e-ISSN(Online) 2709-1201

МЕЖДУНАРОДНЫЙ НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКИЙ ЖУРНАЛ

ENDLESS LIGHT IN SCIENCE



NO 9
30 СЕНТЯБРЯ 2026
Астана, Казахстан

Irc-els.com

МЕЖДУНАРОДНЫЙ НАУЧНЫЙ ЖУРНАЛ «ENDLESS LIGHT IN SCIENCE»

INTERNATIONAL SCIENTIFIC JOURNAL «ENDLESS LIGHT IN SCIENCE»

Main editor: Y. Abiyev

Editorial colleague:
B. Kuspanova
Sh Abyhanova

International editorial board:
R. Stepanov (Russia)
T. Khushruz (Uzbekistan)
A. Azizbek (Uzbekistan)
F. Doflat (Azerbaijan)

International scientific journal «Endless Light in Science», includes reports of scientists, students, undergraduates and school teachers from different countries (Kazakhstan, Tajikistan, Azerbaijan, Russia, Uzbekistan, China, Turkey, Belarus, Kyrgyzstan, Moldova, Turkmenistan, Georgia, Bulgaria, Mongolia). The materials in the collection will be of interest to the scientific community for further integration of science and education.

Международный научный журнал «Endless Light in Science», включают доклады учёных, студентов, магистрантов и учителей школ из разных стран (Казахстан, Таджикистан, Азербайджан, Россия, Узбекистан, Китай, Турция, Беларусь, Кыргызстан, Молдавия, Туркменистан, Грузия, Болгария, Монголия). Материалы сборника будут интересны научной общественности для дальнейшей интеграции науки и образования.

30 сентября 2026 г.
Астана, Казахстан

УДК 004.932.72:616-006
https://doi.org/10.5281/zenodo.23302742

КТ/МРТ КЕСКІНДЕРІН ТАЛДАУ НЕГІЗІНДЕ ІСІКТЕРДІ АВТОМАТТАНДЫРЫЛҒАН ДИАГНОСТИКАЛАУДЫҢ ИНТЕЛЛЕКТУАЛДЫ ЖҮЙЕСІ

ЗУМГАЛИ ДАУЛЕТ КАНАПИЯУЛЫ
АБДУГУЛОВА ЖАНАТ КАПАРОВНА
Л.Н. Гумилев атындағы Еуразия ұлттық университетінің Цифрлық ғылымдар және жасанды интеллект институтының магистранты, доценті
Астана, Қазақстан

Аннотация. *Медициналық бейнелерді талдау саласында терең оқыту технологияларының қарқынды дамуы ісіктерді ерте анықтау мен жіктеу дәлдігін едәуір арттыруға мүмкіндік берді. Бұл мақалада компьютерлік томография (КТ) мен магнитті-резонанстық томография (МРТ) кескіндерін талдау арқылы ісіктерді автоматтандырылған диагностикалаудың интеллектуалды жүйесін құрудың теориялық негіздері қарастырылады. Жұмыста конволюциялық нейрондық желілердің архитектуралық эволюциясы, сегментациялау мен жіктеу тәсілдері, деректер жиынтығын дайындау ерекшеліктері, трансформер негізіндегі модельдердің медициналық бейнелерді талдаудағы рөлі жүйеленеді.*

Кілттік сөздер: *терең оқыту, конволюциялық нейрондық желілер, U-Net, трансформер, медициналық бейнелерді сегментациялау, ісік диагностикасы, КТ, МРТ.*

Ісік ауруларын ерте кезеңде анықтау — медицинаның ең өзекті міндеттерінің бірі, себебі дер кезінде қойылған диагноз емдеу нәтижесін айтарлықтай жақсартады. Қазіргі клиникалық практикада КТ және МРТ кескіндері диагностиканың негізгі құралдары болып табылады, алайда осы кескіндерді қолмен талдау маманның тәжірибесіне тәуелді, уақытты көп алады және субъективті қателіктерге ұшырауы мүмкін. Дүниежүзілік денсаулық сақтау ұйымының жіктемесі бойынша ми ісіктері ересектер мен балаларға әсер ететін ең жиі кездесетін онкологиялық патологиялардың қатарына жатады.

Соңғы онжылдықта терең оқыту технологиялары медициналық бейнелерді талдау саласында сапалық серпіліс жасады. Литженс пен т.б. жүргізген жан-жақты шолуда терең оқытудың медициналық бейнелерді талдаудағы кең қолданысы жүйеленіп, жіктеу, детекция және сегментациялау есептерінде дәстүрлі әдістерден едәуір басым болатыны дәлелденді [1]. Гонсалес пен Вудс медициналық бейнелерді сандық өңдеу теориясын жүйелеп, фильтрлеу, сегментациялау мен белгілерді алу тәсілдерінің математикалық негіздерін берді. Николенко, Кадурин және Архангельская терең оқытудың жалпы теориялық негіздерін жүйелеп, конволюциялық желілер мен практикалық қолданылу тәжірибесін зерттеді.

Осы мақаланың мақсаты — КТ/МРТ кескіндерін талдау негізінде ісіктерді автоматтандырылған диагностикалау жүйесінің теориялық-әдістемелік негіздерін жүйелеу.

Терең оқыту — жасанды нейрондық желілердің көпқабатты архитектурасы арқылы деректерден иерархиялық белгілерді автоматты түрде үйрену қабілетіне негізделген машина оқытуының бағыты [2]. Гудфеллоу, Бенжио және Курвиль [6] терең оқытудың математикалық негіздерін, оңтайландыру алгоритмдерін және конволюциялық архитектуралардың жұмыс принциптерін толық сипаттады. Конволюциялық нейрондық желілер (CNN) медициналық бейнелерді өңдеуде негізгі құрал болып қалыптасты. Конволюциялық қабат кіріс кескінге фильтрлер қолданып, белгілер картасын (feature map) қалыптастырады:

$$F(i,j) = \Sigma_m \Sigma_n I(i+m, j+n) \cdot K(m,n) + b \qquad (1)$$

мұнда I — кіріс кескін, K — конволюция ядросы, b — ығысу (bias), F — нәтижелік белгілер картасы. Алғашқы қабаттар жиектер мен текстуралық элементтерді, ал терең қабаттар анатомиялық құрылымдар мен патологиялық өзгерістерді танып үйренеді.

Терең желілерді оқыту барысында кросс-энтропиялық шығын функциясы жіктеу есебі үшін келесі түрде анықталады:

$$L = -(1/N)\,\Sigma_i\,[y_i \cdot log(\hat{y}_i) + (1-y_i) \cdot log(1-\hat{y}_i)] \qquad (2)$$

мұнда y_i — нақты метка, $\hat{y}_i$ — модельдің болжамы, N — үлгілер саны. Медициналық бейнелерде класстар теңгерімсіздігі жиі кездесетіндіктен, Dice шығын функциясы немесе focal loss сияқты арнайы шығын функциялары қолданылады.

Медициналық бейнелерді сегментациялаудың бетбұрыстық архитектурасы — Роннебергер пен т.б. ұсынған U-Net моделі. U-Net кодтаушы-декодтаушы құрылымына негізделген: кодтаушы бөлік кескіннің кеңістіктік рұқсатын біртіндеп төмендетіп, жоғары деңгейлі семантикалық белгілерді алады, ал декодтаушы бөлік рұқсатты қалпына келтіріп, пиксел деңгейінде жіктеу жасайды. U-Net-тің басты жаңалығы — skip connection механизмі, яғни кодтаушы мен декодтаушы арасындағы тікелей байланыстар кеңістіктік ақпараттың жоғалуын азайтады.

Хе ұсынған ResNet архитектурасы қалдық байланыстар (residual connections) тұжырымдамасын енгізді:

$$y = F(x, \{W_i\}) + x \qquad (3)$$

мұнда x — кіріс, F — оқытылатын қалдық бейнелеу, y — шығыс. Бұл тәсіл өте терең желілерді (100+ қабат) оқытуды мүмкін етті, себебі градиенттің жоғалу мәселесін шешеді. Медициналық бейнелерді талдауда ResNet негізіндегі кодтаушылар U-Net құрылымына интеграцияланып, белгілерді алу сапасын арттырады [3].

Изензее жасаған nnU-Net фреймворкі деректер жиынтығының қасиеттерін автоматты түрде талдап, оған сай алдын ала өңдеу, архитектура параметрлері және постпроцессинг стратегиясын өздігінен анықтайды. BraTS бенчмаркінде nnU-Net бірнеше жыл қатарынан жетекші нәтижелер көрсетіп, автоматтандырылған модель конфигурациясының маңыздылығын дәлелдеді.

Соңғы жылдары трансформер архитектурасы медициналық бейнелерді талдауда кеңінен қолданыла бастады. Досовицкий ұсынған Vision Transformer (ViT) кескінді бекітілген өлшемдегі патчтарға бөліп, self-attention механизмі арқылы ғаламдық контекстті модельдейді. Хатамизаде жасаған Swin UNETR моделі Swin Transformer мен U-Net декодтаушысын біріктіріп, BraTS 2021 бенчмаркінде ми ісіктерін сегментациялауда жоғары нәтижелер көрсетті [4].

Автоматтандырылған диагностика жүйесінің сапасы деректер жиынтығымен тікелей байланысты. Мензе пен т.б. ұйымдастырған BraTS деректер жиынтығы мультимодальді МРТ кескіндерден тұрады: T1, T1ce, T2 және FLAIR модальдіктері. Деректерді алдын ала өңдеу кезеңінде z-score нормализациясы қолданылады:

$$x_norm = (x - \mu) / \sigma \qquad (4)$$

мұнда μ — ми аймағындағы орташа мән, σ — стандартты ауытқу. Сонымен қатар деректер аугментациясы — кездейсоқ бұру, масштабтау, серпімді деформация — модельдің жалпылау қабілетін арттырады. КТ кескіндері үшін Хаунсфилд бірлігі (HU) шкаласы стандартталған мәндерді береді, бұл нормализациялауды жеңілдетеді. Визильтер медициналық бейнелерді сегментациялаудағы деректерді дайындау тәсілдерін жүйеледі.

Сегментациялау сапасын бағалау үшін Dice Similarity Coefficient (DSC) кең қолданылады:

$$DSC = 2|A \cap B| / (|A| + |B|) \qquad (5)$$

мұнда A — модельдің болжамы, B — эталондық белгілеу. DSC мәні 0-ден 1-ге дейін өзгереді. BraTS бенчмаркінде қазіргі модельдер ми ісігінің тұтас аймағында DSC ≈ 0,90–0,92 мәніне жетеді. Сезімталдық және ерекшелік метрикалары:

Sensitivity = TP / (TP + FN); Specificity = TN / (TN + FP) *(6)*

Медицинада сезімталдық ерекше маңызды, себебі ісікті жіберіп алу ауруды емдеусіз қалдыруға алып келеді [5]. Хаусдорф қашықтығы сегментация шекарасының сапасын бағалайды:

$$HD(A,B) = \max\{ \sup \inf d(a,b),\ \sup \inf d(a,b) \} \quad (7)$$

Клиникалық практикада HD_{95} нұсқасы (95-ші перцентиль) жиі қолданылады. Флах [15] жіктеу модельдерін бағалаудың ROC-талдау мен калибрлеу тәсілдерінің медициналық контексттегі маңыздылығын атап өтеді.

Ісіктерді автоматтандырылған диагностикалау жүйесі бірнеше функционалдық модульден тұрады:

1) DICOM кескіндерін қабылдау және алдын ала өңдеу;
2) U-Net/nnU-Net архитектурасы негізінде сегментациялау;
3) сегментацияланған аймақ бойынша жіктеу;
4) нәтижелерді визуализациялау.

Конвейерлік тәсіл бойынша көп модальді кескіндер (T1, T1ce, T2, FLAIR) қабылданып, сегментациялау моделі ісік аймағын автоматты белгілейді, ал жіктеу моделі диагностикалық қорытынды береді. Эстева пен т.б. атап өткендей, мұндай жүйелер дәрігерді алмастыру емес, оған шешім қабылдауда көмектесу құралы ретінде қарастырылуы тиіс. Жүйенің сенімділігін арттыру үшін ансамбль тәсілі қолданылады және бірнеше модельдің болжамдарын біріктіру жеке модельдердің қателіктерін өтейді. nnU-Net фреймворкінде 2D, 3D және каскадтық конфигурациялардың ансамблі қолданылады [6].

Қорытынды. Автоматтандырылған диагностика жүйелерін клиникалық практикаға енгізуде бірнеше маңызды мәселе бар. Біріншіден, түсіндірілімділік (interpretability) — терең оқыту модельдерінің шешім қабылдау логикасы дәрігерлер үшін түсініксіз болуы мүмкін. Grad-CAM, attention визуализациясы сияқты әдістер осы мәселені ішінара шешеді. Екіншіден, жалпылау қабілеті — модель бір мекемеде жиналған деректермен оқытылып, басқа мекемеде нашарырақ жұмыс істеуі мүмкін (domain shift). Федеративті оқыту мен домен бейімдеу тәсілдері осы мәселені шешуге бағытталған. Үшіншіден, деректер қауіпсіздігі мен этикалық мәселелер — медициналық деректер құпиялылық талаптарына бағынады. Машина оқытуының математикалық негіздерін жүйелеп, модельдерді таңдау мен валидациялау тәсілдерін берді. КТ/МРТ кескіндерін талдау негізінде ісіктерді автоматтандырылған диагностикалау жүйесін құру — медициналық бейнелерді талдау мен терең оқыту технологияларының тоғысындағы перспективті бағыт. U-Net архитектурасы мен оның модификациялары сегментациялауда жоғары нәтижелер көрсетеді. Трансформер негізіндегі модельдер (ViT, Swin UNETR) дәлдікті одан әрі арттыруда. Деректерді дұрыс дайындау — нормализациялау, аугментация, мультимодальді кескіндерді біріктіру — жүйе сапасының негізін қалайды. Бағалау метрикалары (DSC, Хаусдорф қашықтығы, сезімталдық) жүйенің клиникалық маңызын объективті бағалайды. Болашақта мультимодальді деректерді біріктіретін модельдер, few-shot learning және федеративті оқыту бағыттарындағы жетістіктер автоматтандырылған диагностика жүйелерінің клиникалық практикада маңызды рөл атқаруына жол ашады.

ҚОЛДАНЫЛҒАН ӘДЕБИЕТТЕР ТІЗІМІ

1. WHO Classification of Tumours Editorial Board. Central Nervous System Tumours: WHO Classification of Tumours, 5th ed. — Lyon: IARC Press, 2021.
2. Николенко С., Кадурин А., Архангельская Е. Глубокое обучение. Погружение в мир нейронных сетей. — СПб.: Питер, 2018. — 480 с.
3. Menze B.H., Jakab A., Bauer S. et al. The Multimodal Brain Tumor Image Segmentation Benchmark (BRATS) // IEEE Trans. Med. Imaging. — 2015. — Vol. 34, No. 10. — P. 1993–2024.
4. Dosovitskiy A., Beyer L., Kolesnikov A. et al. An Image is Worth 16x16 Words: Transformers for Image Recognition at Scale // ICLR. — 2021.
5. Hatamizadeh A., Nath V., Tang Y. et al. Swin UNETR: Swin Transformers for Semantic Segmentation of Brain Tumors in MRI Images // BrainLes, MICCAI. — Springer, 2022. — P. 272–284.
6. Ахметов Б.С., Лахно В.А., Мараткызы Б. Интеллектуальные методы анализа медицинских данных на основе методов глубокого обучения // Вестник КазНИТУ. — 2020. — № 2. — С. 312–319.

