацию о товарах, вывозимых с таможенной территории нашей страны или ввозимых на нее, она позволит в будущем анализировать внешнюю торговлю нашей страны и способствовать ее развитию.

Ключевые слова: таможенное дело, таможенная декларация, таможенная граница, таможенная территория, транспортные средства, таможенные процедуры, таможенная контроль, таможенное оформление, внешнеэкономическая деятельность, таможенный представитель.

Customs declaration in customs is a huge, complex and responsible business. The functions of the ladies' business in customs are diverse. The most important customs declaration is considered the main legal document containing the necessary information for customs clearance. A customs declaration is a document certifying the legal movement of goods and vehicles across the customs border and confirming the permission of the customs authority to export goods outside the customs territory of the country. Customs declaration - a document that complies with international norms and rules. Customs statistics are also formed on the basis of customs declarations. Registration of complete information on goods exported from the customs territory and imported into the customs territory will allow in the future to analyze the foreign trade of our country and contribute to its development.

Key words: customs, customs declaration, customs border, customs territory, vehicles, customs procedures, customs control, customs clearance, foreign economic activity, customs representative.

Киришүү. Бажы органынын негизги милдеттеринин бири – бул бажы жүгүн тариздеп, декларант тандаган бажы жол-жобосуна салып берүү, себеби бажы аймагына киргизилген товар дагы, бажы аймагынан чыгарылган товар дагы мыйзамдын негизинде кайсы бир товардын макамын алып, андан кийин гана ал товардын макамы талап кылган шартта колдонулушу керек. Товарды бажы аймагында колдонуу боюнча, ар бир бажы жол-жобосунун өзүнүн шарты бар жана ал шартты бузуу – бул, бажы мыйзамдарын бузуу болуп эсептелинет жана декларанттын мыйзам астында жоопко тартуу талап кылынат. Ошондуктан, бажы жүгүн декларациялоосуз бажы жүгүнө, бажы текшерүү жана тариздөө иштерин жүргүзүү мүмкүн эмес.

Бажы жүгүн унаа каражаттарын декларациялоо – бул бажы тариздөө ишинин жана бажы көзөмөл иштеринин алгачкы кадамы, себеби бажы декларациясын тапшырмайын бажы кызматкери бажы жүгүн тариздей албайт жана бажылык текшерүү иштерин баштай албайт.

Бажы жүгүн декларациялоо – өтө жооптуу иш. Себеби, товарды декларациялоо ишинде ката кетириүү мамлекеттин экономикасына таасирин тийгизүү менен бирге декларанттын да жоопкерчилигине алып келет. Андыктан, бажы операциялары боюнча адиске бажы иштери боюнча терең билим жана бажы жүгүн, унаа каражаттарын декларациялоодо олуттуу мамиле кылууну талап кылынат.

Мисалга алсак, 2024-жылы бажы өкүлдөрүнүн Tesla Cybertruck жүк ташуучу авто унааны туура эмес декларациялоосунун натыйжасында 16 266 586 сом бюджетке зыян алып келген жана бул сумма 2025 –жылы гана бажы кызматынын бажы текшерүүсүнөн кийин ачыкка чыгып, мамлекеттин казынасына которулган.

Кыргыз Республикасынын Укук бузуулар жөнүндө Кодексинин 357 – беренесинин 2-чи пунктунда аныкталгандай бажы чек арасынан өткөзүлгөн товардын, унаа каражатынын маалыматтарын бажы органына туура эмес бергени үчүн физикалык жак 30 эсеп көрсөткүчкө, юридикалык жак 130 эсеп көрсөткүчкө тете айыпка тартылат.

Бажы жүгүн декларациялоо – бул татаал процесс. Себеби декларациялоо ишинде эл аралык, мамлекеттер аралык жана ведомстволор аралык эрежелер колдонулат жана алардын көпчүлүгү коддор менен көрсөтүлөт. Андыктан, декларант ал эрежелердин, декларацияда толтуруулучу коддордун кайдан алышынын биле бербейт жана бажы декларациясын толтуруу үчүн бажы операциялары боюнча адиске кайрылууга муктаж болот.

Дагы айтып кете турган нерсе, бажы операциялары боюнча адис - бул жөн гана кесиптин ээси, ал колуна квалификациялык күбөлүк алгандан кийин юридикалык жактар делген бажы өкүлдөрүнүн атынан иштеши керек. Демек, бажы операциялары боюнча адисти

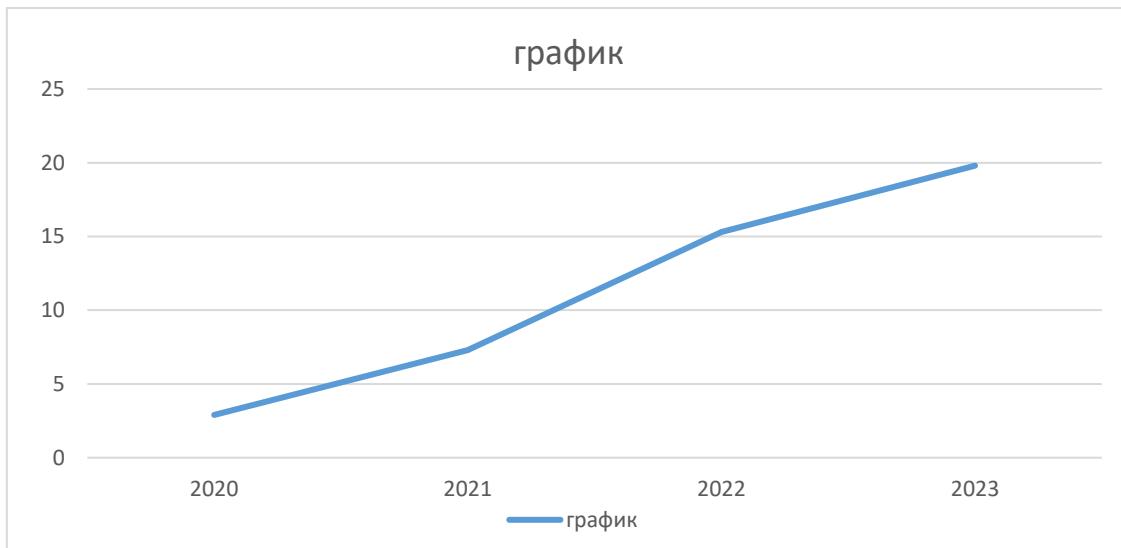
кызматка бажы өкүлү алат жана алардын ортосунда жумуш менен камсыз кылуу келишиими түзүлөт.