УДК 622.279.5
https://doi.org/10.5281/zenodo.23302746

УСЛОВИЯ ОБВОДНЕННОСТИ ГАЗОКОНДЕНСАТНЫХ СКВАЖИН В КАРБОНАТНЫХ КОЛЛЕКТОРАХ (НА ПРИМЕРЕ МЕСТОРОЖДЕНИЯ ЁРМОК)

АКРАМОВ БАХШИЛЛО ШАФИЕВИЧ
К.т.н., профессор Филиала РГУ нефти и газа (НИУ) имени И.М. Губкина
Ташкент, Узбекистан

ЕВСТАФЕЕВ ЕВГЕНИЙ АЛЕКСАНДРОВИЧ
PhD, старший преподаватель Филиала РГУ нефти и газа (НИУ) имени И.М. Губкина
Ташкент, Узбекистан

НУРИДДИНОВ ЖАМОЛИДДИН ФАЗЛИДДИН УГЛИ
Начальник отдела разработки ООО «Uz-Gas Projects»
Ташкент, Узбекистан

ИСМАИЛОВА ГУЛЬНАЗ МАКСЕТ-КЫЗЫ
Преподаватель Филиала РГУ нефти и газа (НИУ) имени И.М. Губкина
Ташкент, Узбекистан

Аннотация. *Рассмотрены особенности формирования и развития обводнения газоконденсатных скважин месторождения Ёрмок, расположенного в Кашкадарьинской области Республики Узбекистан. Продуктивные отложения представлены карбонатными коллекторами верхнеюрского возраста, характеризующимися неоднородным строением и наличием трещин и высокопроницаемых интервалов. На основе анализа геолого-промысловых и гидродинамических данных установлены основные закономерности поступления пластовой воды в эксплуатационные скважины. Показано, что основным механизмом обводнения является продвижение подошвенной воды в направлении забоя при снижении пластового и забойного давления с последующим ускоренным поступлением воды по трещинным и высокопроницаемым каналам. Обоснован комплекс мероприятий по ограничению водопритока, включающий оптимизацию режима эксплуатации, удаление жидкости, ремонтно-изоляционные работы, строительство боковых стволов и применение компрессорного оборудования. По результатам гидродинамического прогнозирования установлено, что комплексный вариант разработки позволяет увеличить конечный коэффициент газоотдачи с 16,9 до 21,4 %, накопленную добычу газа — с 296,1 до 375,0 млн м³ и продлить эффективную разработку месторождения на 3 года.*

Ключевые слова: *газоконденсатное месторождение, обводнение скважин, карбонатный коллектор, подошвенная вода, водяной конус, трещиноватость, водоприток, ремонтно-изоляционные работы, гидродинамическое моделирование, газоотдача.*

Введение

Обводнение является одним из основных факторов, ограничивающих эффективность разработки газовых и газоконденсатных месторождений. Поступление воды приводит к снижению продуктивности скважин, увеличению забойного противодавления, ухудшению условий выноса жидкости и, при интенсивном водопритоке, к преждевременному прекращению эксплуатации.

Особую сложность представляют карбонатные коллекторы, характеризующиеся неоднородностью, трещиноватостью и наличием высокопроницаемых каналов. В таких условиях подошвенная вода может поступать к забою преимущественно по трещинной системе, значительно ускоряя процесс обводнения [1–4]. Исследования карбонатных

газовых залежей показывают, что механизм водопритока определяется сочетанием матричной пористости, естественной трещиноватости и крупных фильтрационных каналов.

Целью работы является установление механизма обводнения газоконденсатных скважин месторождения Ёрмок и обоснование комплекса мероприятий по ограничению водопритока и повышению эффективности разработки.

Геолого-физические особенности месторождения. Месторождение Ёрмок расположено в Гузарском районе Кашкадарьинской области Республики Узбекистан и приурочено к восточной части Бешкентского макросвода и Чарджоуской тектонической ступени. Продуктивность связана с карбонатными отложениями верхней юры.

Основными продуктивными являются горизонты XV и XVa оксфордско-киммериджского возраста. Продуктивная толща представлена преимущественно органогенно-обломочными и пелитоморфными известняками различной степени доломитизации с прослоями ангидритов.

Для горизонта XV характерна полуантиклинальная форма залежи. Размер залежи в плане составляет около 4,6×2,1 км, высота — около 162 м. Газоводяной контакт установлен на абсолютной отметке около –2636,3 м. Эффективная газонасыщенная мощность изменяется от 12 до 33,6 м, составляя в среднем 16,1 м.

Неоднородность продуктивного разреза и наличие трещин создают условия для формирования предпочтительных путей фильтрации. При снижении пластового давления и увеличении депрессии это может способствовать продвижению подошвенной воды в направлении эксплуатационных интервалов.

При этом снижение пластового давления само по себе не является непосредственной причиной обводнения. Определяющее значение имеют величина депрессии, положение скважины относительно ГВК, вертикальная проницаемость и наличие высокопроницаемых каналов.

Диагностика источников водопритока. Пластовые воды месторождения характеризуются высокой минерализацией и преимущественно хлоридным составом.

Таблица 1 – Основные характеристики пластовой воды

Показатель	**Проба 1**	**Проба 2**
Плотность, г/см³	1,052	1,067
Минерализация, г/л	76,8	96,5
pH	7,53	7,18
Тип воды	хлоридно-магниевый	хлоридно-кальциевый
Йод, мг/л	4,25	7,40
Бром, мг/л	104,5	127,3

Гидрохимические характеристики могут использоваться как дополнительный признак при установлении источника водопритока. Однако достоверная диагностика должна основываться на комплексном анализе гидрохимических, геофизических и промысловых данных.

Результаты исследований скважин показывают неоднородное распределение интервалов притока. В скважине №3 вода поступала преимущественно из интервалов 3300–3220 м и отдельных интервалов 3213–3211, 3195–3192 и 3186–3181 м, тогда как основные газовые притоки отмечались в более высоких интервалах 3164–3162, 3158–3152 и 3143–3141 м.

В скважине №4 при газовом дебите 47–75 тыс. м³/сут водоприток составлял 1,4–4,3 м³/сут. В скважине №8 при дебите газа 118,5–189 тыс. м³/сут водоприток составлял 2,96–3,8 м³/сут.

Полученные данные свидетельствуют о пространственном разделении газо- и водонасыщенных интервалов и необходимости селективного подхода к ограничению водопритока.

Основной механизм обводнения. Для месторождения Ёрмок основным механизмом обводнения является продвижение подошвенной воды в направлении эксплуатационных интервалов при снижении пластового и забойного давления.

Процесс можно представить следующим образом:

снижение пластового давления → увеличение депрессии → деформация ГВК → продвижение подошвенной воды → поступление воды по трещинам и высокопроницаемым каналам → увеличение жидкостной нагрузки → снижение продуктивности скважины.

Для карбонатного коллектора наличие естественной трещиноватости является фактором, способным значительно ускорить водоприток. Подобная закономерность установлена и для других карбонатных газовых залежей: в зависимости от строения коллектора подошвенная вода может поступать через матрицу, естественные трещины либо крупные трещины и каверны [1].

Таким образом, обводнение Ёрмока нельзя рассматривать исключительно как равномерное перемещение ГВК. Необходимо учитывать локальные фильтрационные каналы, по которым вода может поступать в скважину значительно быстрее.

Динамика разработки. Для оценки влияния обводнения проанализирована динамика разработки месторождения за 2019–2022 гг.

Таблица 2 – Основные показатели разработки

Показатель	**2019**	**2020**	**2021**	**2022**
Добыча газа, млн м³	26,2	101,7	69,2	30,7
Пластовое давление, кгс/см²	222,6	131,3	111,6	63,2
Устьевое давление, кгс/см²	112,0	63,0	36,8	22,2
Действующие скважины, ед.	2	4	3	3

За рассматриваемый период пластовое давление снизилось с 222,6 до 63,2 кгс/см². После достижения максимальной добычи в 2020 г. годовая добыча газа снизилась с 101,7 до 30,7 млн м³ в 2022 г.

Одновременно снижение давления ухудшило условия выноса жидкости. При увеличении водопритока возрастает гидростатическое противодавление, вследствие чего газовый поток становится недостаточным для устойчивого выноса жидкости. Это дополнительно снижает производительность скважин.

Методы ограничения водопритока. Выбор технологического мероприятия должен определяться установленным механизмом обводнения.

Оптимизация режима эксплуатации. Ограничение чрезмерной депрессии позволяет снизить интенсивность продвижения подошвенной воды. Для обводняющихся скважин режим необходимо выбирать с учетом одновременно газового дебита, водопритока и способности газового потока выносить жидкость.

Удаление жидкости. При умеренном водопритоке могут применяться периодические продувки и другие методы интенсификации выноса жидкости. Данное мероприятие поддерживает работоспособность скважины, но не устраняет источник водопритока.

Ремонтно-изоляционные работы. При установленном интервале поступления воды возможно применение цементных, полимерных и других изоляционных составов. Современные исследования показывают перспективность полимерных гелей, пен и композиционных систем для ограничения водопритока в газовых залежах [2, 3].

Для условий Ёрмока РИР должны выполняться после определения источника воды, поскольку изоляция продуктивного интервала может привести к снижению газодобычи.

Боковые стволы. При невозможности эффективной изоляции обводнённого участка может рассматриваться строительство бокового ствола с выходом в менее обводнённую

часть залежи. В рассматриваемом варианте разработки боковые стволы предусмотрены для скважин №8 и №9.

Компрессорная эксплуатация. При снижении пластового давления компрессорное оборудование позволяет улучшить условия выноса жидкости и поддержать эксплуатацию скважин. Однако режим компримирования должен контролироваться, поскольку чрезмерное увеличение депрессии способно усилить водоприток.

Комплексирование методов водоудаления, ограничения водопритока и управления режимом разработки рассматривается в современных исследованиях как наиболее рациональный подход к контролю воды в газовых скважинах [4, 5].

Результаты гидродинамического прогнозирования. Для оценки эффективности мероприятий рассмотрены два варианта дальнейшей разработки месторождения.

Таблица 3 – Сравнение вариантов разработки

Показатель	**Вариант 1**	**Вариант 2**
Продолжительность разработки, лет	5	8
Максимальная добыча газа, млн м³/год	16,6	34,5
Конечный коэффициент газоотдачи, %	16,9	21,4
Накопленная добыча газа, млн м³	296,1	375,0
Конечное пластовое давление, кгс/см²	45,9	24,8
Действующие скважины, ед.	3	5

Вариант 2 предусматривает комплекс технологических мероприятий, включая ремонтно-изоляционные работы, строительство боковых стволов, оптимизацию режимов эксплуатации и применение компрессорного оборудования.

Результаты прогнозирования показывают:

- увеличение конечного коэффициента газоотдачи с **16,9 до 21,4 %**;
- увеличение накопленной добычи газа с **296,1 до 375,0 млн м³**;
- дополнительную добычу газа **78,9 млн м³**;
- увеличение продолжительности эффективной разработки с **5 до 8 лет**;
- увеличение максимальной годовой добычи газа с **16,6 до 34,5 млн м³**.

Полученные результаты подтверждают эффективность комплексного подхода к управлению обводнением и эксплуатации месторождения.

Заключение

1. Основным механизмом обводнения скважин месторождения Ёрмок является продвижение подошвенной воды при снижении пластового давления с последующим ускоренным поступлением по трещинам и высокопроницаемым каналам.

2. Карбонатное строение продуктивных горизонтов и выраженная неоднородность фильтрационных свойств создают условия для локального ускорения водопритока.

3. За 2019–2022 гг. пластовое давление снизилось с 222,6 до 63,2 кгс/см², а годовая добыча газа после максимума 2020 г. уменьшилась со 101,7 до 30,7 млн м³.

4. Наиболее эффективная стратегия борьбы с обводнением должна включать оптимизацию депрессии, удаление жидкости, селективные ремонтно-изоляционные работы и, при необходимости, строительство боковых стволов и применение компрессорного оборудования.

5. Гидродинамическое прогнозирование показало, что комплексный вариант позволяет увеличить коэффициент газоотдачи с 16,9 до 21,4 %, накопленную добычу газа на 78,9 млн м³ и продлить эффективную разработку на 3 года.

ЛИТЕРАТУРА

1. Cheng Y., Mu L., Zhu E., Zhang P., Guo C., Leng Y., Wei Z., Chen P., Xing Y., Cheng M., Shi H., Zhang L. Water producing mechanisms of carbonate reservoirs gas wells: A case study of the Right Bank Field of Amu Darya, Turkmenistan // **Petroleum Exploration and Development**. — 2017. — Vol. 44, No. 1. — P. 89–96. — DOI: 10.1016/S1876-3804(17)30011-3.
2. Guo P., Tian Z., Zhou R., Chen F., Du J., Wang Z., Hu S. Chemical water shutoff agents and their plugging mechanism for gas reservoirs: A review and prospects // **Journal of Natural Gas Science and Engineering**. — 2022. — Vol. 104. — Article 104658. — DOI: 10.1016/j.jngse.2022.104658.
3. Taha A., Amani M. Overview of Water Shutoff Operations in Oil and Gas Wells; Chemical and Mechanical Solutions // **ChemEngineering**. — 2019. — Vol. 3, No. 2. — Article 51. — DOI: 10.3390/chemengineering3020051.
4. Roozshenas A.A., Hematpur H., Abdollahi R., Esfandyari H. Water Production Problem in Gas Reservoirs: Concepts, Challenges, and Practical Solutions // **Mathematical Problems in Engineering**. — 2021. — Vol. 2021. — Article 9075560. — 20 p. — DOI: 10.1155/2021/9075560.
5. Gao S., Li Y., Li H., Wu K., Nie S., Cui X., Tai X. Preventing and controlling water influx in gas wells: Key technologies and challenges // **Geoenergy Science and Engineering**. — 2026. — Vol. 260. — Article 214405. — DOI: 10.1016/j.geoen.2026.214405.

УДК 666.94:553.611
https://doi.org/10.5281/zenodo.23302750

ХИМИКО-МИНЕРАЛОГИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ КАОЛИНИТСОДЕРЖАЩЕЙ ГЛИНЫ КАРАКАЛПАКСТАНА В СОСТАВЕ СЫРЬЕВОЙ СМЕСИ ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ ПОРТЛАНДЦЕМЕНТНОГО КЛИНКЕРА

МАХСУДОВА НОЗИМАХОН ДЖАПАРХОНОВНА
д.ф.т.н. (PhD), с.н.с. научной лаборатории и испытательного центра «Стром» Института общей и неорганической химии АН РУз, г. Ташкент, Узбекистан

АТАБАЕВ ФАРРУХ БАХТИЯРОВИЧ
д.т.н., проф., зав. научной лаборатории и испытательного центра «Стром» Института общей и неорганической химии АН РУз, г. Ташкент, Узбекистан

БЕГЖАНОВА ГУЛРУХ БАХТИЯРОВНА
д.т.н., проф., г.н.с. лаборатории и испытательного центра «Стром» Института общей и неорганической химии АН РУз, г. Ташкент, Узбекистан

МУХИТДИНОВ ДИЛШОД ДАВРОНОВИЧ
д.т.н. (DSc), с.н.с. лаборатории и испытательного центра «Стром» Института общей и неорганической химии АН РУз, г. Ташкент, Узбекистан

ХАДЖИЕВ АЗАМАТ ШАМУРАТОВИЧ
д.ф.т.н. (PhD), доцент кафедры «Химические технологии» Ургенчского государственного университета им. Абу Райхана Беруни, г. Ургенч, Узбекистан

Аннотация. *Исследованы химико-минералогические особенности каолинсодержащей глины участка «Караузак» Каракалпакстана и её роль в формировании сырьевой смеси для портландцементного клинкера. Химический анализ показал содержание SiO_2=54,84 мас.%, Al_2O_3=12,25 мас.%, Fe_2O_3=7,22 мас.% и CaO=9,42 мас.%. Рентгенофазовый анализ выявил кварц, каолинит, гидрослюдисто-иллитовую и полевошпатовую составляющие, кальцит и железосодержащие фазы. На основе состава компонентов рассчитана сырьевая смесь, включающая 76,11% известняка месторождения «Джамансай», 23,87% глины и 0,02% железосодержащих огарков АГМК. Лабораторный обжиг проводили при 1450 °C с выдержкой 120 мин. В опытном клинкере идентифицированы основные минералы портландцементного клинкера. Цемент на его основе показал предел прочности при сжатии 33,8 МПа в возрасте 28 суток, соответствующий классу прочности 32,5 по данному показателю.*

Ключевые слова: *каолинсодержащая глина; каолинит; Каракалпакстан; портландцементный клинкер; сырьевая смесь; оксид железа; рентгенофазовый анализ.*

Введение. Расширение сырьевой базы цементной промышленности требует вовлечения местных минеральных ресурсов, способных обеспечить необходимый химический состав сырьевой смеси. Особый интерес представляют полиминеральные глины, содержащие алюмосиликатные и железосодержащие компоненты.

Каолинит относится к минералам с двухслойной структурой. Каолины характеризуются меньшей склонностью к набуханию и меньшей пластичностью по сравнению с рядом других глинистых пород; в природном сырье наряду с каолинитом могут присутствовать кварц, полевые шпаты, слюды, железосодержащие соединения и карбонатные включения [1].

Для Узбекистана актуальна оценка местных каолиновых ресурсов как сырья для промышленной переработки. Ангренские каолиновые глины рассматривались как промышленное сырьё, в том числе для направлений, связанных с глинозёмно-цементным производством [2]. Возможности комплексной переработки каолинов Ангрена также исследовались применительно к глинозёмно-цементной промышленности [3]. Вопросы инновационного использования этих ресурсов представлены в материалах научно-технических конференций [4].

В цементной технологии химсостав глинистого компонента определяет соотношение кремнезёма, глинозёма, оксидов железа и других компонентов сырьевой смеси. Повышенное содержание оксида железа в природной глине может уменьшать потребность в дополнительном железосодержащем компоненте при расчёте сырьевой смеси.

Исследуемая глина участка «Караузак» отличается повышенным содержанием Fe_2O_3 и присутствием каолинита наряду с кварцем, гидрослюдисто-иллитовой и полевошпатовой составляющими. В связи с этим представляет интерес её непосредственное включение в сырьевую смесь для получения ПЦ клинкера.

Целью работы являлась оценка химико-минералогических особенностей каолинсодержащей глины участка «Караузак» и определение состава сырьевой смеси с её использованием для лабораторного получения портландцементного клинкера.

Материалы и методы. Объектом исследования служила каолинсодержащей глины участка «Караузак» Караузякского района Республики Каракалпакстан. В качестве карбонатного компонента использовали известняк месторождения «Джамансай», а в качестве железосодержащего корректирующего компонента — огарки.

Химический состав сырьевых компонентов определяли фотоколориметрическим методом в соответствии с ГОСТ 5382–2019 [5]. Минералогический состав глины и опытного клинкера исследовали методом рентгенофазового анализа на дифрактометре Rigaku MiniFlex с использованием CuKα-излучения.

Состав сырьевой смеси рассчитывали на основании химсостава компонентов. Расчёт минералогического состава клинкера выполняли по зависимостям С.Д. Окорокова, приведённым в работе Ю.М. Бутта и В.В. Тимашева [6]. Содержание жидкой фазы при 1450°С определяли по зависимости A.K. Chatterjee [7].

$$ЖФ_{1450} = 3{,}00Al_2O_3 + 2{,}25Fe_2O_3 + MgO + Na_2O + K_2O$$

Расчёт выполняли по исходным неокруглённым значениям химического состава клинкера; значения в таблицах округлены до сотых. Подготовленную смесь подвергали помолу, гранулированию и сушке. Обжиг гранул проводили при 1450°С с выдержкой 120 мин с последующим воздушным охлаждением.

Для оценки прочности цемента на основе опытного клинкера изготавливали стандартные образцы-призмы. Испытание на прочность при сжатии проводили на гидравлическом прессе ПГМ-500МГ4А. В статье рассматривается результат в возрасте 28 суток.

Результаты исследования. Исходная проба имеет неоднородную серовато-жёлтую и буроватую окраску и представлена плотными обломками различного размера. Микрофотография каолинсодержащей глины при оптическом увеличении: наблюдается неоднородная тонкодисперсная структура с преобладанием светлых минеральных зерен и пластинчатых глинистых частиц, а также отдельных тёмных железосодержащих включений. (рис. 1).



а



б

Рис. 1. Внешний вид и микроструктура каолинсодержащей глины участка «Караузак»:
а) — исходная проба; б) — микрофотография, оптическая микроскопия, ×100

Химсостав исследуемой глины и других компонентов приведён в табл. 1. Глина содержит 54,84 мас.% SiO_2, 12,25 мас.% Al_2O_3 и 7,22 мас.% Fe_2O_3. Содержание CaO составляет 9,42 мас.%. Известняк содержит 53,31 мас.% CaO, а железосодержащие огарки — 47,80 мас.% Fe_2O_3.

Таблица 1.
Химический состав исходных сырьевых компонентов клинкера

Компоненты	Массовое содержание оксидов, в пересчете на 100%									
	п.п.п.	SiO_2	Al_2O_3	Fe_2O_3	CaO	MgO	SO_3	Na_2O	K_2O	TiO_2
Каолинсодержащая глина участка «Караузак»	12,29	54,84	12,25	7,22	9,42	1,29	0,98	1,08	0,05	0,58
Известняк месторождения «Джамансай»	41,00	1,25	1,47	0,55	53,31	0,96	0,25	1,01	0,20	—
Железосодержащие огарки	0,28	37,48	6,12	47,80	4,13	2,57	0,58	1,04	—	—

Повышенное содержание Fe_2O_3 является одной из отличительных особенностей глины и имеет значение при расчёте соотношения сырьевых компонентов. В рассматриваемой смеси доля железосодержащих огарков составила только 0,02%, поскольку значительная часть необходимого оксида железа поступает с исследуемой глиной.

Рентгенофазовый анализ показал полиминеральный состав глины (рис.2). Идентифицированы кварц, каолинит, гидрослюдисто-иллитовая и полевошпатовая составляющие, кальцит и железосодержащие фазы. Наиболее интенсивные рефлексы относятся к кварцу и каолиниту. Наличие каолинита подтверждает характеристику материала как каолинитсодержащей глины.

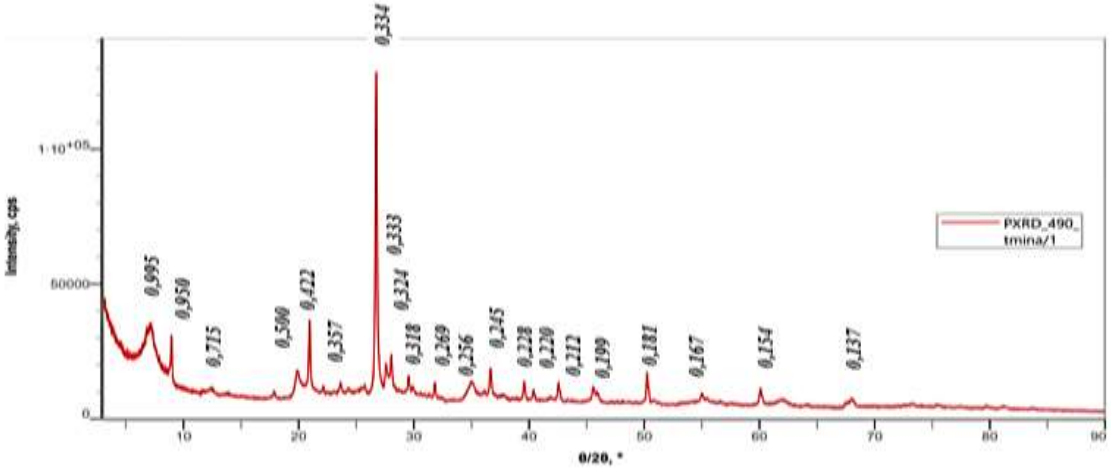


Рисунок 2. Рентгенограмма каолинсодержащей глины участка «Караузак»

Содержание CaO в глине составляет 9,42 мас.%. С учётом данных РФА повышенное содержание кальция может быть связано с присутствием кальцийсодержащих минералов, в том числе анортита, идентифицированного по характерным рефлексам. Количественное распределение CaO между отдельными фазами в настоящей работе не определялось.

На основании химического состава компонентов рассчитан состав сырьевой смеси. Расчётные соотношения компонентов, их расход на 1 т клинкера, химический состав сырьевой смеси и клинкера, а также основные расчётные характеристики клинкера представлены в табл. 2.

Таблица 2

Расчетный вещественный, химический и минералогический состав сырьевой смеси и клинкера с использованием сырья Республики Каракалпакистан и железосодержащих огарков (без учета влажности и технологических потерь) t/t

Вещественный состав с/с	**Соотношение компонентов в с/с, %**	**Расход сырь-х компонентов на 1 t клинкера**	**Содержание оксидов, %**									
			п.п.п	***SiO_2***	***Al_2O_3***	***Fe_2O_3***	***CaO***	***MgO***	***SO_3***	***R_2O***	***P_2O_5***	***TiO_2***
Известняк месторождения «Джамансай»	76,11	1,1557	41,00	1,25	1,47	0,55	53,31	0,96	0,25	1,01	0,20	-
Каолинсодер-я глина участка «Караузак»	23,87	0,3624	12,29	54,84	12,25	7,22	9,42	1,29	0,98	1,08	0,05	0,58
Железосодер-е огарки	0,02	0,0003	0,28	37,48	6,12	47,80	4,13	2,57	0,58	1,04	-	-
Сырьевая смесь (с/с)	100,0	1,5184	34,14	14,05	4,04	2,15	42,83	1,04	0,42	1,03	0,16	0,14
Клинкер	-	1,0000	-	21,33	6,14	3,27	65,02	1,58	0,64	1,56	0,25	0,21
Минерал. состав клинкера КН=0,90;		C_3S=54,81; C_2S=19,82; C_3A=10,72; C_4AF=9,93; Жидкая фаза=29,15										

p=1,88; n=2,27	

Как видно из табл. 2, основным компонентом смеси является известняк — 76,11%, доля каолинсодержащей глины составляет 23.87%, а расход железосодержащих огарков ограничен 0,02%. При таком соотношении компонентов коэффициент насыщения известью равен 0,90, силикатный модуль — 2,27, глинозёмный модуль — 1,88.

Расчётный минералогический состав клинкера включает 54,81% алита-C_3S, 19,82% белита-C_2S, 10,72% C_3A и 9,93% C_4AF. Содержание жидкой фазы при 1450°C составляет 29,15 мас.%. Расчёт выполнялся по неокруглённым исходным данным, поэтому обратная подстановка округлённых табличных значений может давать небольшое расхождение.

Режим 1450°C с выдержкой 120 мин использовался как экспериментальный. Систематическое сравнение нескольких температур и времён выдержки для установления оптимального режима в настоящей работе не проводилось.

Рентгенофазовый анализ опытного клинкера выявил основные минералы портландцементного клинкера — алит, белит, трёхкальциевый алюминат и четырёхкальциевый алюмоферрит. Низкая интенсивность рефлексов свободного оксида кальция согласуется с его расчётным содержанием 0,10 мас.%. В пределах чувствительности метода отдельные промежуточные фазы не были идентифицированы. Для оценки завершённости процессов минералообразования при обжиге опытного клинкера был выполнен рентгенофазовый анализ. Результаты рентгенофазового анализа представлены на рисунке 3.

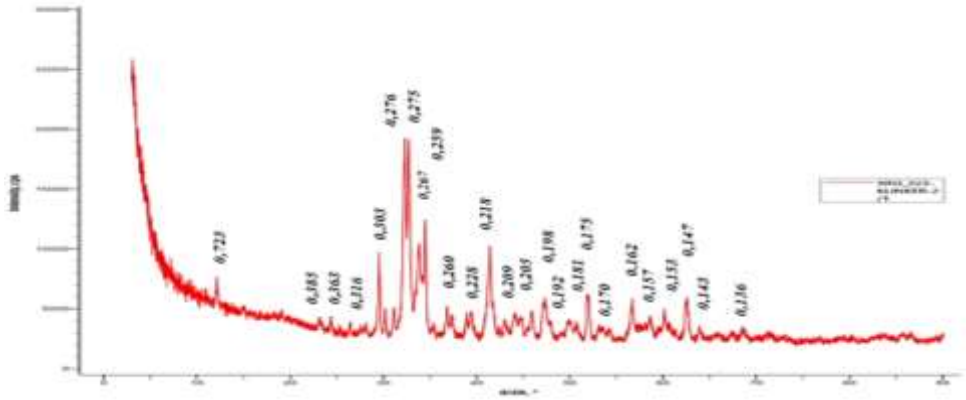


Рисунок 3. Рентгенограмма опытного портландцементного клинкера

Сопоставление расчётных и РФА-данных показывает согласованность между расчётным присутствием основных клинкерных минералов и их экспериментальной идентификацией. Расчётный минералогический состав при этом не рассматривается как количественный фазовый анализ.

Цемент на основе опытного клинкера показал предел прочности при сжатии 33,8 МПа в возрасте 28 суток. Полученное значение соответствует классу прочности 32,5 по рассматриваемому показателю. Поскольку в работе не представлены все показатели, необходимые для полной классификации цемента, вывод ограничивается результатом прочности при сжатии в возрасте 28 суток.

Выводы. В результате проведённых исследований установлено, что каолинсодержащая глина участка «Караузак» характеризуется полиминеральным составом с повышенным содержанием оксида железа Fe_2O_3 — 7,22 мас.%, при содержании SiO_2 54,84 мас.%, Al_2O_3 12,25 мас.% и CaO 9,42 мас.%. Рентгенофазовый анализ показал наличие в исследуемой глине кварца, каолинита, гидрослюдисто-иллитовой и полевошпатовой составляющих, кальцита и железосодержащих фаз, что определяет её особенности как алюмосиликатного компонента сырьевой смеси. Установлено, что

повышенное содержание Fe_2O_3 в составе глины позволяет существенно ограничить введение дополнительного железосодержащего компонента: при содержании глины 23,87% расход железосодержащих огарков составил всего 0,02%. Расчётный состав сырьевой смеси обеспечил получение клинкера с коэффициентом насыщения известью КН = 0,90, силикатным модулем 2,27 и глинозёмным модулем 1,88. При лабораторном обжиге при температуре 1450°С с выдержкой 120 мин сформировались плотные клинкерные гранулы, в которых расчётное содержание основных минералов составило: C_3S — 54,81%, C_2S — 19,82%, C_3A — 10,72% и C_4AF — 9,93%, при содержании жидкой фазы 29,15 мас.%. Рентгенофазовый анализ опытного клинкера подтвердил формирование основных клинкерных фаз; в пределах чувствительности метода промежуточные фазы не выявлены. Цемент, полученный на основе опытного клинкера, показал прочность при сжатии 33,8 МПа в возрасте 28 суток, что соответствует классу прочности 32,5 по данному показателю. Таким образом, результаты исследований показывают возможность использования каолинсодержащей глины участка «Караузак» в качестве алюмосиликатного компонента сырьевой смеси при производстве портландцементного клинкера. Использование данного вида местного сырья позволяет одновременно расширить сырьевую базу цементной промышленности и снизить потребность в дополнительном железосодержащем компоненте, что представляет практический интерес для разработки сырьевых смесей на основе местных минеральных ресурсов Каракалпакстана.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Андреева Н.А. Химия цемента и вяжущих веществ. Санкт-Петербург: Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет, 2011. С. 24–25.
2. Аллабергенов Р.Д., Ахмедов Р.К., Каримов Б.Р., Сабиров Х.С., Михайлов С.В. Промышленное использование Ангренских каолиновых глин // Геология и минеральные ресурсы. 2010. № 1. С. 42–46.
3. Кельгинбаев А.Н., Аллабергенов Р.Д. Использование комплексной безотходной технологии переработки каолинов Ангрена в глиноземно-цементной промышленности // Актуальные проблемы создания и использования высоких технологий переработки минерально-сырьевых ресурсов Узбекистана. Ташкент: Фан, 2011. С. 87.
4. Кельгинбаев А.Н., Аллабергенов Р.Д., Пулатов З.П. Каолины Ангренского месторождения Узбекистана: инновация и диверсификация // Диверсификация сырьевой базы промышленности Республики Узбекистан: критерии поиска и оценки нетрадиционных типов полезных ископаемых. Ташкент, 2012. С. 166.
5. ГОСТ 5382–2019. Цементы и материалы цементного производства. Методы химического анализа.
6. Бутт Ю.М., Тимашев В.В. Практикум по химической технологии вяжущих материалов. М.: Высшая школа, 1973. С. 5–24.
7. Chatterjee A.K. Cement Production Technology: Principles and Practice. Boca Raton: CRC Press, Taylor & Francis Group, 2018. P. 46–47.