Бүгүнкү күндө Кыргыз Республикасын аймагында жетимишке жакын бажы өкүлдөрү бар. Алардын көпчүлүгү бажы кампаларына жакын жайгашкан аймактарда, товарларды убактылуу сактоо кампаларынын аймактарында, бажы органдарынын имараттарынын жанында жайгашкан. Анткени, бажы жүгүн ташып келген декларанттар бажы өкүлдөрүн издең убара болушпайт.

Бажы өкүлдөрү мамлекеттик бажы кызматынын уруксаты аркылуу иштегени менен бажы органдарына көз каранды эмес, бирок кылган иши тууралуу ай сайын тиешелүү бажы органына толук отчётун берип туруга милдеттүү.

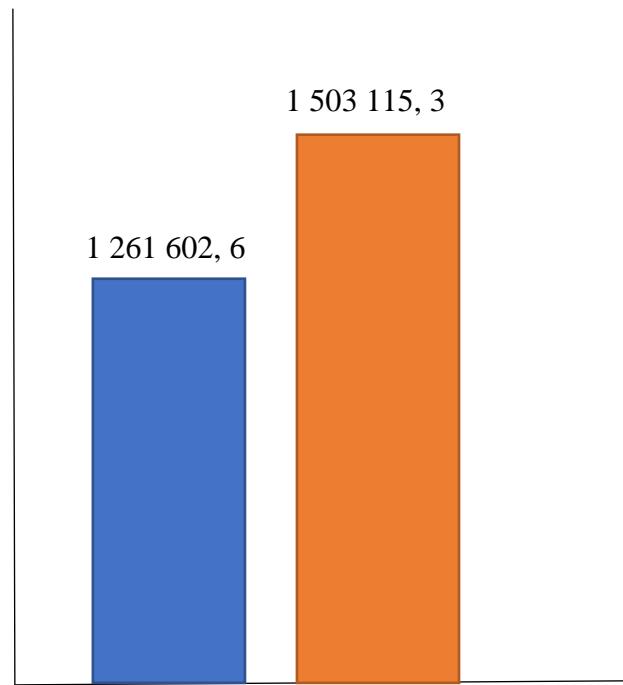
Бажы иши Кыргыз Республикасынын экономикасынын өнүгүүсүнө чоң салымын кошкон актуалдуу маселелердин бири болуп саналат. Мекендеш ишкерлеребиздин тышкы экономикалык иштери, бир жагынан мамлекеттин экономикасынын туруктуулугун камсыз кылууда чоң роль ойносо, экинчи жагынан чет мамлекет менен ар кандай соода – карым катнашын күчтөүп, ынтымакты, достукту бекемдеп келет. Бул жагдай мамлекетибиздин стабилдүүлүгүнө, өнүгүүсүнө чоң салымын кошуп келет.

Айрыкча, Кыргыз Республикасынын Бүткүл дүйнөлүк соода уюмуна мүчө болуп киргени чет мамлекеттик ишкерлер менен соодада байланыштарын бекемдеп, жылдан жылга карым катнаш өнүгүүдө. Ага да лил, өлкөбүздүн ишкерлери чет өлкөгө чыгарган продукциялары же чет өлкөдөн Кыргыз Республикасынын бажы аймагына киргизилген товарлардын көлөмү жылдан жылга көбөйүүдө. Мисалы, бир эле Кыргызстан менен Кытай Эл Республикасынын товар жүгүртүүсүн алсак: 2020 - жылы эки мамлекеттин ортосундагы товар жүгүртүүсүнүн суммасы 2,9 млрд. америка долларын түзсө, 2021-жылы 7,3 млрд. америка долларын түзгөн, 2022 – жылы 15,3 млрд. америка долларын түзүп, ал эми 2023 – жылы 19,8 млрд. америка долларын түзгөн. Акыркы жылдарды Кыргыз Республикасынын ишкерлери үчүн Кытай Эл Республикасынын ишкерлери соода тармактагы негизги өнөктөш ишкерлерге айланууда. Жогорку келтирилген сандар график түрүндө төмөнкүчө көрсөтүлөт:



1 - сүрөт. Бул графикалык көрсөтмөдө Кыргызстан менен Кытай Эл Республикасынын ортосундагы 2020-2023 жылдардагы товар жүгүртүүсү (млрд. сом менен)