УДК 004.94
https://doi.org/10.5281/zenodo.23302754

ЖЕТКІЗУ ТІЗБЕГІНДЕГІ ТӘУЕКЕЛДЕРДІ БОЛЖАУДЫҢ ГРАФТЫҚ-ТІЛДІК МОДЕЛІ

КАСЫМОВА АКМАРАЛ ХАМЗИЕВНА
профессор, педагогика ғылымдарының кандидаты, Жәңгірхан атындағы БҚАТУ

ҚАЗЕКЕ НҰРБОЛАТ ЖАСЛАНҰЛЫ
Магистрант МИСҒ-26-01, Жәңгірхан атындағы БҚАТУ
Орал, Қазақстан

Аннотация: *Бұл мақалада жеткізу тізбегіндегі тәуекелдерді ерте анықтау және болжау мәселесін шешуге бағытталған графтық-тілдік модель қарастырылады. Зерттеудің өзектілігі: жеткізу тізбегіндегі жеткізушілер, қоймалар, тасымалдаушылар және тұтынушылар арасындағы өзара байланыстардың күрделенуімен, сондай-ақ тәуекелдер туралы ақпараттың құрылымдалған және құрылымдалмаған түрде ұсынылуымен байланысты. Берілген тәсілде жеткізу тізбегінің құрылымдық байланыстарын модельдеу үшін графтық нейрондық желілер, ал жаңалықтар, есептер, хабарламалар және басқа мәтіндік деректерден семантикалық ақпаратты алу үшін үлкен тілдік модельдер қолданылады. Графтық және тілдік белгілерді адаптивті біріктіру арқылы тәуекелдің туындау ықтималдығын бағалайтын гибридті архитектура қалыптастырылады. Зерттеу әдістемесі деректерді алдын ала өңдеуді, жеткізу тізбегін граф түрінде ұсынуды, семантикалық белгілерді қалыптастыруды, модельді оқытуды және салыстырмалы бағалауды қамтиды. Ұсынылған модельдің тиімділігі дәстүрлі машиналық оқыту, графтық және тілдік модельдермен салыстыру негізінде бағаланады. Зерттеу нәтижелері жеткізу тізбегіндегі тәуекелдерді ерте анықтау және басқару шешімдерін қолдау мүмкіндігін арттыруға бағытталған.*

Кілт сөздер: *жеткізу тізбегі, тәуекелдерді болжау, графтық нейрондық желі, үлкен тілдік модель, графтық-тілдік модель, жасанды интеллект, машиналық оқыту.*

Заманауи жеткізу тізбектері өндірушілер, қоймалар, тасымалдаушылар және тұтынушылар арасында қалыптасатын күрделі өзара байланыстар жүйесі болып табылады. Жеткізу тізбегінің тұрақты жұмыс істеуі кәсіпорындардың өндірістік және коммерциялық қызметінің үздіксіздігін қамтамасыз етудің маңызды шарттарының бірі болып саналады. Алайда, көлік кідірістері, жеткізушілердің тұрақсыздығы, сұраныстың өзгеруі, қорлардың жеткіліксіздігі, өндірістік ақаулар және сыртқы экономикалық жағдайлар секілді факторлар жеткізу процестерінің баяулауын туындатуы мүмкін. Осы себепті ықтимал тәуекелдерді алдын ала анықтау және олардың пайда болу ықтималдығын бағалау, жеткізу тізбегін тиімді басқарудың өзекті міндеттерінің бірі болып табылады.

Жеткізу тізбегіндегі тәуекелдерді болжау үшін статистикалық әдістер, машиналық оқыту және уақыттық қатарларды талдау әдістері кеңінен қолданылады. Дегенмен дәстүрлі тәсілдер көбінесе жеке объектілердің сипаттамаларына немесе тарихи деректерге негізделеді және жеткізу тізбегіндегі объектілер арасындағы күрделі өзара тәуелділіктерді толық ескере бермейді. Мысалы, бір жеткізушідегі кідіріс бірнеше қоймаға, өндірістік нысандарға және соңғы тұтынушыларға әсер етуі мүмкін. Сондықтан жеткізу тізбегінің құрылымын өзара байланысқан граф ретінде қарастыру тәуекелдердің таралу ерекшеліктерін дәлірек модельдеуге мүмкіндік береді.

Осы тұрғыдан алғанда, графтық нейрондық желілер (Graph Neural Networks, GNN) жеткізу тізбегіндегі құрылымдық тәуелділіктерді модельдеудің тиімді құралы болып табылады. GNN көмегімен жеткізушілер, қоймалар, өндірістік нысандар және басқа да

логистикалық объектілер графтың түйіндері ретінде, ал олардың арасындағы жеткізу және көлік байланыстары графтың қабырғалары ретінде ұсынылады. Бұл тәсіл әрбір объектінің сипаттамаларымен қатар, оған тікелей немесе жанама байланысқан объектілердің әсерін де ескеруге мүмкіндік береді.

Сонымен бірге жеткізу тізбектеріндегі тәуекелдер туралы маңызды ақпараттың көп бөлігі құрылымдалмаған мәтіндік түрде беріледі. Оларға жаңалықтар, есептер, жеткізу туралы хабарламалар, нарықтық ақпарат, тұтынушылардың пікірлері және әртүрлі сыртқы оқиғалар туралы мәтіндер жатады. Үлкен тілдік модельдер (Large Language Models, LLM) осындай деректерді семантикалық тұрғыдан өңдеп, тәуекелге қатысты ақпаратты анықтауға және оны машиналық өңдеуге қолайлы белгілерге түрлендіруге мүмкіндік береді.

Осыған байланысты зерттеу мәселесі жеткізу тізбегінің құрылымдық байланыстарын және тәуекелдер туралы мәтіндік-семантикалық ақпаратты біртұтас модельде тиімді біріктіру қажеттілігімен сипатталады. Бұл мәселені шешу үшін мақалада графтық нейрондық желі мен үлкен тілдік модельді біріктіретін гибридті графтық-тілдік тәсіл ұсынылады.

Зерттеудің мақсаты – жеткізу тізбегіндегі тәуекелдердің пайда болу ықтималдығын ерте анықтау үшін графтық құрылымдық және мәтіндік семантикалық белгілерді біріктіретін графтық-тілдік модель әзірлеу. Осы мақсатқа жету үшін жеткізу тізбегін граф түрінде модельдеу, GNN арқылы құрылымдық белгілерді алу, LLM көмегімен мәтіндік деректерден семантикалық белгілерді қалыптастыру және алынған белгілерді біріктіру әдісін әзірлеу міндеттері қойылады.

Зерттеудің ғылыми жаңалығы жеткізу тізбегіндегі тәуекелдерді бағалау кезінде графтық нейрондық желі арқылы алынған құрылымдық белгілерді және үлкен тілдік модель арқылы қалыптастырылған семантикалық белгілерді адаптивті түрде біріктіретін гибридті графтық-тілдік модельді ұсынудан тұрады. Ұсынылған тәсіл жеткізу тізбегіндегі объектілер арасындағы өзара байланыстардың құрылымын ғана емес, сонымен қатар мәтіндік түрде берілген сыртқы оқиғалардың мазмұнын да ескеруге мүмкіндік береді.

Жеткізу тізбегіндегі тәуекелдерді болжау үшін статистикалық әдістерден бастап заманауи машиналық оқыту және терең нейрондық желілерге дейінгі әртүрлі тәсілдер қолданылады. Дәстүрлі статистикалық әдістер тарихи деректердегі заңдылықтарды анықтауға, уақыт бойынша өзгерістерді бағалауға және тәуекелдердің пайда болу ықтималдығын есептеуге мүмкіндік береді. Алайда жеткізу тізбектерінің күрделенуі, деректер көлемінің өсуі және тәуекелдердің өзара байланысының күшеюі мұндай әдістердің мүмкіндіктерін шектейді.

Машиналық оқыту әдістері тәуекелдерді жіктеу, аномалияларды анықтау және ықтимал үзілістерді болжау тапсырмаларында кеңінен қолданылады. Қазіргі зерттеулерде машиналық оқыту жеткізу тізбегін жоспарлау, сатып алу, тәуекелдерді басқару және желіні оңтайландыру сияқты бағыттарда зерттелуде. Уақыттық тәуелділіктерді ескеру үшін LSTM және GRU сияқты рекуррентті нейрондық желілер де қолданылады. Олар сұраныс, қор көлемі, жеткізу уақыты және басқа динамикалық көрсеткіштердің уақыт бойынша өзгерістерін модельдеуге мүмкіндік береді.

Кейінгі кезеңде Transformer архитектурасына негізделген модельдер ұзақ мерзімді тәуелділіктерді және үлкен көлемдегі гетерогенді ақпаратты өңдеу мүмкіндігімен ерекшелене бастады. Transformer архитектурасы қазіргі үлкен тілдік модельдердің технологиялық негізін қалыптастырды және оның мүмкіндіктері жеткізу тізбегін басқару міндеттеріне де таралуда.

Жеткізу тізбегінің маңызды ерекшеліктерінің бірі — оның көптеген өзара байланысқан объектілерден тұратын желілік құрылымы. Сондықтан жеткізу тізбегін граф түрінде көрсету дәстүрлі кестелік модельдерге қарағанда объектілер арасындағы тәуелділіктерді табиғи түрде бейнелеуге мүмкіндік береді. Мұнда жеткізушілер, өндірістік кәсіпорындар, қоймалар, логистикалық орталықтар және тұтынушылар графтың түйіндері

ретінде, ал олардың арасындағы жеткізу, тасымалдау немесе материалдық ағындар графтың қабырғалары ретінде сипатталады.

Графтық нейрондық желілер осындай құрылымдық деректерден белгілерді автоматты түрде алуға мүмкіндік береді. GNN модельдері түйіннің жеке сипаттамаларымен қатар, оның көршілес түйіндері және графтағы байланыстары туралы ақпаратты да ескереді. Бұл қасиет жеткізу тізбегіндегі бір объектіде пайда болған тәуекелдің басқа объектілерге ықтимал әсерін модельдеу үшін маңызды.

GNN архитектураларының ішінде Graph Convolutional Network (GCN), Graph Attention Network (GAT) және басқа да графтық архитектуралар кеңінен зерттелген. GCN графтағы көршілес түйіндер арасындағы ақпаратты агрегациялауға негізделсе, GAT әртүрлі байланыстардың маңыздылығын назар аудару механизмі арқылы бағалауға мүмкіндік береді. Осылайша GNN жеткізу тізбегінің құрылымдық тәуелділіктерін тәуекелдерді болжау моделіне енгізуге негіз болады.

Жеткізу тізбегіндегі тәуекелдер тек құрылымдалған сандық көрсеткіштермен шектелмейді. Маңызды ақпарат жаңалықтарда, корпоративтік есептерде, жеткізу туралы хабарламаларда, тұтынушылар пікірлерінде және сыртқы экономикалық немесе табиғи оқиғалар туралы мәтіндік деректерде болуы мүмкін. Мұндай ақпаратты дәстүрлі сандық модельдерге тікелей енгізу қиын.

Үлкен тілдік модельдер құрылымдалмаған мәтіндік деректерді өңдеу, контексті анықтау және тәуекелге қатысты семантикалық ақпаратты бөліп алу үшін қолданылуы мүмкін. Мысалы, жаңалықтарды талдау арқылы жеткізу тізбегіне әсер етуі ықтимал оқиғаларды автоматты түрде анықтауға болатыны көрсетілген. Сонымен қатар қазіргі зерттеулер LLM-дерді жеткізу тізбегіндегі тәуекелдерді бағалау, жеткізушілерді талдау және шешім қабылдауды қолдау міндеттерінде қолдану мүмкіндігін қарастырады.

Жүргізілген шолу қолданыстағы тәсілдердің әрқайсысы жеткізу тізбегінің белгілі бір аспектісін тиімді модельдегенімен, олардың шектеулері бар екенін көрсетеді. Дәстүрлі статистикалық және машиналық оқыту әдістері негізінен құрылымдалған деректерге сүйенеді, ал LSTM және GRU уақыттық тәуелділіктерді жақсы модельдегенімен, күрделі желілік құрылымды толық сипаттай алмайды. GNN жеткізу тізбегіндегі объектілер арасындағы құрылымдық байланыстарды ескеруге мүмкіндік береді, бірақ құрылымдалмаған мәтіндік ақпараттың семантикалық мазмұнын тікелей өңдеу мүмкіндігі шектеулі. Өз кезегінде LLM мәтіндік ақпаратты контекстік тұрғыдан талдай алады, алайда жеткізу тізбегінің нақты топологиялық құрылымын модельдеу үшін арнайы графтық механизм қажет. Қазіргі әдебиетте LLM-дердің жеткізу тізбегіндегі қолданылуы әлі де салыстырмалы түрде фрагменттелген және көптеген зерттеулер жекелеген қолдану жағдайларына бағытталған.

Осыған байланысты жеткізу тізбегіндегі тәуекелдерді болжау үшін құрылымдық және семантикалық ақпаратты бір модельде біріктіру маңызды зерттеу мәселесі болып табылады. Бұл мәселені шешудің оңтайлы бағыты — GNN арқылы алынған графтық белгілерді LLM көмегімен алынған мәтіндік-семантикалық белгілермен біріктіретін гибридті графтық-тілдік архитектураны әзірлеу. Мұндай тәсіл жеткізу тізбегінің ішкі құрылымын да, сыртқы оқиғалар туралы мәтіндік контексті де бір уақытта ескеруге мүмкіндік береді.

Ұсынылған зерттеу әдістемесі жеткізу тізбегіндегі құрылымдық және құрылымдалмаған деректерді біртұтас модельдеуге негізделеді. Әдістеменің негізгі кезеңдері жеткізу тізбегін граф түрінде ұсынуды, графтық нейрондық желі арқылы құрылымдық белгілерді алуды, үлкен тілдік модель көмегімен мәтіндік деректерден семантикалық белгілерді қалыптастыруды және алынған ақпарат негізінде тәуекелдің пайда болу ықтималдығын бағалауды қамтиды.

Жеткізу тізбегінің құрылымдық ерекшеліктерін көрсету үшін оны бағытталған немесе бағытталмаған граф түрінде модельдеуге болады. Граф келесі түрде анықталады:

$G=(V,E,X)$

мұндағы (V) — жеткізу тізбегіндегі объектілер жиыны; (E) — объектілер арасындағы байланыстар жиыны; (X) — түйіндер мен олардың сипаттамаларын көрсететін белгілер матрицасы.

Графтың түйіндері ретінде жеткізушілер, өндірістік кәсіпорындар, қоймалар, логистикалық орталықтар және тұтынушылар қарастырылады. Ал қабырғалар объектілер арасындағы материалдық, ақпараттық немесе көліктік байланыстарды сипаттайды. (X) матрицасына жеткізу көлемі, жеткізу уақыты, қор мөлшері, өнім түрі, объектінің орналасуы және басқа да көрсеткіштер енгізілуі мүмкін. Мұндай графтық ұсыну тәуекелдің бір объектіден басқа объектілерге таралуын құрылымдық тұрғыдан сипаттауға мүмкіндік береді.

Графтық нейрондық желі жеткізу тізбегінің құрылымдық ақпаратын өңдеу және түйіндер арасындағы өзара тәуелділіктерді анықтау үшін қолданылады. GNN әрбір түйіннің жеке белгілерін ғана емес, сонымен қатар оның көршілес түйіндерінен алынған ақпаратты да ескереді.

Графтан алынатын жасырын құрылымдық белгілер келесі түрде беріледі:

H_{GNN}=GNN(G,X),

мұндағы (H_{GNN}) — GNN арқылы алынған құрылымдық белгілердің жасырын көрінісі; (G) — жеткізу тізбегінің графы; (X) — бастапқы түйіндік белгілер.

GNN қабаттары арқылы ақпарат көршілес түйіндер арасында таратылады және әрбір объектінің графтағы контекстік көрінісі қалыптастырылады. Осылайша модель жеткізушінің тұрақсыздығы немесе тасымалдаудағы кідіріс сияқты тәуекелдердің басқа байланысқан объектілерге ықтимал әсерін ескере алады. Зерттеу барысында GCN, GAT сияқты графтық архитектураларды қолдану қарастырылады.

Жеткізу тізбегіне қатысты ақпараттың белгілі бір бөлігі құрылымдалмаған мәтін түрінде беріледі. Оларға жаңалықтар, корпоративтік есептер, жеткізу туралы хабарламалар, тұтынушылардың пікірлері және сыртқы экономикалық, саяси немесе табиғи оқиғалар туралы ақпарат жатады. Осы деректерді өңдеу үшін үлкен тілдік модель қолданылады.

Мәтіндік деректер жиыны (T) ретінде белгіленсе, LLM көмегімен алынатын семантикалық белгілер келесідей анықталады:

H_{LLM}=LLM(T),

мұндағы (H_{LLM}) — үлкен тілдік модель қалыптастырған семантикалық белгілер; (T) — жеткізу тізбегіне қатысты мәтіндік деректер.

LLM мәтіндегі тәуекел белгілерін, оқиғалардың контекстін және олардың жеткізу тізбегіне ықтимал әсерін анықтауға мүмкіндік береді. Мысалы, жеткізушінің өндіріс көлемін төмендетуі туралы хабарлама, көлік кідірісі жөніндегі ақпарат немесе белгілі бір аймақтағы табиғи апат туралы жаңалық модель үшін тәуекелдің ықтимал индикаторы ретінде қарастырылуы мүмкін.

Ұсынылатын архитектураның жалпы құрылымы төрт негізгі кезеңнен тұрады:

- құрылымдық деректер → GNN → (H_{GNN});
- мәтіндік деректер → LLM → (H_{LLM});
- (H_{GNN}) және (H_{LLM}) → адаптивті біріктіру → (H_{fusion});
- (H_{fusion}) → тәуекелді болжау модулі → Risk Score.

Мұндай архитектура жеткізу тізбегінің тек ішкі құрылымын ғана емес, сонымен бірге оның сыртқы ақпараттық ортасын да ескеруге мүмкіндік береді.

Модельдің бірінші компоненті жеткізу тізбегінің графтық құрылымын өңдеуге арналған.

GNN компонентінің міндеті — әрбір объектінің жеке сипаттамаларын ғана емес, оның көршілес объектілермен байланысын және графтағы жалпы құрылымдық контекстін ескере отырып, жасырын белгілерді қалыптастыру. Нәтижесінде құрылымдық ақпараттың ықшам көрінісі алынады:

H_{GNN}=GNN(G,X),

мұндағы (G) — жеткізу тізбегінің графы, (X) — бастапқы құрылымдық белгілер, ал (H_{GNN}) — графтық нейрондық желі арқылы алынған жасырын құрылымдық белгілер.

Модельдің екінші компоненті мәтіндік деректерді өңдеуге бағытталған. Жеткізу тізбегіне әсер етуі мүмкін жаңалықтар, жеткізушілердің хабарламалары, корпоративтік есептер, көлік операторларының ақпараттары, нарықтық өзгерістер және табиғи немесе геосаяси оқиғалар мәтіндік деректер ретінде қарастырылады. Бұл ақпарат үлкен тілдік модель арқылы өңделіп, тәуекелге қатысты семантикалық белгілер қалыптастырылады:

H_{LLM}=LLM(T),

мұндағы (T) — мәтіндік деректер жиыны, ал (H_{LLM}) — үлкен тілдік модельден алынған семантикалық белгілер.

Осылайша (H_{GNN}) жеткізу тізбегінің құрылымдық жағдайын, ал (H_{LLM}) оның мәтіндік және сыртқы контекстін сипаттайды.

Ұсынылған модельдің негізгі ерекшелігі — GNN және LLM компоненттерінен алынған белгілерді қарапайым конкатенация немесе тұрақты салмақ арқылы емес, жеткізу тізбегінің ағымдағы жағдайына байланысты адаптивті түрде біріктіру.

Біріктіру процесі келесі түрде сипатталады:

$$H_{\{fusion,i\}} = \alpha_i H_{\{GNN,i\}} + (1 - \alpha_i) H_{\{LLM,i\}}$$

Мұндағы α_i — құрылымдық және семантикалық ақпараттың салыстырмалы маңызын анықтайтын адаптивті коэффициент. Егер жеткізу тізбегінің ағымдағы жағдайын сипаттауда графтық құрылымдық ақпарат басым болса, α_i мәні жоғарылайды. Керісінше, сыртқы оқиғалар, жаңалықтар немесе мәтіндік хабарламалар тәуекелдің негізгі индикаторы болған жағдайда, 1-α_i үлесі артуы мүмкін.

Адаптивтілік механизмін модельдің жеке үйренетін модулі арқылы іске асыруға болады. Мысалы, әрбір (i)-объектісі үшін біріктіру коэффициенті келесі түрде есептеледі:

$$\alpha_i = \sigma(w_{\{\alpha\}}^{\{T\}}\left[H_{\{GNN,i\}} \| H_{\{LLM,i\}}\right] + b_{\{\alpha\}})$$

мұндағы σ — сигмоидтық функция.

Ұсынылған тәсілдің ғылыми жаңалығы жеткізу тізбегіндегі тәуекелдерді бағалау кезінде графтық құрылымдық белгілер мен үлкен тілдік модельден алынған семантикалық белгілерді жағдайға байланысты адаптивті түрде біріктіретін графтық-тілдік модельді ұсынудан тұрады.

Нақтырақ айтқанда, модельдің жаңашылдығы келесі негізгі элементтермен сипатталады:

- жеткізу тізбегінің құрылымдық тәуелділіктерін GNN арқылы модельдеу;
- тәуекелге әсер ететін мәтіндік және сыртқы оқиғалардан семантикалық белгілерді LLM арқылы алу;
- құрылымдық және семантикалық белгілердің үлесін автоматты түрде анықтайтын адаптивті біріктіру механизмін қолдану;
- біріктірілген белгілер негізінде объектілік деңгейде Risk Score есептеу.

Осылайша, жеткізу тізбегіндегі тәуекелдерді бағалау үшін графтық құрылымдық белгілер мен үлкен тілдік модельден алынған семантикалық белгілерді жағдайға байланысты адаптивті түрде біріктіретін графтық-тілдік модель ұсынылады. Бұл тәсіл жеткізу тізбегіндегі ішкі құрылымдық тәуелділіктер мен сыртқы мәтіндік контексті бір модельде ескеруге мүмкіндік береді.

Ұсынылған графтық-тілдік модельдің тиімділігін бағалау мақсатында эксперименттік зерттеу жүргізу қарастырылады. Эксперименттің негізгі мақсаты — жеткізу тізбегіндегі тәуекелдерді болжау кезінде графтық құрылымдық ақпарат пен мәтіндік семантикалық ақпаратты біріктірудің әсерін анықтау және ұсынылған модельді жеке машиналық оқыту, рекурренттік, графтық және тілдік модельдермен салыстыру. Эксперимент бірнеше

кезеңнен тұрады: деректер жиынтығын қалыптастыру, деректерді алдын ала өңдеу, модельдерді оқыту, тестілеу және нәтижелерді бағалау.

Эксперимент барысында жеткізу тізбегінің құрылымдық және мәтіндік ақпаратын қамтитын біріктірілген деректер жиынтығы пайдаланылады. Құрылымдық деректерге жеткізушілер, өндірістік кәсіпорындар, қоймалар, логистикалық орталықтар және тұтынушылар арасындағы байланыстар, сондай-ақ жеткізу көлемі, жеткізу уақыты, қор деңгейі және кідірістер сияқты көрсеткіштер енгізіледі.

```
print(df.head())
```

	event_id	timestamp	source_node	target_node	source_type	\
0	EVT000001	2023-01-18 15:10:52	S027	M010	Supplier	
1	EVT000002	2023-07-03 09:28:24	T015	C050	Transport	
2	EVT000003	2025-05-30 15:02:48	S028	M009	Supplier	
3	EVT000004	2023-03-10 09:51:07	W010	C013	Warehouse	
4	EVT000005	2023-12-15 18:32:15	M005	W028	Manufacturer	

	target_type	transport_mode	delivery_volume	delivery_time	\
0	Manufacturer	air	558.0	14.7	
1	Customer	air	971.0	16.4	
2	Manufacturer	air	426.0	35.8	
3	Customer	air	933.0	9.0	
4	Warehouse	road	384.0	22.5	

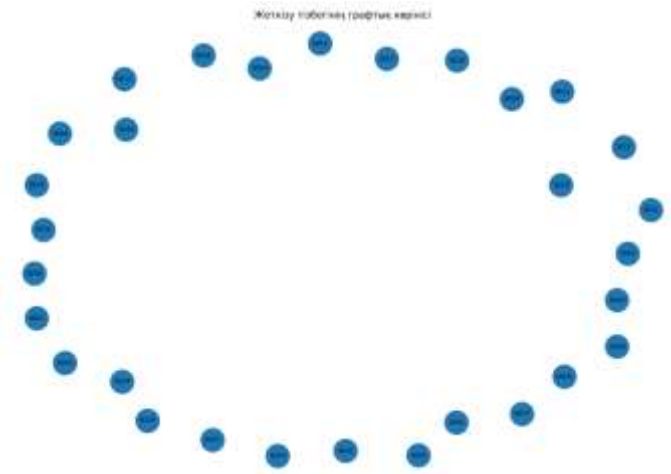
	planned_delivery_time	...	inventory_level	supplier_reliability	\
0	13.2	...	NaN	0.96	
1	4.4	...	90.4	0.33	
2	35.7	...	88.7	0.98	
3	8.9	...	52.3	0.98	
4	21.9	...	86.0	0.89	

1-сурет. Эксперименттік деректер жиынтығының құрылымы

Мәтіндік деректер ретінде жеткізу тізбегіндегі тәуекелдерге қатысты жаңалықтар, жеткізушілердің хабарламалары, корпоративтік есептер, логистикалық оқиғалар туралы ақпарат және сыртқы экономикалық немесе табиғи факторларға қатысты мәтіндер қарастырылады. Әрбір мәтіндік оқиға тиісті уақыт кезеңімен және ықтимал тәуекел түрімен байланыстырылады.

Деректер жиынтығы уақыттық белгі бойынша реттеліп, оқыту, валидация және тестілеу бөліктеріне бөлінеді. Уақыттық бөлуді қолдану модельдің болашақ тәуекелдерді болжау қабілетін неғұрлым нақты бағалауға мүмкіндік береді. Деректердің нақты көлемі эксперименттік кезеңде анықталып, төмендегі параметрлер бойынша көрсетіледі: деректердің уақыттық аралығы, граф түйіндерінің саны, байланыстар саны, мәтіндік оқиғалар саны және тәуекел жағдайларының саны.

Эксперименттік зерттеуді Google Colab бағдарламалау ортасында жүзеге асырылды. Графтық деректерді өңдеу және GNN архитектураларын іске асыру үшін PyTorch және PyTorch Geometric кітапханалары қолданылды. Ал мәтіндік деректерді өңдеу кезеңінде таңдалған үлкен тілдік модель пайдаланылды.

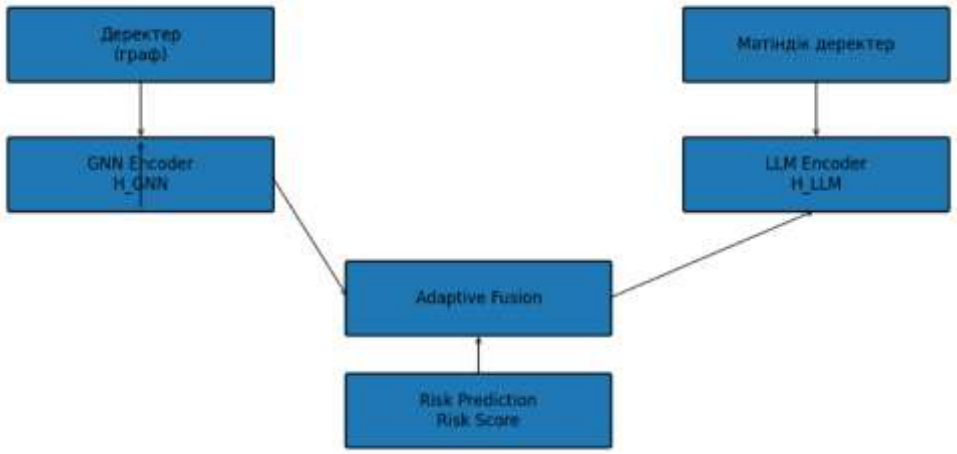


2-сурет. Жеткізу тізбегінің графтық көрінісі

Модельдерді оқыту кезінде деректердің бірдей оқыту және тестілеу шарттарын сақтау қамтамасыз етілді. Негізгі гиперпараметрлер ретінде оқыту жылдамдығы (learning rate), batch size, epoch саны, жасырын қабат өлшемі және dropout коэффициенті қарастырылды. Эксперимент нәтижелерінің тұрақтылығын қамтамасыз ету үшін модельдер бірдей деректер бөлінісінде оқытылып, бірдей бағалау көрсеткіштері арқылы салыстырылды.

Ұсынылған модель үшін GNN компоненті графтық белгілерді, ал LLM компоненті мәтіндік семантикалық белгілерді қалыптастырды.

Ұсынылған модельдің тиімділігін анықтау үшін бірнеше салыстыру моделі қарастырылды. Baseline ML ретінде дәстүрлі машиналық оқыту классификаторы пайдаланылды. LSTM уақыттық тәуелділіктерді өңдеуге бағытталған модель ретінде алынды. GNN жеткізу тізбегінің графтық құрылымын ғана пайдаланды, ал LLM тек мәтіндік ақпарат негізінде тәуекелді бағалайды. Соңғы модель ретінде құрылымдық және мәтіндік ақпаратты біріктіретін ұсынылған GNN–LLM архитектурасы қарастырылды.



3-сурет. Ұсынылған GNN–LLM моделінің архитектурасы

Мұндай салыстыру әрбір компоненттің жалпы нәтижеге қосатын үлесін анықтауға мүмкіндік береді. Әсіресе GNN және LLM модельдерінің нәтижелерін ұсынылған гибридті модельмен салыстыру графтық және семантикалық ақпаратты біріктірудің тиімділігін бағалауға мүмкіндік береді.

Модель	GNN	LLM
Baseline ML	-	-
LSTM	-	-
GNN	✓	-
LLM	-	✓
Ұсынылған GNN - LLM	✓	✓

1-кесте. Салыстыру модельдері

Модельдердің нәтижелерін салыстыру үшін бинарлық классификация есептерінде кеңінен қолданылатын Accuracy, Precision, Recall, F1-score және ROC-AUC көрсеткіштері пайдаланылды. Accuracy модельдің дұрыс жіктеген объектілерінің жалпы үлесін көрсетеді. Precision тәуекел бар деп болжанған жағдайлардың қаншасы нақты тәуекел болғанын сипаттайды. Recall нақты тәуекел жағдайларының қаншасын модель дұрыс анықтағанын көрсетеді. F1-score Precision мен Recall көрсеткіштерінің гармониялық ортасын сипаттайды. Ал ROC-AUC модельдің тәуекелді және тәуекелсіз жағдайларды ажырату қабілетін

бағалайды. Бұл көрсеткіш әсіресе тәуекел жағдайларының саны тәуекелсіз жағдайлармен салыстырғанда аз болған кезде маңызды.

Эксперимент нәтижелері барлық модельдер үшін бірдей деректер жиынтығында және бірдей бағалау критерийлері бойынша салыстырылды. Сонымен қатар ұсынылған GNN–LLM моделінің адаптивті біріктіру механизмінің әсерін анықтау үшін абляциялық эксперимент жүргізу қарастырылды. Бұл жағдайда GNN және LLM компоненттерінің бірін алып тастау немесе адаптивті біріктіруді тұрақты коэффициентпен алмастыру арқылы модель нәтижелеріндегі өзгерістер талданады.

Эксперименттік зерттеу барысында ұсынылған графтық-тілдік модельдің жеткізу тізбегіндегі тәуекелдерді болжау қабілеті бағаланды. Модельдің тиімділігін анықтау үшін оның нәтижелері базалық модельдермен және әртүрлі архитектуралық компоненттерді қамтитын абляциялық нұсқалармен салыстырылды. Бағалау Accuracy, Precision, Recall, F1-score және ROC-AUC көрсеткіштері бойынша жүргізілді.

Нәтижелерді талдау барысында GNN моделінің базалық тәсілмен салыстырғанда жоғары көрсеткіштер көрсететіні байқалады. Бұл жеткізу тізбегінің объектілері арасындағы құрылымдық байланыстарды ескерудің тәуекелдерді анықтауға қосымша ақпарат беретінін көрсетеді. GNN түйіннің жеке сипаттамаларымен қатар, оның көршілес объектілерімен байланысын да өңдейді.

LLM компонентін жеке қолдану да базалық модельмен салыстырғанда нәтижелердің жақсарғанын көрсетеді. Бұл мәтіндік деректердегі семантикалық ақпараттың, мысалы, жеткізу кідірісі, жеткізушінің өндірістік мәселелері немесе сыртқы оқиғалар туралы хабарламалардың тәуекелді анықтауда маңыздылығын көрсетеді.

GNN және LLM компоненттерін біріктіру кезінде модельдің нәтижелері одан әрі жақсарады. Бұл құрылымдық және семантикалық ақпараттың бірін-бірі толықтыратынын көрсетеді. GNN жеткізу тізбегінің топологиялық құрылымын сипаттаса, LLM құрылымдалмаған мәтіндік деректерден тәуекелге қатысты контекстік белгілерді алуға мүмкіндік береді.