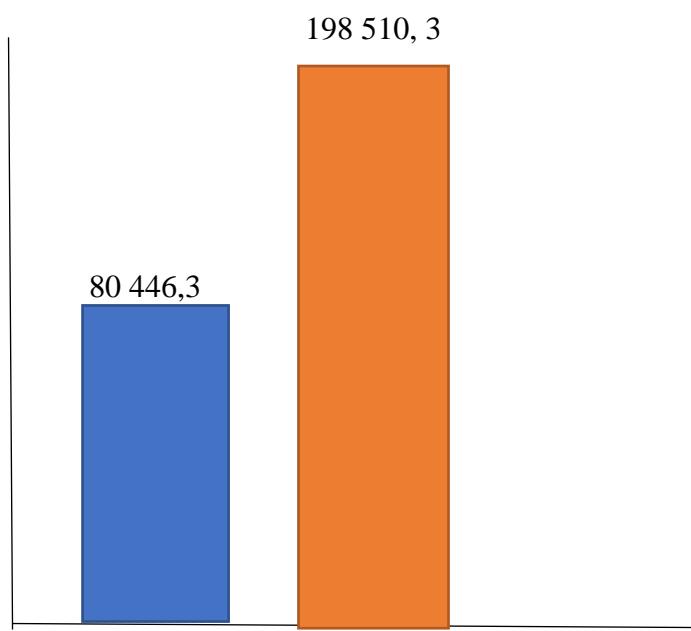
Ошондой эле, аталган бажы декларациясынын милдеттеринин бири болгон бажы статистикасына таянсак, 2023-жылы Кытай Эл Республикасынан Кыргыз Республикасынын бажы аймагына суммасы 5 355 390,7 мин америка долларын түзгөн, салмагы 1 261 602, 6 тонна товар киргизилген, ал эми 2024-жылы ошол эле коңшу Кытай Эл Республикасынан Кыргыз Республикасынын бажы аймагына суммасы 5 448 469, 2 мин америка долларын түзгөн, салмагы 1 503 115, 3 тонна товар киргизилген, же 241 512,7 тоннага көп киргизилген.



2023 –ж. 2024-ж. ИМПОРТ

2 – сүрөт. 2023-2024 жж. Кытай Эл Республикасынын бажы аймагынан Кыргыз Республикасынын бажы аймагына киргизилген товарлардын салмагы боюнча маалымат

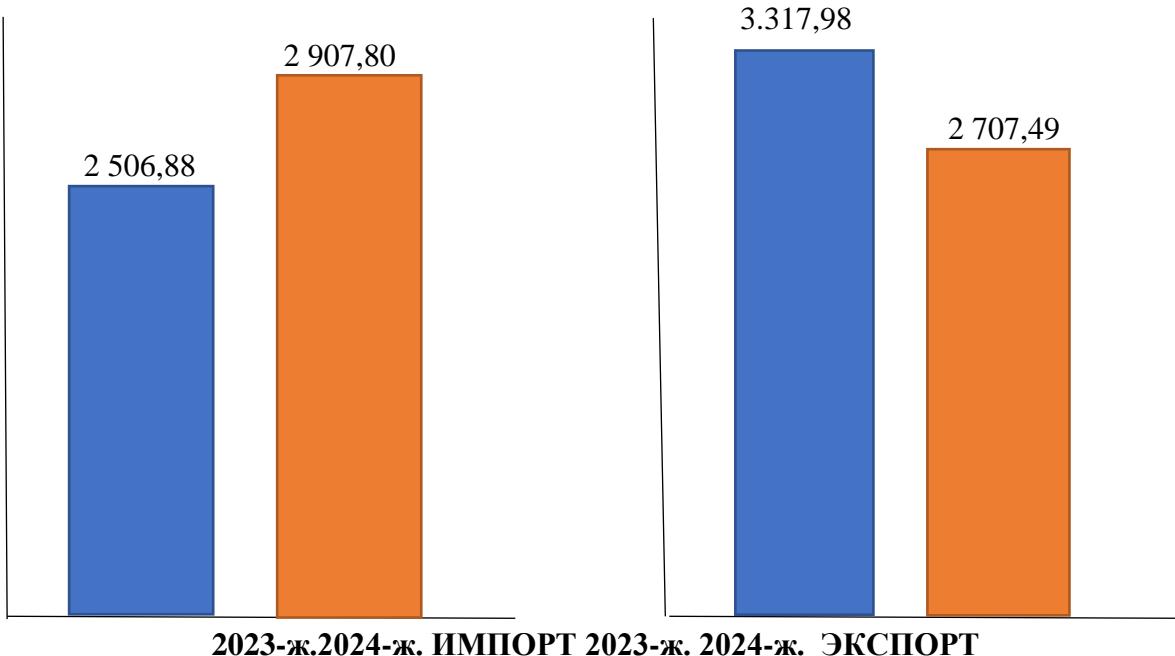
Ошондой эле, Кыргыз Республикасынын бажы аймагынан Кытай Эл Республикасына чыгарылган товардын көлөмү да өсүүдө. Белгилеп кетсек, 2023-жылы өлкөбүздөн коңшу Кытай Эл Республикасына чыгарылган товардын көлөмү 84 396, 3 тонна, 80 446, 3 минц америка долларынын товарын түзсө, 2024-жылы ошол эле Кытай Эл Республикасына 198 510, 3 тонна, 112 619, 0 минц америка долларындагы мекенибиздин товарлары чыгарылган, башкача айтканда көлөмү 2,4 эсে көп товар чыгарылган.



2023-ж. 2024-ж. ЭКСПОРТ

3 – сүрөт. 2023-2024 жж. Кыргыз Республикасынын бажы аймагынан Кытай Эл Республикасынын бажы аймагына чыгарылган товарлардын салмагы боюнча маалымат

Эгерде, бажы статистикасына таянып, Кыргыз Республикасынын жалпы эле чет өлкө менен 2023 – 2024 жылдардагы соода – катышын алыш көрсөк: импорт 116 % өскөнүн жана экспорт 81,6 % төмөндөгөнүн байкайбыз.



Албетте, бул биринчиден мекендеш ишкерлер менен чет өлкөлүк ишкерлердин ортосундагы жылуу мамиленин аркасы менен мамлекеттер арасындағы ынтымакты, достукту бекемдесе, экинчиден, бажы төлөмдөрүнүн төлөөсү менен мамлекеттин казынасынын толтурулушуна себеп болот.

Азыркы жылдары, Кыргыз өкмөтү тарабынан соода – катыш тармагын өнүктүрүүгө чоң көңүл бөлүнүүдө. Айтып кетсек, бажы чек арасында Кыргыз Республикасынын бажы аймагына киргизилип жаткан бажы жүктөрүнө терс таасирин тийгизилип жаткан ар кандай тоскоолдуктарды жооуга, суроо жараткан маселелерди женилдетүүгө чоң аракеттер жасалууда. Азыркы учурда андай маселелер электрондук маалыматтарды берүү жолу менен, жүктүү бажы чек арасынан Кыргыз Республикасынын бажы аймагында жайгашкан бажы органдарына транзиттик декларация менен жөнөтүү жолдоруу менен чечилүүдө.

Бүгүнкү күндө бажы органдарында бажы жүгүн декларациялоо баардык жагынан женилдетилген, башкача айтканда, бажы органдарынын иш убактысын да, декларанттын да товарларды декларациялоого кетирген убактысын үнөмдөйт. Себеби, азыркы заманбап технология учурунда компьютердик технология баардык жагынан женилдик берет: тиешелүү маалыматтарды графага толтурууда автоматтык түрдө толтурат, бажы төлөмдөрүн эсептөөдө ката кетириүүгө жол бербейт же тиешелүү документтин же маалыматтын керектигин компьютер өзү талап кылып, көрсөтүп турат. Бул, албетте бир жагынан бажы органынын кызматкерлеринин жоопкерчилигин көзөмөлдөп турса, экинчи жагынан коррупциялык багытка жол бербейт.

Бүгүнкү күндө Кыргыз Республикасынын баардык бажы органдарында берилген бажы декларациялары автоматтуу түрдө каттоодон өтүшөт.

Жыйынтыгы. Бажы жүгүн декларациялоо – бул мамлекеттин да, эл аралык уюмдардын да койгон талабы. Бажы декларациясынын негизинде чет өлкөлүк физикалык же юридикалык жактар андагы көрсөтүлгөн коддорду окуу менен товар жөнүндө керектүү маалыматтарды толук ала алат.

Заманбап технологиясынын өнүгүшү бажы жүгү менен унаа каражаттарынын декларациялоосуна чоң женилдикти алыш келди. Азыр бажы декларациясы электрондук формада түзүлүп, тариздөө убактысын да үнөмдөйт жана толтуруу эрежелеринин так аткарылышын да камсыз кылат, ошондой эле бажы төлөмдөрүн так чегерүүгө көмөк болот.

Бажы органынын товарды бажы көзөмөлүнөн чыгаруу жөнүндө чечими так ушул бажы декларациясында көрсөтүлөт.

Азыр, заманбап технологиясынын өнүгүшү менен бажы декларациясын тариздөө иши автаматташтырылууда, башкача айтканда бажы кызматкеринин бажы тариздөө ишин жүргүзүү милдети ал кызматкеринин иш компьютерине жүктөлүп, товарды бажы көзөмөлүнөн чыгаруу чечимин же экспорттолуучу товарды бажы чек арасынан чыгаруу уруксатын компьютер чечип коёт. Себеби, бажы тариздөө ишине тиешелүү болгон программалардын баарысы компьютердик системага киргизилип, программа декларацияда көрсөтүлгөн маалыматтардын тактыгын текшерип, бажы төлөмдөрүнүн чегерүүсүн жана бажы көзөмөлүнөн чыгаруучу тарифтик эмес чарапардын колдонуу документтерин текшерүүсүнөн кийин гана чечим кабыл алынат.

Албетте, мындай жагдай бажы ишиндеги өз ара мамиледен келип чыккан коррупциялык схемаларга жол берүүгө бөгөт коёт.

Келечекте, мындай жетишениндиктер мамлекетибиздин бажы ишинде да колдонулат деген ишенибиз чон.

Адабияттар тизмеси

1. Евразиялык экономикалык биримдиктин Бажы кодекси. – 2019-жылдын 29-май.
2. Кыргыз Республикасы. *Бажылык жөнгө салуу жөнүндө*: Мыйзам № 52, 2019-жылдын 24-апрель. – Бишкек: Кыргыз Республикасы, 2019.
3. Кыргыз Республикасы. *Бажы тарифи жөнүндө*: Мыйзам № 173, 2014-жылдын 30-декабрь. – Бишкек: Кыргыз Республикасы, 2014.
4. Товарларды жана унаа каражаттарын бажы жол-жоболоруна салууга байланыштуу бажы операцияларын жүргүзүү жөнүндө нускама: Кыргыз Республикасынын Өкмөтүнүн токтому менен бекитилген 2015-жылдын 10-август № 564. – Бишкек: Кыргыз Республикасынын Өкмөтү, 2015.
5. Бажы декларациясын толтуруу боюнча нускама. – Бишкек: Кыргыз Республикасынын Мамлекеттик бажы кызматы, 2015.
6. Евразиялык экономикалык биримдиктин Комиссиясынын Коллегиясы. *Жеке пайдалануу үчүн киргизилген товарларды бажы декларациялоо жөнүндө*: чечим № 124, 2019-жылдын 23-июль. – Москва: ЕЭК, 2019.
7. Бажы биримдигинин Комиссиясы. *Бажы декларацияларынын турлөрү жана аларды толтуруу тартиби жөнүндө*: чечим № 257, 2010-жылдын 20-май. – Москва: Бажы биримдиги, 2010.
8. Асаналиев, Т. М. *Евразиялык экономикалык биримдиктин шартында бажы жол-жоболорун колдонуу* [Текст] / Т. М. Асаналиев. – Бишкек, 2023.