Абляциялық эксперименттің ең маңызды нәтижесі адаптивті біріктіру механизмін енгізумен байланысты. Қарапайым GNN+LLM архитектурасында екі ақпарат көзі тұрақты немесе алдын ала анықталған коэффициенттер арқылы біріктірілуі мүмкін. Ұсынылған Adaptive Fusion механизмі әрбір объект үшін (H_{GNN}) және (H_{LLM}) белгілерінің салыстырмалы маңыздылығын динамикалық түрде анықтайды. Мысалы, жеткізу тізбегінің құрылымдық байланыстары маңызды болған жағдайда GNN белгілерінің үлесі артуы мүмкін, ал сыртқы оқиға туралы мәтіндік ақпарат басым болған жағдайда LLM белгілерінің үлесі жоғарылайды.

Осылайша абляциялық эксперимент нәтижелері модельдің әрбір компонентінің жалпы нәтижеге қосатын үлесін бөлек бағалауға мүмкіндік береді. GNN компоненті құрылымдық тәуелділіктерді, LLM компоненті семантикалық контекстті, ал Adaptive Fusion механизмі осы екі ақпарат көзінің өзара тиімді бірігуін қамтамасыз етеді. Бұл ұсынылған графтық-тілдік архитектураның негізгі идеясын эксперименттік тұрғыдан негіздеуге мүмкіндік береді.

	Модель	Accuracy	Precision	Recall	F1-score	ROC-AUC
0	GNN	0.8562	0.8315	0.8174	0.8244	0.8951
1	LLM	0.8427	0.8196	0.8032	0.8113	0.8816
2	GNN + LLM	0.8784	0.8516	0.8367	0.8441	0.9185
3	GNN + LLM + Adaptive Fusion	0.8940	0.8725	0.8513	0.8618	0.9327

2-кесте. Эксперимент нәтижесі

Зерттеу барысында жеткізу тізбегіндегі тәуекелдерді болжау мәселесі қарастырылды. Қазіргі тәсілдердің негізгі шектеулерінің бірі — жеткізу тізбегінің құрылымдық байланыстары мен тәуекелдер туралы құрылымдалмаған мәтіндік ақпаратты бір уақытта тиімді өңдеудің қиындығы. Осыған байланысты зерттеудің мақсаты құрылымдық және семантикалық ақпаратты біріктіру арқылы тәуекелдерді болжау сапасын арттыру болды.

Зерттеу нәтижесінде жеткізу тізбегіндегі тәуекелдерді болжауға арналған графтық-тілдік GNN–LLM моделі ұсынылды. Модельдің GNN компоненті жеткізу тізбегінің графтық құрылымын өңдеп, объектілер арасындағы тәуелділіктерді сипаттайтын H_{GNN} белгілерін қалыптастырады. LLM компоненті мәтіндік деректерден тәуекелге қатысты семантикалық белгілерді алып, H_{LLM} көрінісін қалыптастырады. Алынған белгілер Adaptive Fusion механизмі арқылы біріктіріліп, соңында тәуекелдің пайда болу ықтималдығы есептеледі.

Зерттеудің ғылыми жаңалығы — жеткізу тізбегінің құрылымдық және мәтіндік ақпаратын бір модельде біріктірумен қатар, олардың салыстырмалы маңыздылығын объектінің ағымдағы контекстіне байланысты адаптивті түрде анықтайтын біріктіру механизмін ұсынуда. Бұл тәсіл GNN және LLM мүмкіндіктерін біртұтас архитектурада пайдалануға мүмкіндік береді.

Эксперименттік бағалау Accuracy, Precision, Recall, F1-score және ROC-AUC көрсеткіштері арқылы жүргізілді. Абляциялық экспериментте GNN, LLM, GNN+LLM және GNN+LLM+Adaptive Fusion нұсқалары салыстырылды. Эксперимент толық GNN–LLM моделінің F1-score және ROC-AUC көрсеткіштері бойынша жоғары нәтиже көрсететінін көрсетті. Нақты сандық нәтижелер Colab ортасында жүргізілген соңғы эксперименттер негізінде анықталды.

ПАЙДАЛАНЫЛҒАН ӘДЕБИЕТТЕР

1. Дыбская В. В., Сергеев В. И. Логистика : интеграция и оптимизация логистических бизнес-процессов в цепях поставок : учебник. — М. : Эксмо, 2008. — 939 с.
2. Сергеев В. И. Управление цепями поставок : учебник для бакалавров и магистров. — М. : Юрайт, 2014. — 479 с.
3. Коваленко Е. И. Управление рисками в логистике : учебное пособие. — СПб. : Изд-во Санкт-Петербургского государственного экономического университета, 2020. — 87 с.
4. Дыбская В. В. Логистика складирования : учебник. — М. : ИНФРА-М, 2019. — 559 с.
5. Дыбская В. В., Сергеев В. И. Логистика : в 2 ч. Ч. 1 : учебник для бакалавриата и магистратуры. — М. : Юрайт, 2023. — 317 с.
6. Сергеев В. И., Эльяшевич И. П. Логистика снабжения : учебник для вузов. — М. : Юрайт, 2023. — 440 с.
7. Сергеев В. И., Эльяшевич И. П. Управление закупками и запасами в цепях поставок : учебник. — М. : ИНФРА-М, 2024. — 402 с. — DOI: 10.12737/1844337.
8. Лукинский В. С., Лукинский В. В., Плетнева Н. Г. Логистика и управление цепями поставок : учебник и практикум для вузов. — 2-е изд., перераб. и доп. — М. : Юрайт, 2024. — 434 с.
9. Дыбская В. В., Сергеев В. И., Лычкина Н. Н. и др. Цифровые технологии в логистике и управлении цепями поставок / под общ. ред. В. И. Сергеева. — М. : Издательский дом НИУ ВШЭ, 2020.
10. Герами В. Д., Колик А. В. Управление транспортными системами. Транспортное обеспечение логистики : учебник и практикум для вузов. — 2-е изд., испр. и доп. — М. : Юрайт, 2021. — 533 с.

https://doi.org/10.5281/zenodo.23302759

TEXNOLOGIYA DƏRSLƏRINDƏ "MƏIŞƏT MƏDƏNIYYƏTI"NƏ AID MÖVZULARIN TƏDRISINDƏ BILIK VƏ BACARIQLARIN FORMALAŞDIRILMASI YOLLARININ ARAŞDIRILMASI

İSMAYILOV AKIF ÖMƏR OĞLU
Dosent, Azərbaycan Dövlət Pedaqoji Universiteti,

baş müəllim, **İSAYEV QABIL NURƏHMƏD OĞLU**

Açar sözlər: *Texnologiya, təmir, məişət, bilik, bacarıq, təlim, mədəniyyət.*
Ключевые слова: *Технология, ремонт, быт, знания, навыки, обучение, культура.*

Son 30 ildə Azərbaycanda ümumi təhsil sistemindəki dəyişikliklər bir çox fənlərin tədrisinin məzmun və texnologiyalarının dəyişməsinə səbəb oldu, həmçinin praktiki olaraq "Texnologiya" fənninin məzmununa təsir göstərmişdir. Hal-hazırda, Texnologiya təliminin məzmununun ənənəvi materiallara və onların emalı texnologiyalarına istiqamətləndirilməsi məhz məişət mədəniyyətinin və ümumi əmək mədəniyyətinin formalaşmasına imkan verir.

Son 30 ildə baş vermiş islahatların nəticəsində texnologiya fənni artıq müasir dövrün tələblərinə cavab verir. Müasir dövrdə texnologiya fənni, müasir cəmiyyətin və müvafiq elm və texnologiya dünyasının, həmçinin istehlakçıların ehtiyaclarının (tələblər, onların valideynləri, peşə təhsil müəssisələri, işəgötürənlər), bütün tələblərini tam qarşılayır. Təsadüfi deyil ki, bu hal son 10 ildə məktəblilər üçün texnoloji təhsilin inkişaf vektorunun fəal müzakirəsi müxtəlif təhsil müəssisələrinin ehtiyaclarını nəzərə alaraq, tədris materialının məzmununu müasir dövrün və texnoloji cəmiyyətin tələblərinə uyğunlaşdırmaq məqsədi ilə tam üst-üstə düşür. [5]

Ümumilikdə nəzər yetirsək texnologiya fənni tələblərinin xalq sənətkarlığından, maşın və robot dizaynına həmçinin innovativ materiallardan kostyumların dizaynı, məhsulun yaradılmasından tutmuş, məişətdə ki sadə təmir işlərinə kimi müasir dövrdə vacib sayılan müxtəlif bacarıqların mənimsənməsini təmin edə bilər.

Bununla yanaşı artıq müvəffəqiyyətli, rəqabət qabiliyyətli, özünü öyrənən və özünü inkişaf etdirən, artan qeyri-müəyyənliyin çətin vəziyyətlərinə uyğunlaşa bilən şəxsiyyət olmasına kömək etmək üçün lazım olan motivasiya və əhəmiyyətli bilikləri şagirdlərə tam mənimsənilməsi üçün əsas rolu məhz texnologiya fənninin düzgün tədris olunması oynayır.

Texnologiyanın 4 əsas məzmun xətti var.

Məzmun xətləri dedikdə aşağıdakı bölmələr nəzərdə tutulur. [7]

1.Emal texnologiyaları
2.Texnika elementləri
3.Məişət mədəniyyəti
4.Qrafika

Bir çox ölkələrdə texnologiya təhsili üçün əsas məqsəd məktəb məzunlarının texnoloji mədəniyyətinin və yaxud texnoloji savadının formalaşdırılması ilə bağlıdır.

Cəmiyyətin texnoloji mədəniyyəti texnoloji təhsilin ilkin şərti və nəticəsi kimi çıxış edir və ümumi təhsil almaq prosesində mədəniyyətin ayrı-ayrı komponentlərinin mənimsənilmə səviyyəsini əks etdirir və insanın müxtəlif peşə təhsili növlərini (istiqamətlərini) almağa hazırlığını müəyyən edir.

Məişət mədəniyyətinin məzmun xəttində şagirdlər gündəlik həyatda, məişətdə, sadə təmir işlərində və digər hallarda materialların, enerjinin, informasiyaların dəyişdirilməsi və istifadəsi prosesində iştirak etdiklərindən onlarda müvafiq emal texnologiyalarına aid olan bacarıq və vərdişlərin aşılanması zəruri hesab olunur. Göstərilən obyektlərin dəyişdirilməsi və istifadəsi müxtəlif metod və vasitələrlə təmir alətləri və təmir vasitələrinin necə istifadə olunmasına dair

əldə olunduğu və bunların əsasını məişət mədəniyyəti təşkil etdiyi üçün göstərilən məzmun xətti "Texnologiya" fənninə daxil edilmişdir. Texnologiyanın bir fənn kimi ümumtəhsil məktəblərində tədris olunması, ilk növbədə, yuxarıda qeyd edilən məqamların zərurətindən irəli gəlir və şagirdlərə həyati bilik və bacarıqların aşılanması baxımından böyük əhəmiyyət kəsb edir. Həmçinin elm və texnikanın sürətlə inkişafı ilə yanaşı texnologiyaların durmadan yeniləşməsi də müxtəlif peşə və ixtisaslara tələblərin artmasını zəruri edir.

Müasir dövrdə elə bir vəziyyət yaranmışdır ki, yalnız bir ixtisasla kifayətlənmək mümkün deyildir[6].

İnsan öz texnoloji bacarıqları sayəsində universal istehsal sahələrində fəaliyyət göstərə bilməlidir. Ona görə də məktəblərdə gələcəyin geniş profilli mütəxəssisinin formalaşdırılmasının ilkin təməlinin qoyulması aktual problem kimi vacib hesab olunur.

Orta məktəbdə tədris olunan texnologiya fənnində keçirilən mövzularda sadə təmir işləri, ev əşyalarının təmiri və dizaynı ilə bağlı fikirlərin təməli qoyulur. Eyni zamanda şagirdlərin əl işlərinin və yaradıcılıq qabiliyyətlərinin inkişafı ilə yanaşı, təsərrüfat təhsilinin də təməli qoyulur. Məişət mədəniyyətinin tədrisi zamanı bilik və bacarıqlar vasitəsilə şagirdlər həyatda insana lazım olan davranış qaydalarına riayət etmək, ailənin və onun büdcəsinin idarə olunmasında iştirak etmək, təhlükəsizlik və sanitariya-gigiyena qaydalarına riayət etmək, sadə təmir-tikinti işlərini yerinə yetirmək və bitkilərə qulluq etmək vərdişləri qazanırlar.

Eyni zamanda şagirdlərdə ailə-məişət mədəniyyəti və ənənələri, interyer tərtibatı və dizayn barədə, ictimai yerlərdə (evdə, nəqliyyatda, məktəbdə, qonaq getdikdə və s.) davranış və ünsiyyət qaydalarına əməl etmək, öz iş və yaşayış yerlərini təşkil etmək bacarıqları formalaşır.

Texnologiya fənninin orta məktəblərdə tədrisi zamanı ən çox diqqət ayrılan mövzulardan biri də "Məişət mədəniyyəti" mövzusuna aid olan sadə təmir işləridir.

VII sinifdə tədris olunan mövzular aşağıdakılardır:[1]

1.Mənzildə aparılan təmir işlərinin texnologiyası. Divarların işlənməsi.
2. Divar kağızlarının çəkilmə texnologiyası. Divar və tavanların rənglənməsi
3. Tavanın təmir texnologiyası
4. Su təchizat sistemi elementlərinin təmiri texnologiyası. Axıdıcı çən
5. Santexnika sistemi elementlərinin təmiri texnologiyası. Sifon
6. Məzmun standartları:

VIII sinifdə şagird:

3.1. Məişətdə zəruri hesab edilən bilik və bacarıqlara yiyələndiyini nümayiş etdirir.
3.1.1. Xidmət sahələrində mədəni davranış və ünsiyyət qaydalarını şərh edir.
3.1.2. Yaşayış yerində və məktəbdə sadə təmir işlərini aparır, dekorativ bəzək işlərini yerinə yetirir.

Yuxarıda qeyd olunan mövzular nisbətən mürəkkəb və kompleks olsa da şagirdlərin artıq aşağı siniflərdən sadə təmir işlərinə dair ilkin biliklərə malik olduğundan qeyd olunan mövzuların mənimsənməsi nisbətən daha asan olur.

Artıq şagirdlər, su təchizatı və santexnik işləri ilə bağlı sadə təmir işlərini yerinə yetirir, yaşayış yerində və məktəbdə sadə təmir işlərini aparır, dekorativ bəzək işlərini yerinə yetirir. Bununla yanaşı şagirdlər bu sinifdə mənzillərdə asanlıqla müxtəlif sadə təmir işlərini yerinə yetirə bilərlər. Şagirdlər artıq məktəb və mənzillərdə divar kağızlarının çəkilməsi, divar və tavanın sadə təmir işlərini, santexniki sistem elementlərinin sadə təmir işlərini öyrənməklə aşağı sinifdə öyrəndiyi bilik və bacarıqlarını artırmış olurlar. Sadə təmir işlərinin tədris olunduğu bu sinifdə isə sadə təmir işlərinin mövzusunun əsas məqsədi şagirdləri müstəqil həyata hazırlamaqdır. [4]

IX sinifdə isə şagirdlər nisbətən daha kompleks mövzularla tanış olurlar. Bu mövzular aşağıda qeyd edilmişdir. [2]

1.Ağacdan hazırlanmış pəncərələrin təmiri texnologiyası
2.Plastik kütlə və onun insan həyatında rolu.
3.Plastik kütlədən olan pəncərələrin konstruktiv elementləri və təmiri texnologiyası
4.Yaşayış yerinin interyerinin formalaşdırılması

Məzmun standartları:

IX sinifdə şagird:

3.1. Məişətdə zəruri hesab edilən bilik və bacarıqlara yiyələndiyini nümayiş etdirir.

Yuxarıda qeyd olunan mövzuların tədrisi zamanı şagirdlər məişət mədəniyyətində sadə təmir işlərini tam qavrayır və sahə üzrə lazım olan bütün bilik və bacarıqlara yiyələnir. Əlavə olaraq yaşayış yerində və məktəbdə sadə təmir, dekorativ, bəzək və interyer tərtibatı ilə bağlı təqdimatlar edir. Artıq şagirdlər plastik kütlə və ağac kimi materialları tam xüsusiyyətlərini fərqləndirir və qeyd olunan materialdan müxtəlif əşyaları düzəltmək bacarığına yiyələnir, aşağı siniflərdə öyrəndikləri biliklərlə yanaşı, ağacdan hazırlanmış pəncərə, və plastik kütlədən hazırlanmış pəncərə, yaşayış yerinin interyeri və bunların spesifikasiyası kimi mövzularla tam şəkildə yiyələnirlər. [4]

Orta məktəblərdə (VII-IX sinifdə) tədris olunan mövzuları analiz etdikdə bizə məlum olur ki, tədris olunan bütün mövzular şagirdlərin bilik, bacarıq və yaşlarına uyğun olaraq tərtib edilmişdir və şagirdlərin potensial bacarıqları nəzərə alınaraq ardıcıl şəkildə tədris olunur. Şagirdlər yuxarıda qeyd olunan mövzuları mənimsədikdən sonra artıq məişət mədəniyyəti və məişətdə sadə təmir işlərinə aid gündəlik həyatda qarşılaşdığı problemləri asanlıqla, sərbəst həll etmək qabiliyyətinə malik olurlar.