УДК 620.3.016:621.548

DOI:10.56634/16948335.2025.4.1205-1211

C. Д. Уметалиев

И. Рazzakov атындағы КМТУ, Бишкек, Кыргыз Республикасы
КГТУ им. И. Рazzакова, Бишкек, Кыргызская Республика

S. D. Umetaliev

I. Razzakov KSTU, Bishkek, Kyrgyz Republic
samat_akilov@mail.ru

ВЕТРОЭНЕРГЕТИЧЕСКИЕ УСТАНОВКИ ЮРТОЧНОГО ТИПА С ВЕРТИКАЛЬНОЙ ОСЬЮ ВРАЩЕНИЯ

ТИК ОК МЕНЕН АЙЛАНГАН БОЗ ҮЙ ТИБИНДЕГИ ШАМАЛ ОРНОТМОЛОРУ

YURT-TYPE WIND TURBINE WITH A VERTICAL AXIS OF ROTATION

Бул макалада боз үй тибиндеги тик ок менен айланған шамал орнотмосун иштеп чыгуу жана изилдөө сунушталат. Концепция боз үйдүн салттуу архитектуралык өзгөчөлүктөрүн заманбап энергиянын кайра жаралуучу технологиялары менен айкалыштырат, эффективдүүлүк жана ар кандай шарттарга ыңгайлашуу учун оптималдаштырылган системаны түзөт. Боз үйдүн конфигурациясына интеграцияланган тик айлануу шамал орнотмолоруна мұнәздүү конструкциялык чечимдер, аэродинамикалык мұнәздемелөр жана энергияны өзгөртүү механизмдері каралат. Ар түрдүү шамал ылдамдыгында теориялык моделдөө, эксперименталдык тестирлөө жана эффективдүүлүктүү баалоону камтыган комплекстүү талдоо жүргүзүлөт. Натыйжалар долбоордун шамалдын төмөн жана орто жүгүндө колдонулушун тастыктап, анын электр тармактарынан тышкаркы колдонуу, аймакты электрлешириүү жана алысвы аймактарды туруктуу энергия менен камсыздоо учун потенциалын баса белгилейт. Бул иш маданий мурастарды жана заманбап инновацияларды айкалыштыруу менен, энергетикалык көйгөйлөрдү универсалдуу чечүүнү сунуштоо менен шамал энергетикасынын чакан масштабдуу системаларын өнүктүрүүгө салым кошот.

Түйүндүү сөздөр: боз үйдүн шамал станциясы, тик айлануу огу, кайра жаралуучу энергия, туруктуу энергия системалары, аэродинамикалык оптималдаштыруу, аз ылдамдыктагы шамал, аймакты электрлешириүү, автономдуу энергетика системалары, шамал энергетикасынын инновациялары, маданий мурастарды интеграциялоо.

В статье представлена разработка и исследование ветроэнергетической установки (ВЭС) юртового типа с вертикальной осью вращения. Концепция сочетает традиционные архитектурные особенности юрты с современными технологиями возобновляемой энергетики, формируя систему, оптимизированную для эффективности и адаптации в различных условиях. Рассматриваются конструктивные решения, аэродинамические характеристики и механизмы преобразования энергии, характерные для вертикальных ветротурбин, интегрированных в юртовую конфигурацию. Проведён комплексный анализ, включающий теоретическое моделирование, экспериментальные испытания и оценку эффективности при различных скоростях ветра. Результаты подтверждают применимость конструкции при низких и средних ветровых нагрузках, что подчёркивает её

перспективность для автономных сетей, электрификации сельских территорий и устойчивого энергоснабжения в отдаленных регионах. Работа вносит вклад в развитие маломасштабных ветроэнергетических систем, совмещающая культурное наследие и современные инновации, предлагая универсальное решение энергетических задач.

Ключевые слова: юртовая ветроэлектростанция, вертикальная ось, возобновляемая энергия, устойчивые энергосистемы, аэродинамическая оптимизация, низкоскоростной ветер, электрификация сельских районов, автономные энергосистемы, инновации в ветроэнергетике, интеграция культурного наследия.

This article presents the development and study of a yurt-type vertical-axis wind turbine (VAT). The concept combines traditional yurt architectural features with modern renewable energy technologies, creating a system optimized for efficiency and adaptability to a variety of conditions. The design solutions, aerodynamic characteristics, and energy conversion mechanisms characteristic of vertical wind turbines integrated into a yurt configuration are examined. A comprehensive analysis is conducted, including theoretical modeling, experimental testing, and efficiency assessment at various wind speeds. The results confirm the design's applicability at low and medium wind loads, highlighting its potential for off-grid applications, rural electrification, and sustainable energy supply in remote regions. This work contributes to the development of small-scale wind energy systems by combining cultural heritage and modern innovation, offering a universal solution to energy challenges.

Key words: yurt wind farm, vertical axis, renewable energy, sustainable energy systems, aerodynamic optimization, low-speed wind, rural electrification, autonomous power systems, wind energy innovations, cultural heritage integration.

Введение. Мировая тенденция к устойчивому развитию энергетики стимулировала появление технологий, основанных на использовании возобновляемых ресурсов. Ветроэнергетика стала одним из ключевых направлений перехода от ископаемого топлива, обеспечивая чистый и практически неисчерпаемый источник энергии. Несмотря на преобладание турбин с горизонтальной осью, всё больше внимания привлекают установки с вертикальной осью вращения, отличающиеся способностью эффективно работать при переменном ветре, универсальностью и меньшими требованиями к инфраструктуре.

В данной статье предлагается новая концепция – ветроэнергетическая установка юртового типа с вертикальной осью вращения. Её прототип основан на традиционном строении юрты, веками служившей надёжным и мобильным жильём в суровых климатических условиях. Круглая форма юрты органично согласуется с аэrodинамикой, что позволяет создать компактное, эффективное и эстетически гармоничное решение для ветроэнергетики.

Концепция конструкции. Юртовая ветроэлектростанция представляет собой инновационное решение, объединяющее архитектуру традиционной юрты и технические преимущества ветрогенератора с вертикальной осью. Такая гибридная конструкция ориентирована на создание эффективной, надёжной и портативной системы, способной работать в различных климатических условиях.

Основные элементы конструкции:

• **Структура, вдохновлённая юртой.** Круглая форма и лёгкий каркас обеспечивают прочность, мобильность и устойчивость к суровым климатическим воздействиям. Юртовая геометрия усиливает воздушный поток к турбине, снижает турбулентность и повышает КПД (см. рис.1).

• **Турбина с вертикальной осью.** Конструкция улавливает ветер со всех направлений без необходимости ориентации, а оптимизированные лопасти позволяют эффективно использовать низкие и средние скорости ветра.

• **Система преобразования энергии.** Турбина соединена с генератором в нижней части конструкции, что снижает механические потери и облегчает техническое

обслуживание. Электроэнергия подаётся через контроллер, возможна интеграция накопителей.

• **Экологичность.** Компактность, лёгкие материалы и гармоничное встраивание в ландшафт снижают воздействие на окружающую среду.

Преимущества системы:

- стабильная выработка энергии даже при переменных ветровых потоках;
- возможность масштабирования от бытовых до коммунальных нужд;
- высокая надёжность в экстремальных климатических условиях;
- простота сборки и эксплуатации для сообществ без специальной подготовки.

Юртовая ВЭС является примером того, как традиционная архитектура может стать основой для современных технологий. Интеграция культурного наследия и инновационных решений в области возобновляемой энергетики открывает путь к созданию устойчивых, эффективных и универсальных источников энергии для будущего.

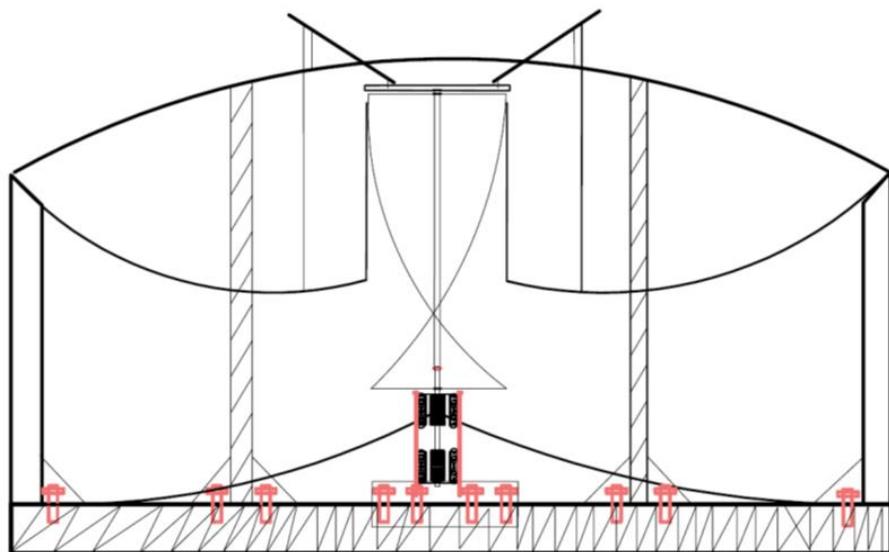


Рисунок 1 - Вертикально-осевая ветряная турбина юрточного типа

Структурная интеграция. Конструктивная интеграция ветроэлектростанции юртового типа (ВЭС) с вертикальной осью вращения предназначена объединить устойчивость и мобильность традиционной юрты с эффективностью и универсальностью ветротурбины с вертикальной осью вращения. Эта инновационная конструкция обеспечивает оптимальную функциональность, простоту развертывания и минимальное воздействие на окружающую среду (см. рис. 2 и рис.3).

Основные структурные компоненты. Круглая базовая платформа.

Материал: Конструкция из легких, но прочных материалов, таких как усиленный алюминий или композитные панели.

Функциональность: обеспечивает устойчивость всей конструкции, вмещая генератор, турбины, системы управления и дополнительные аккумуляторы. Круглый дизайн отражает традиционную планировку юрты и улучшает баланс конструкции.

Портативность: Модульные секции основания обеспечивают легкую транспортировку и сборку в удаленных местах.

Ветряная турбина с вертикальной осью

Центральный вал: Расположенный в центре конструкции, вал вращается в вертикальной плоскости, чтобы улавливать энергию ветра со всех сторон.

Лопасти: Аэродинамически оптимизированные лопасти рассчитаны на низкую скорость ветра и минимальный шум. Такие материалы, как углеродное волокно или стекловолокно, обеспечивают долговечность и легкость.

Интеграция: Турбина органично вписана в структуру юрты, с минимальными выступами, чтобы сохранить эстетичный и функциональный дизайн.

Материал: Конструкция из прочных, устойчивых к атмосферным воздействиям материалов, таких как поликарбонат или легкая сталь, с вентиляционными элементами для облегчения потока воздуха.

Функциональность: защищает внутренние компоненты от воздействия внешних факторов, таких как дождь и мусор, поддерживая при этом систему турбины.

Структурная рама.

Каркас, вдохновленный юртой: Рама построена из скрепленных между собой секций, напоминающих решетчатую структуру традиционных юрт, что обеспечивает прочность и гибкость.

Адаптивность: выдерживает большие ветровые нагрузки, обеспечивая устойчивость и безопасность в неблагоприятных погодных условиях.

Устройство для преобразования и хранения энергии.

Размещение генератора: Расположены у основания, чтобы снизить механические потери и упростить обслуживание.

Аккумуляторная система: Дополнительный аккумулятор, встроенный в основание, для автономного энергоснабжения.