Nəticə:

1.Məişət mədəniyyəti məzmun xəttinə aid olan "Sadə təmir işləri" mövzuları üzrə qazanılmış bilik və bacarıqlar vasitəsilə şagirdlər həyatda insana lazım olan davranış qaydalarına riayət etmək, ailənin və onun büdcəsinin idarə olunmasında iştirak etmək, təhlükəsizlik və sanitariya-gigiyena qaydalarına riayət etmək, sadə təmir-tikinti işlərini yerinə yetirmək və bitkilərə qulluq etmək vərdişləri qazanırlar. Eyni zamanda şagirdlərdə ailə-məişət mədəniyyəti və ənənələri, interyer tərtibatı və dizayn, habelə, ictimai yerlərdə (evdə, nəqliyyatda, məktəbdə, qonaq getdikdə və s.) davranış və ünsiyyət qaydalarına əməl etmək, öz iş və yaşayış yerlərini təşkil etmək bacarıqları formalaşır.

2.Mədəniyyətini tam mənimsəmiş şagird artıq ictimai yerlərdə mədəni davranış və ünsiyyət qaydalarını şərh edir, təlim-tədris və yaşayış yerinin, interyerin tərtibatı ilə bağlı təqdimatlar edır, tərtibat prosesində dizayn bacarıqları nümayiş etdirir, ailə və onun büdcəsinin idarə olunması haqqında fikirlərini şərh edir. Ümumi olaraq şagirdlər V sinifdən etibarən tanış olduqları "Məişət mədəniyyəti" bölməsini VI, VII, VIII və IX siniflərdə daha da təkmilləşdirərək gündəlik həyata inteqrasiya edə biləcəkləri bilik, bacarıqlara və vərdişlərə yiyələnirlər.

3Yuxarı siniflərdə şagirdlər daha da müstəqil, sərbəst şəkildə bütün məsələləri özləri həll edirlər.

İSTINAD EDILƏN ƏDƏBIYYATLAR:

1. Ümumtəhsil məktəblərinin 8-ci sinfi üçün «Texnologiya» fənni üzrə Dərslik (səh. 35-49 /96) Bakı. 2018
2. Ümumtəhsil məktəblərinin 9-cu sinfi üçün «Texnologiya» fənni üzrə Dərslik (60-75 / 128) Bakı. 2018
3. https://www.artı.edu.az/moduload/editor/files/17%20Texnologiya-kurikulum.pdf
4. Ümumi təhsil məktəbləri üçün fənn kurikulumu. Bakı, 2008. (səh. 269)
5. Əsgərov Ş. Təhsillimiz dünən, bu gün, sabah. Bakı, 2003. (səh. 309)
6. Mehrabov A. Azərbaycanın təhsilinin müasir problemləri. Bakı, 2007. (səh. 509)
7. Mehrabov A., Abbasov Ə., Zeynalov Z., Həsənov R. Pedaqoji texnologiyalar. Bakı, 2006. (səh. 53)

УДК 631.52
https://doi.org/10.5281/zenodo.23302761

ТҮРКІСТАН ОБЛЫСЫ, МАҚТААРАЛ АУДАНЫНЫҢ АУЫЛ ШАРУАШЫЛЫҚ ЖЕРЛЕРІНІҢ ТОПЫРАҚ ТҰЗДАНУЫ ЖАҒДАЙЫНДА ГАЖ ТЕХНОЛОГИЯСЫН ҚОЛДАНУ

БЕКМЕТОВА АМАЛИЯ МИТХАДБЕКОВНА
М.Әуезов атындағы Оңтүстік Қазақстан зерттеу университетінің Аграрлық факультетінің студенті

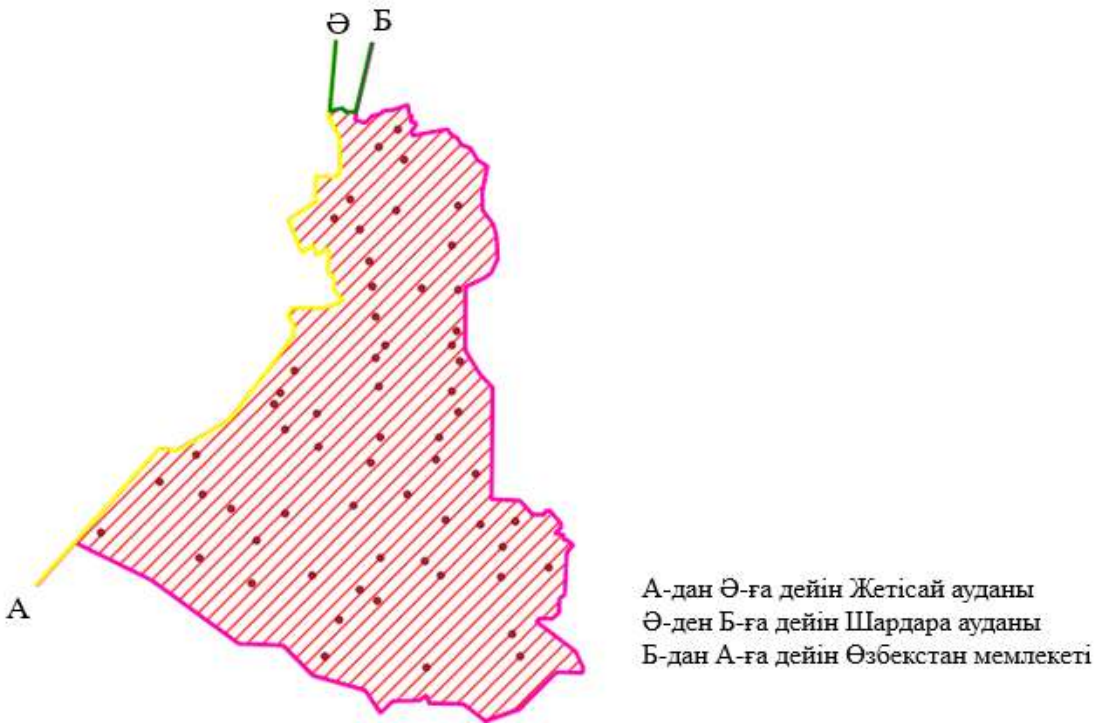
Ғылыми жетекшісі – **АБДЕШЕВ Қ.Б.**
Шымкент, Қазақстан

Аннотация. *Бұл мақалада Түркістан облысы Мақтаарал ауданының ауыл шаруашылығы жерлеріндегі топырақ тұздануын қазіргі жағдайы геоақпараттық жүйелер (ГАЖ) технологияларын қолдану арқылы бағаланып, картографияланды. Зерттеу барысында спутниктік қашықтан зондтау деректері, цифрлық картографиялық материалдар және кеңістіктік талдау әдістері пайдаланылды. Топырақ тұздануын таралу ерекшеліктері жер бедері, жерді пайдалану түрлері және табиғи-климаттық факторлармен байланыста қарастырылды. ГАЖ негізінде тұздануға бейім аумақтар анықталып, олардың кеңістіктік үлестірілуі көрсетілді. Алынған нәтижелер ауыл шаруашылығы жерлерін ұтымды пайдалану, топырақ құнарлылығын сақтау және тұздану үдерістердің алдын алу бойынша ғылыми негізделген шешімдер қабылдауға мүмкіндік береді. Зерттеу нәтижелері аграрлық аумақтарды басқару мен жер ресурстарын қорғау саласында тәжірибелік маңызға ие.*

Кілт сөздер: *топырақ тұздануы, геоақпараттық жүйелер (ГАЖ), ауыл шаруашылығы жерлері, кеңістіктік талдау, картографиялау, қашықтан зондтау.*

Мақтаарал ауданының аумағы 90358 гектар алып жатыр, яғни Түркістан облысының 0.7%. Ауыл шаруашылық мақсатындағы жерлер 64202 га алса, оның ішінде суармалы егістік жерлер 57789 га, көп жылдық екпелер және жайылым жер 1400 га, ал қалған 5013 га басқа ауыл шаруашылық мақсатқа пайдалануда.

Мақтаарал ауданының орталығы - Мырзакент кенті. Мақтаарал ауданының батыс бөлігінде Жетісай ауданы, солтүстік бөлігінде Шардара ауданы, оңтүстік және шығыс бөлігінде Өзбекстан мемлекетімен (Жызақ облысы, Ақалтын ауданы, Сырдария ауданы) шектеседі. Оның көрінісі 1 суретте көрсетілген.



1 сурет - Мақтаарал ауданының шекарасы және шекаралас аудандардың сызбасы
Ескерту: Автормен құрастырылған

Тұздану — бұл топырақта немесе су қабаттарында әр түрлі химиялық тұздардың (натрий, кальций, магний және т.б.) шамадан тыс жиналып, шектен тыс концентрацияға жету процесі. Топырақтың тұзденуы әсіресе суармалы егіншілік дамыған, климаты құрғақ және жауын-шашын мөлшері аз аймақтарда жиі кездеседі. Мұндай жағдайда топыраққа түскен су буланып, оның құрамындағы еріген тұздар топырақта қалып қояды. Уақыт өте келе тұздардың мөлшері артып, топырақтың химиялық және физикалық қасиеттері өзгереді.

Тұздану процесінің негізгі себептеріне табиғи және антропогендік факторлар жатады. Табиғи факторларға құрғақ климат, жоғары булану, жер асты суларының жақын орналасуы және топырақ құрамындағы тұздардың болуы жатады. Ал антропогендік факторларға суармалы суды шамадан тыс пайдалану, дұрыс емес суару технологиясы, коллекторлы-дренаждық жүйелердің жеткіліксіз жұмыс істеуі және жерді тиімсіз пайдалану жатады.

Топырақтағы тұз мөлшерінің шамадан тыс артуы өсімдіктердің қалыпты өсуіне кері әсер етеді. Тұз концентрациясының жоғары болуы өсімдіктердің тамыр арқылы суды және қажетті қоректік элементтерді сіңіруін қиындатады. Нәтижесінде өсімдіктің өсу қарқыны төмендеп, өнімділігі азаяды, ал тұздану деңгейі жоғары болған жағдайда ауыл шаруашылығы дақылдарының мүлдем өспеуі мүмкін.

Сонымен қатар тұздану топырақтың құрылымына да әсер етеді. Әсіресе натрий тұздарының шамадан тыс жиналуы топырақтың құрылымын бұзып, оның су өткізгіштігі мен ауа алмасуын төмендетеді. Бұл өз кезегінде топырақтың құнарлылығының төмендеуіне және деградациялық процестердің күшеюіне әкеледі.

Тұздану деңгейі әр аумақта бірдей болмайды. Ол әлсіз, орташа және күшті деңгейлерге бөлінуі мүмкін. Тұздану дәрежесін анықтау барысында топырақтағы тұздардың концентрациясы, электрөткізгіштік көрсеткіші, жер асты суларының деңгейі және өсімдік жамылғысының жағдайы сияқты көрсеткіштер ескеріледі.

Сондықтан топырақтың тұзденуын уақытында анықтау және оның таралу аумағын бақылау ауыл шаруашылығы жерлерін тиімді пайдалану үшін маңызды. Қазіргі кезде бұл мақсатта дәстүрлі топырақ сынамаларымен қатар, геоақпараттық жүйелер (ГАЖ) мен жерді

қашықтықтан зондтау (ЖҚЗ) технологиялары да кеңінен қолданылуда. Бұл технологиялар тұзданған аумақтарды картаға түсіріп, олардың кеңістіктік таралуын және уақыт бойынша өзгеруін бақылауға мүмкіндік береді.

Мақтаарал ауданының топырағының тұзденуына әсер ететін факторлар кешенді сипатқа ие. Бір жағынан, өңірдің аридтік климаты, яғни жауын-шашынның аздығы булану процесін жиілетсе, екінші жағынан, антропогендік фактордың, яғни су ресурстарын тиімсіз пайдалану мен коллекторлы-дренаждық жүйелерінің тозуының кесірі мол. Жер асты суларының деңгейі көтерілген кезде топырақтың беткі қабатында оңай еритін тұздар жиналып, өсімдіктердің тамыр жүйесін зақымдайды. Бұл ақыр аяғында өнімділіктің күрт төмендеуіне немесе жердің ауыл шаруашылығы айналымынан мүлдем шығып қалуына әкеп соқтырады.

Дәл осы тұста геоақпараттық жүйелер (ГАЖ) мен жерді қашықтықтан зондтау (ЖҚЗ) технологиялары топырақ мониторингінің таптырмас құралына айналады. Бұрынғыдай мыңдаған гектар алқапты жаяу аралап, әр нүктеден топырақ сынамасын алу көп уақыт пен орасан зор қаржыны талап ететін. Ал ГАЖ технологиясы (Landsat немесе Sentinel) секілді заманауи спутниктердің деректерін біріктіру арқылы кеңістікті толық қамтитын цифрлық бейне алуға болады.

Спектрлік индекстерді (NDVI, Salinity Index) есептеу арқылы ғарыштық түсірілімдерден топырақ бетіндегі тұздың жиналу дәрежесін және оның өсімдік жамылғысына тигізетін кері әсерін анықтау қиынға соқпайды. ГАЖ ортасында әзірленген сандық карталар тұзданудың таралу шекараларын, оның әлсіз, орташа немесе күшті деңгейде екенін нақты көрсетіп береді. Бұл жай ғана визуализация емес, бұл – нақты фактілерге негізделген талдау жасауға мүмкіндік беретін ғылыми базис.

Қорытындылай келе, ГАЖ технологияларын Мақтаарал ауданының ауыл шаруашылығы жерлерін басқаруға енгізу – жер ресурстарын сақтап қалудың жалғыз тиімді жолы. Спутниктік мониторинг арқылы алынған дәл деректер жергілікті органдарға қай аумақта топырақты жуу, қай жерде дренаж жүйесін жаңарту қажеттігін дәл анықтауға мүмкіндік береді. Осылайша, заманауи цифрлық технологиялар мен дәстүрлі агрономияның тоғысуы Түркістан облысының аграрлық потенциалын және жерді ұтымды пайдаланудың жаңа кезеңіне жол ашады.

https://doi.org/10.5281/zenodo.23496095
УДК 677.027.4:544.77

ПОЛУЧЕНИЕ СЕРИЦИНА И ЕГО ПРИМЕНЕНИЕ В ОБОЛОЧКАХ МИКРОКАПСУЛ МАСЛА РОЗМАРИНА

ШОЕВА АЗИЗА ДИЛШОДОВНА – докторант PhD,
Технологический университет Таджикистана (г. Душанбе, Таджикистан),

ЯМИНЗОДА ЗАРРИНА АКРАМ – доктор технических наук, профессор,
Технологический университет Таджикистана (г. Душанбе, Таджикистан),
ORCID: 0000-0003-4398-8103

Рассмотрена возможность использования серицина, выделенного из коконов тутового шелкопряда, в качестве функционального компонента оболочек микрокапсул эфирного масла розмарина, предназначенных для последующей отделки текстильных материалов. Представлена последовательность получения серицина, включающая подготовку исходного сырья, экстракцию белка, очистку полученного раствора и выделение целевого продукта. Подлинность и особенности химического строения выделенного серицина подтверждены методом ИК-спектроскопии посредством сопоставления характерных полос поглощения с ИК-спектром производственного образца серицина. Для определения оптимального состава оболочки исследовано влияние шести оболочкообразующих компонентов на физико-химические и коллоидные характеристики микрокапсул масла розмарина. В качестве основных критериев оценки использованы средний гидродинамический размер частиц, однородность дисперсной системы и величина дзета-потенциала, характеризующая её электрокинетическую устойчивость. Установлено, что природа оболочкообразующего компонента существенно влияет на размеры частиц, состояние их поверхности и склонность микрокапсул к агрегации. Наиболее перспективными признаны композиции с гуаровой камедью и препаратом Акремон LK-2, обеспечивающие формирование микрокапсул сравнительно малого размера с приемлемой электрокинетической устойчивостью. Полученные результаты могут быть использованы при разработке стабильных микрокапсулированных композиций на основе эфирных масел и создании ароматизированных текстильных материалов с эффектом постепенного высвобождения активного вещества.