Рисунок 2 - Первый концепт-арт вертикально-осевой ветряной турбины юрточного типа

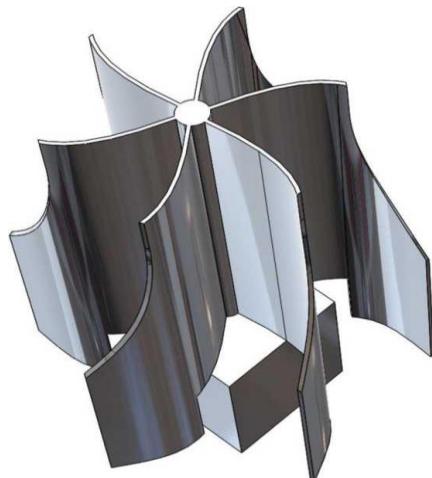


Рисунок 3 - Второй концепт-арт вертикально-осевой ветряной турбины юрточного типа

Разработка и исследование ветроэнергетической установки (ВЭС) юрточного типа с вертикальной осью вращения включали в себя системный подход, сочетающий теоретическое моделирование, разработку прототипа и полевые испытания. Методология была направлена на оптимизацию конструкции системы с точки зрения эффективности, адаптивности и долговечности при одновременной интеграции традиционных архитектурных принципов, вдохновленных юртами.

Теоретическое моделирование и симуляция

Вычислительная гидродинамика:

Провели симуляцию, чтобы проанализировать структуру воздушных потоков, работу лопастей турбины и взаимодействие ветра с куполообразным покрытием юрты.

Задачи: Минимизация сопротивления, оптимизация воздушного потока к турбине и повышение эффективности при низкой скорости ветра.

Отзывы пользователей:

Сбор отзывов целевых пользователей, включая сельские общины, для оценки простоты использования, культурного принятия и воспринимаемых преимуществ.

Оптимизация и итерации

Улучшение дизайна:

На основе экспериментальных данных доработаны конструкция лопастей, эффективность генератора и конструкция юрты.

Анализ затрат:

Проведение анализа затрат и выгод для обеспечения экономической целесообразности, особенно для проектов электрификации сельских районов.

Анализ данных и документация

Собрал все показатели производительности, результаты структурных тестов и отзывы пользователей.

Задокументированные выводы послужат руководством для будущих исследований и крупномасштабного производства ветроэнергетических установок юрточного типа.

Эта методология обеспечила комплексный подход, сочетающий традиционные архитектурные концепции с передовыми технологиями ветроэнергетики, для разработки устойчивого, адаптируемого и культурно значимого решения в области возобновляемых источников энергии.

Результаты и обсуждение. Работа при низких скоростях ветра: ВЭС юрточного типа продемонстрировали эффективную работу при скорости ветра до 5 м/с, превзойдя традиционные в аналогичных условиях.

Выход энергии: Система производит достаточно энергии для питания небольших автономных систем, таких как освещение, устройства связи и водяные насосы.

Адаптивность: Модульная конструкция позволяет легко собирать, разбирать и перевозить его, что делает его идеальным для сельских и кочевых общин.

Экологическая совместимость: Компактный дизайн минимизировал воздействие на окружающую среду и сохранил гармонию с традиционной архитектурной эстетикой.

Мощность и коэффициент мощности

Количество проходящего воздуха определяется как

$$m = p A V \quad (1)$$

где, m – масса проходящего воздуха; A – площадь, занимаемая вращающимися лопастями ветряной мельницы Тип генератора, p – плотность воздуха, V – скорость воздуха.

Зона покрытия

Площадь захвата – это площадь воздуха, окружающего турбину при ее движении. Зона покрытия определяется выражением $A = h \times d$

Т.е. большая площадь, большая мощность при одинаковых ветровых условиях.

Мощность и коэффициент мощности

Доступная мощность,

$$P_W = \frac{1}{2} \rho A V^3$$

где, ρ – плотность воздуха кг/м³, V – скорость (м/с), A – размах.

Теоретические расчеты.

Таблица 1. - Для скорости ветра 4 м/с

Диаметр (метр)	Высота (метр)	Мощность Ватт	Скорость (об/мин)	Крутящий момент (Н·м)
0.5	0.385	7,546	152.86	0.47
0.7	0.539	14,790	109.19	1.29
1	0.77	30,184	76.43	3.77
1,2	0.924	43,46	63,69	6.51
1.5	1,155	50.95	50.95	12.73

Таблица 2. - Для скорости ветра 5 м/с

Диаметр (метр)	Высота (метр)	Мощность Ватт	Скорость (об/мин)	Крутящий момент (Н·м)
0.5	0.385	14,738	191.06	0.73
0.7	0.539	28.88	136.48	2.02
1	0.77	58.95	95.54	5.89
1,2	0.924	84.89	79.61	10.18
1.5	1,155	132.64	63,69	19.89

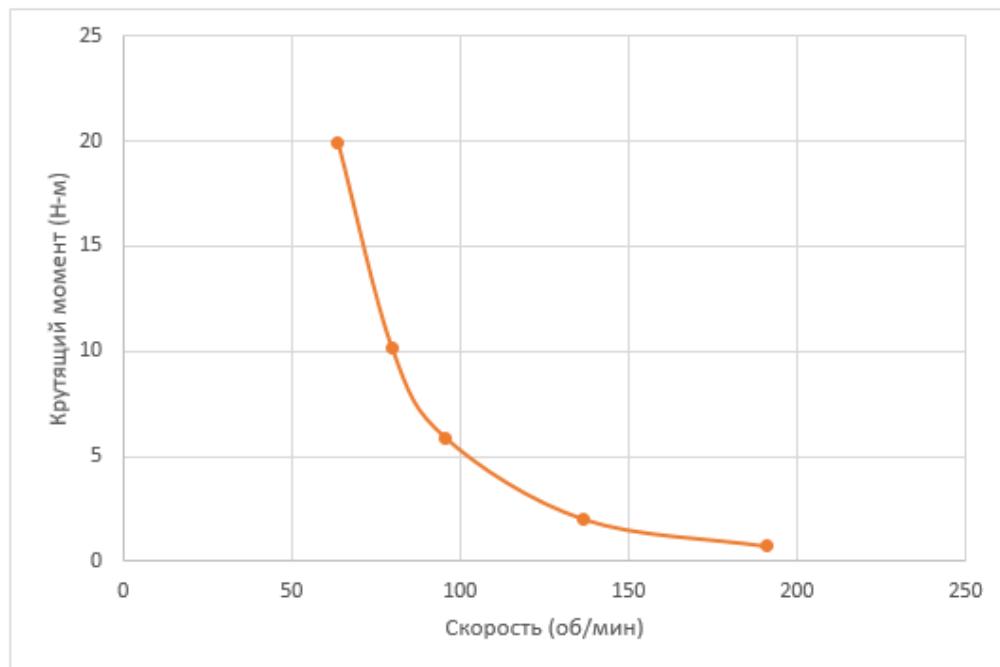


Рисунок 4 - Выходные характеристики при скорости ветра 5 м/с

Заключение. Разработка и исследование ветроэлектростанции (ВЭС) юрточного типа с вертикальной осью вращения демонстрируют потенциал инновационных решений, объединяющих традиционные архитектурные принципы с современными технологиями возобновляемой энергетики. Сочетая в себе устойчивую круговую конструкцию юрты с

эффективностью и универсальностью ветряной турбины с вертикальной осью вращения, эта система решает важнейшие задачи устойчивого производства энергии, особенно в автономных и удаленных местах.

Исследование выделяет несколько ключевых преимуществ ВЭС юрточного типа:

Эффективность: Аэродинамическая интеграция купола юрты и обеспечивает оптимальный захват ветра даже в условиях низкой скорости ветра.

• Адаптивность: Модульная и портативная конструкция позволяет легко развернуть устройство в различных условиях, от сельских общин до регионов, пострадавших от стихийных бедствий.

• Культурная значимость: Эстетичный и функциональный дизайн, вдохновленный традиционными юртами, обеспечивает признание местных жителей и гармонично вписывается в природные ландшафты.

• Устойчивость: Использование экологически чистых материалов и технологий возобновляемой энергии соответствует глобальным усилиям по сокращению выбросов углекислого газа и зависимости от ископаемого топлива.

В заключение следует отметить, что ветряная электростанция юрточного типа представляет собой практичный, инновационный и учитывающий культурные особенности подход к возобновляемым источникам энергии. Ее разработка знаменует собой шаг вперед в решении глобальных энергетических проблем, особенно в малообеспеченных регионах, путем предоставления устойчивого и доступного решения для производства электроэнергии.

Список литературы

1. Гипе, П. Энергия ветра: возобновляемая энергия для дома, фермы и бизнеса [Текст] / П. Гипе. — White River Junction: Chelsea Green Publishing, 2004. — 494 с.
2. Сазерленд, Х. Дж. Обзор исследований вертикально-осевых ветряных турбин: техн. Отчет [Текст] / Х. Дж. Сазерленд, Д. Е. Берг // Сандиjsкие национальные лаборатории. — Albuquerque, 2000. — 67 с.
3. Хай, Э. Ветряные турбины: основы, технологии, применение, экономика [Текст] / Э. Хай. — Berlin; Heidelberg: Springer, 2013. — 598 с.
4. Twidell, J., Weir T. Renewable Energy Resources [Текст] / J. Twidell, T. Weir. — 3rd ed. — London: Routledge, 2015. — 814.
5. Джадиари, М. Анализ потока зачехленной малой ветровой турбины с акцентом на конструкцию диффузора [Текст] / М. Джадиари, П. Б. Косасих // Journal of Wind Engineering and Industrial Aerodynamics. — 2014. — Vol. 125. — P. 102–110.
6. Омер, А. М. Энергия, окружающая среда и устойчивое развитие [Текст] / А. М. Омер // Renewable and Sustainable Energy Reviews. — 2008. — Vol. 12, № 9. — P. 2265–2300.
7. Рават, Р. Анализ производительности вертикально-осевой ветряной турбины: обзор [Текст] / Р. Рават, Р. П. Сайнин, С. П. Сингх // Renewable and Sustainable Energy Reviews. — 2016. — Vol. 56. — P. 551–570.
8. Liu, Q. Aerodynamic performance and flow structure analysis of vertical axis wind turbines: A review [Текст] / Q. Liu, Z. Sun, Q. Zhao // Energy Conversion and Management. — 2018. — Vol. 174. — P. 190–213.
9. Национальная лаборатория возобновляемой энергии (NREL). Оценка ресурсов распределенного ветра и проектные соображения: техн. отчет. — Golden, CO: NREL, 2021. — 54 с.
10. ЮНЕСКО. Юрта: живая традиция. — Paris: UNESCO Publishing, 2013. — 64 с.

**И. РАЗЗАКОВ АТЫНДАГЫ КЫРГЫЗ МАМЛЕКЕТТИК ТЕХНИКАЛЫК
УНИВЕРСИТЕТИНИН ЖАРЧЫСЫ**

Теориялык жана колдонмо илимий-техникалык журнал

2025 №4 (76)

**ИЗВЕСТИЯ КЫРГЫЗСКОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО ТЕХНИЧЕСКОГО
УНИВЕРСИТЕТА им. И. РАЗЗАКОВА**

Теоретический и прикладной научно-технический журнал

2025 №4 (76)

THE BULLETIN OF I. RAZZAKOV KYRGYZ STATE TECHNICAL UNIVERSITY

theoretical and applied scientific technical journal

Редакторы Ж.А. Кожомамбетова, А.Б.Аманкулова

Тех. редактор М.М.Черикбаев

Подписано к печати 01.09.2025г. Формат бумаги 60x84 1/8. Бумага офс. Печать цифр.
Объем 33,0. Тираж 100 экз. Отпечатано в ОсОО ИД «Калем», г.Бишкек, ул. Курчатова, 69
т. 0551-797-914, E-mail: kalem14@mail.ru www.kalem.com.kg