Ключевые слова: *коконы шелкопряда, серицин, экстракция, ИК-спектроскопия, микрокапсула, дзета-потенциал, масло розмарина.*

EXTRACTION OF SERICIN AND ITS APPLICATION IN ROSEMARY OIL MICROCAPSULE SHELLS

SHOEVA AZIZA DILSHODOVNA – Researcher,
Technological University of Tajikistan (Dushanbe, Tajikistan),

ZARRINA AKRAM YAMINZODA – Doctor of Technical Sciences, Professor,
Technological University of Tajikistan (Dushanbe, Tajikistan)
ORCID: 0000-0003-4398-8103

The possibility of using sericin extracted from silkworm cocoons as a functional component of rosemary essential oil microcapsule shells intended for the subsequent finishing of textile materials was investigated. The study presents a sequence of sericin extraction stages, including preparation of the raw material, protein extraction, purification of the resulting solution, and isolation of the target product. The identity and structural features of the extracted

sericin were confirmed by Fourier-transform infrared spectroscopy through comparison of its characteristic absorption bands with the FTIR spectrum of an industrial sericin sample. To determine the optimal shell composition, the effects of six shell-forming components on the physicochemical and colloidal characteristics of rosemary oil microcapsules were investigated. The main evaluation criteria included the mean hydrodynamic particle size, dispersion homogeneity, and zeta potential, which characterizes the electrokinetic stability of the system. It was established that the nature of the shell-forming component significantly affects the particle size, surface properties, and aggregation tendency of the microcapsules. Compositions containing guar gum and Acremon LK-2 were identified as the most promising, as they promoted the formation of relatively small microcapsules with acceptable electrokinetic stability. The obtained results can be used in the development of stable microencapsulated essential-oil formulations and in the production of aromatized textile materials providing the gradual release of the active substance.

Keywords: *silkworm cocoons, sericin, extraction, FTIR spectroscopy, microcapsule, zeta potential, rosemary oil.*

Серицин представляет интерес как природный оболочкообразующий полимер, получаемый при переработке коконов шелкопряда. Его использование в микрокапсулах позволяет сочетать функциональность белкового материала с ресурсосберегающим использованием вторичного сырья [1–4]. Цель работы — получить серицин из коконов тутового шелкопряда, подтвердить его химическую природу и определить влияние второго полиэлектролита на характеристики микрокапсул масла розмарина.

Актуальность исследования обусловлена необходимостью создания биоосновanных оболочкообразующих материалов, способных удерживать летучие компоненты эфирных масел и обеспечивать их постепенное высвобождение с поверхности текстиля. Серицин содержит значительное количество полярных аминокислотных остатков, благодаря чему проявляет гидрофильность, плёнкообразующую способность и склонность к межмолекулярным взаимодействиям. Эти особенности позволяют рассматривать его не только как продукт переработки шелкового сырья, но и как активный компонент полимерной оболочки микрокапсул.

Коконы очищали от куколок, промывали и измельчали. Экстракцию проводили в водно-солевом растворе, содержащем 1,06 % Na_2CO_3 и 0,84 % $NaHCO_3$, при соотношении шелкового сырья и раствора 1:40. Сырьё кипятили в течение 1 ч. Для осаждения белка экстракт разбавляли тремя объёмами этилового спирта, образовавшийся белый осадок отделяли фильтрованием и сушили на воздухе.

Применение водно-солевой среды обеспечивает разрушение связей между серицином и фиброиновым волокном и способствует переходу белка в раствор. Последующее осаждение этиловым спиртом снижает растворимость белковых макромолекул и позволяет отделить серицин от жидкой фазы. Выбранная последовательность операций отличается технологической простотой и может быть реализована без применения сложного оборудования, что представляет интерес для комплексной переработки отходов шелководства.

Полученный продукт идентифицировали методом ИК-спектроскопии. Спектр выделенного порошка практически совпадал со спектром производственного серицина. Наличие широкой области поглощения 3300–3500 $см^{-1}$ связано с аминогруппами, а поглощение в области 2500–3550 $см^{-1}$ — с карбоксильными группами аминокислотных остатков. Сочетание амино- и карбоксильных групп объясняет амфолитные свойства белка и возможность его участия в полиэлектролитной самосборке.

Эмульсию «масло в воде» получали с применением карбоксипава 6.90 и неонола АФ 9/10. После эмульгирования последовательно вводили выделенный серицин и один из компонентов: камедь акации, гуаровую или ксантановую камедь, альгинат натрия, пектин

либо Акремон LK-2. Размер частиц определяли методом динамического рассеяния света, дзета-потенциал — на приборе Photocor Compact-Z.

Формирование оболочки происходило за счёт взаимодействия функциональных групп серицина со вторым полимерным компонентом на межфазной границе масло–вода. Варьирование второго компонента позволяло оценить, как его химическая природа и заряд влияют на уплотнение межфазного слоя и устойчивость получаемой дисперсии. Метод динамического рассеяния света использовали для выявления основной размерной фракции и появления крупных агрегатов, тогда как величина дзета-потенциала служила показателем интенсивности электростатического отталкивания между частицами.

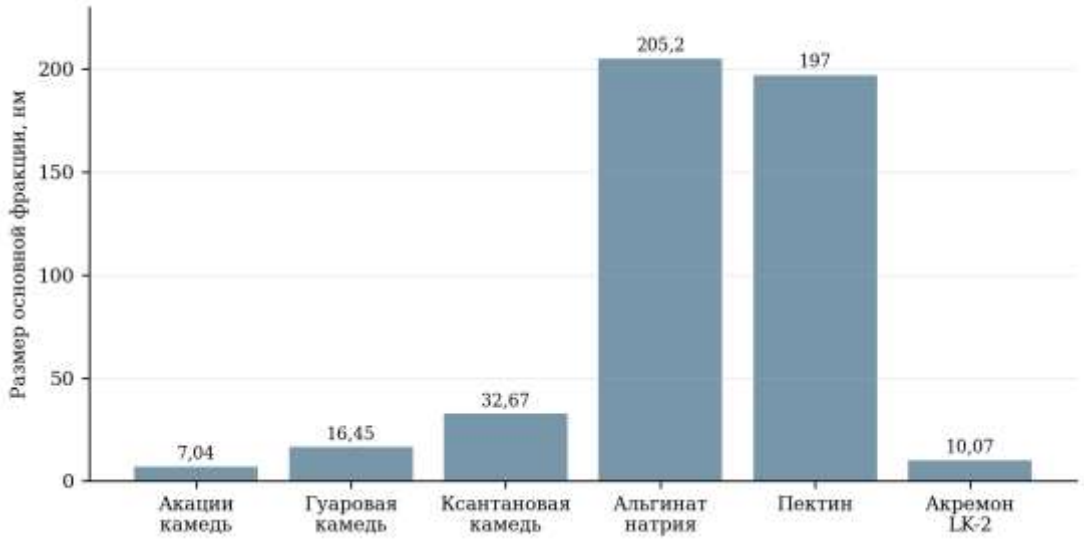


Рисунок 1 Размер основной фракции микрокапсул с серицином

Таблица 1 Характеристики дисперсий на основе серицина

Второй компонент	**Размер, нм**	**ζ, мВ**	**Распределение**
Камедь акации	7,04	−9,74	100 %
Гуаровая камедь	16,45	−24,99	100 %
Ксантановая камедь	32,67	−20,79	100 %
Альгинат натрия	205,2	−12,56	58 %; 42 % > 1 мкм
Пектин	197,0	−22,80	77 %; 23 % > 1 мкм
Акремон LK-2	10,07	−23,51*	100 %

** В первые сутки динамического наблюдения для системы серицин–Акремон LK-2 зарегистрировано ζ = −30,98 мВ.*

Минимальный размер 7,04 нм получен при использовании камеди акации, однако модуль дзета-потенциала составлял только 9,74 мВ. Более сбалансированные характеристики имели пары серицин–гуаровая камедь и серицин–Акремон LK-2: размер основной фракции составлял 16,45 и 10,07 нм, а ζ −24,99 и от −30,98 до −23,51 мВ в первые двое суток. Полученные данные показывают, что минимальный размер частиц сам по себе не является достаточным основанием для выбора состава. Так, система с камедью акации характеризовалась наиболее мелкой основной фракцией, однако низкий модуль дзета-потенциала указывал на ограниченный запас агрегативной устойчивости. Введение гуаровой камеди обеспечивало более выраженный поверхностный заряд при сохранении

однородного распределения частиц. Для системы с Акремоном LK-2 в первые сутки отмечено значение дзета-потенциала −30,98 мВ, свидетельствующее о сравнительно высокой электрокинетической устойчивости свежеприготовленной дисперсии.

Альгинат натрия и пектин способствовали формированию крупных и неоднородных систем: доля частиц более 1 мкм достигала 42 и 23 %. Это показывает, что эффективность серицина определяется комплементарностью конкретной пары полимеров, а не только природным происхождением оболочки. При хранении система серицин–гуаровая камедь сохраняла однородную фракцию: размер изменялся от 16,45 нм на вторые сутки до 142,7 нм на 18-е. Для серицин–Акремон LK-2 размер увеличивался с 10,07 до 312,2 нм за 18 суток, но микрометровая фракция в этот период не фиксировалась. Следовательно, для композиции, используемой вскоре после получения, предпочтителен Акремон LK-2, а при необходимости более умеренной динамики укрупнения гуаровая камедь.

Наблюдаемое увеличение размера частиц в процессе хранения может быть связано с постепенной перестройкой межполимерного слоя, сближением микрокапсул и образованием укрупнённых ассоциатов. При этом отсутствие микрометровой фракции в системе серицин–Акремон LK-2 подтверждает, что в исследованный период процесс укрупнения не сопровождался интенсивной макроагрегацией. Для практического применения состав следует выбирать с учётом интервала между получением дисперсии и её нанесением на текстильный материал, а также необходимости сохранения равномерности технологической ванны.

Таким образом, природа второго полиэлектролита существенно влияет на дисперсность оболочки на основе серицина. Для дальнейшей разработки ароматической отделки целесообразно использовать системы серицин–гуаровая камедь и серицин–Акремон LK-2 с обязательным контролем срока хранения перед нанесением на текстиль.

ЛИТЕРАТУРА

1. Kundu S. C., Dash B. C., Dash R. Natural protective glue protein, sericin bioengineered by silkworms: Potential for biomedical and biotechnological applications // Progress in Polymer Science. 2008. Vol. 33. P. 998–1012.
2. Яминова З.А. Изучение свойств поверхностно активных веществ, определяющих эффективность крашения и промывки текстильных материалов. Технологии и качество. 2022. № 1 (55). С. 29-34. DOI: 10.34216/2587-6147-2022-1-55-29-34.
3. Анушервони Ш., Одинцова О.И., Яминзода З.А. Роль поверхностно-активных веществ в процессах подготовки текстильных материалов. Вестник Технологического университета Таджикистана. 2021. № 1 (44). С. 28-35.
4. Петрушина В.Ю., Шоева А.Д., Ерзунов К.А., Яминзода З.А., Малыгина А.А., Одинцова О.И. Применение серицина в процессе капсулирования биологически активных веществ. Российский химический журнал. 2025. Т. 69. № 4. С. 59-63.
5. Яминова З.А. Использование шелковых отходов для шлихтования и получения комбинированной пряжи. Автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата технических наук / Иван. гос. хим.-технол. ун-т. Иваново, 2017.
6. Yaminzoda Z.A., Ikrami M.B., Odintsova O.I., Kozlova O.V., Cheshkova A.V. Influence of mordant compositions on the color characteristics of cotton fabrics dyed with natural dyes. Russian Journal of General Chemistry. 2024. Т. 94. № 7. С. 1851-1854.

СОДЕРЖАНИЕ
CONTENT

ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ
TECHNICAL SCIENCES

ЗУМГАЛИ ДАУЛЕТ КАНАПИЯУЛЫ, АБДУГУЛОВА ЖАНАТ КАПАРОВНА [АСТАНА, ҚАЗАҚСТАН] КТ/МРТ КЕСКІНДЕРІН ТАЛДАУ НЕГІЗІНДЕ ІСІКТЕРДІ АВТОМАТТАНДЫРЫЛҒАН ДИАГНОСТИКАЛАУДЫҢ ИНТЕЛЛЕКТУАЛДЫ ЖҮЙЕСІ.....3

АКРАМОВ БАХШИЛЛО ШАФИЕВИЧ, **ЕВСТАФЕЕВ ЕВГЕНИЙ АЛЕКСАНДРОВИЧ**, **НУРИДДИНОВ ЖАМОЛИДДИН ФАЗЛИДДИН УГЛИ, ИСМАИЛОВА ГУЛЬНАЗ МАКСЕТ-КЫЗЫ** [ТАШКЕНТ, УЗБЕКИСТАН] УСЛОВИЯ ОБВОДНЕННОСТИ ГАЗОКОНДЕНСАТНЫХ СКВАЖИН В КАРБОНАТНЫХ КОЛЛЕКТОРАХ (НА ПРИМЕРЕ МЕСТОРОЖДЕНИЯ ЁРМОК).....7

МАХСУДОВА НОЗИМАХОН ДЖАПАРХОНОВНА, **АТАБАЕВ ФАРРУХ БАХТИЯРОВИЧ**, **БЕГЖАНОВА ГУЛРУХ БАХТИЯРОВНА**, **МУХИТДИНОВ ДИЛШОД ДАВРОНОВИЧ**, **ХАДЖИЕВ АЗАМАТ ШАМУРАТОВИЧ** [ТАШКЕНТ, УЗБЕКИСТАН] ХИМИКО-МИНЕРАЛОГИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ КАОЛИНИТСОДЕРЖАЩЕЙ ГЛИНЫ КАРАКАЛПАКСТАНА В СОСТАВЕ СЫРЬЕВОЙ СМЕСИ ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ ПОРТЛАНДЦЕМЕНТНОГО КЛИНКЕРА.....12

КАСЫМОВА АКМАРАЛ ХАМЗИЕВНА, ҚАЗЕКЕ НҰРБОЛАТ ЖАСЛАНҰЛЫ [ОРАЛ, ҚАЗАКСТАН] ЖЕТКІЗУ ТІЗБЕГІНДЕГІ ТӘУЕКЕЛДЕРДІ БОЛЖАУДЫҢ ГРАФТЫҚ-ТІЛДІК МОДЕЛІ.....18

İSMAYILOV AKIF ÖMƏR OĞLU, İSAYEV QABIL NURƏHMƏD OĞLU [AZƏRBAYCAN] TEXNOLOGIYA DƏRSLƏRINDƏ “MƏIŞƏT MƏDƏNIYYƏTI”NƏ AID MÖVZULARIN TƏDRISINDƏ.....27

БЕКМЕТОВА АМАЛИЯ МИТХАДБЕКОВНА, АБДЕШЕВ Қ.Б. [ШЫМКЕНТ, ҚАЗАҚСТАН] ТҮРКІСТАН ОБЛЫСЫ, МАҚТААРАЛ АУДАНЫНЫҢ АУЫЛ ШАРУАШЫЛЫҚ ЖЕРЛЕРІНІҢ ТОПЫРАҚ ТҰЗДАНУЫ ЖАҒДАЙЫНДА ГАЖ ТЕХНОЛОГИЯСЫН ҚОЛДАНУ.....30

ШОЕВА АЗИЗА ДИЛШОДОВНА, ЯМИНЗОДА ЗАРРИНА АКРАМ [ДУШАНБЕ, ТАДЖИКИСТАН] ПОЛУЧЕНИЕ СЕРИЦИНА И ЕГО ПРИМЕНЕНИЕ В ОБОЛОЧКАХ МИКРОКАПСУЛ МАСЛА РОЗМАРИНА.....33

ENDLESS LIGHT IN SCIENCE



Контакт
irc-els@mail.ru

Наш сайт
irc-els.com