

№3
2026

TERMIZ DAVLAT UNIVERSITETI

TerDU

xabarlari

ILMIY-USLUBIY JURNAL

ISSN 3060-5377

O'ZBEKISTON
RESPUBLIKASI
OLIY TA'LIM,
FAN VA
INNOVATSIYALAR
VAZIRLIGI



TERMIZ DAVLAT
UNIVERSITETI

TerDU
XABARLARI

ACTA TerSU

ВЕСТНИК
ТерГУ

Ilmiy-uslubiy
jurnal

№ 3/2026

O'zbekiston Respublikasi Oliy ta'lim, fan va innovatsiyalar vazirligi huzuridagi Oliy attestatsiya komissiyasining 2025-yil 28-noyabrda 377-son qaroriga asosan "TerDU xabarleri" jurnali Kimyo fanlari (02.00.00), Biologiya fanlari (03.00.00); 2026-yil 31-yanvardagi 01-08/375/186-sonli xatiga asosan (13.00.00) pedagogika fanlari bo'yicha falsafa doktori (PhD) va fan doktori (DSc) ilmiy darajalariga talabgorlarning dissertatsiya ishlari yuzasidan dissertatsiyalari asosida ilmiy natijalarini chop etish tavsiya etilgan milliy ilmiy nashrlar ro'yxatiga kiritildi hamda OAK rasmiy veb-saytining <https://oak.uz/pages/4802> sahifasiga joylashtirildi.

4

МОРФОМЕТРИЧЕСКАЯ
ДИФФЕРЕНЦИАЦИЯ И ПЛАСТИЧЕСКИЕ
ПРИЗНАКИ ТУРКЕСТАНСКОГО
СОМИКА (GLYPTOSTERNON OSCHANINI
HERZENSTEIN, 1889) В ВОДОЕМАХ
ЗАПОВЕДНИКА СУРХАН

16

RESURS TEJAMKOR
SUG'ORISH SHAROITIDA
G. HIRSUTUM L. VA
G. BARBADENSE L.
G'O'ZA NAVLARINING
TRANSPIRATSIYA JADALLIGI
VA SUVDAN FOYDALANISH
SAMARADORLIGI

9

SUDOCHE
SUV HAVZASI
BACILLARIOPHYTA
SUVO'TLARINING MAVSUMIY
RIVOJLANISH DINAMIKASI

21

SURXONDARYO
VILOYATINING DORIVOR
O'SIMLIKLARI VA ULARDAN OQILONA
FOYDALANISH

26

DON TARKIBIDAGI
BIOKIMYOVIIY VA
MIKROELEMENT
KO'RSATKICHLARINING
KORRELYATSION TAHLILI

34

IKKILAMCHI POLIETILENTEREFTALATDAN
OLINGAN p-FENILENDIAMIN
ASOSIDA GETEROATOMLI KORROZIYA
INGIBITORI SINTEZI

30

ZIZIPHUS JUJUBA O'SIMLIGIDAN
FIZIOLOGIK FAOL MODDALARNI
AJRATISH VA ULARNI TADQIQ ETISH

40

STUDY OF MECHANICAL
AND THERMAL
PROPERTIES OF
PLASTICIZED PVC-
BASED COMPOSITE
MATERIAL FILLED WITH
MODIFIED PERLITE



54

**PIPERAZINNI
MODIFIKATSIYALASH
ORQALI CO₂ GAZINI YUTISH
XOSSASINI O'RGANISH**



60

**QISHLOQ XO'JALIGIDA
QO'LLANILADIGAN
GIDROGELLARNI
MODIFIKATSIYALANGAN
KRAXMAL ASOSIDA OLINISHI
VA XOSSALARI**



77

**SPECTROSCOPIC,
MORPHOLOGICAL,
AND ELEMENTAL
CHARACTERIZATION OF A
BIS (1,10-PHENANTHROLINE)
MANGANESE(II) COMPLEX**



88

**DIETANOLAMINNING
KARBONIL
BIRIKMALAR BILAN
REAKSIYALARI (Tahliliy sharh)**

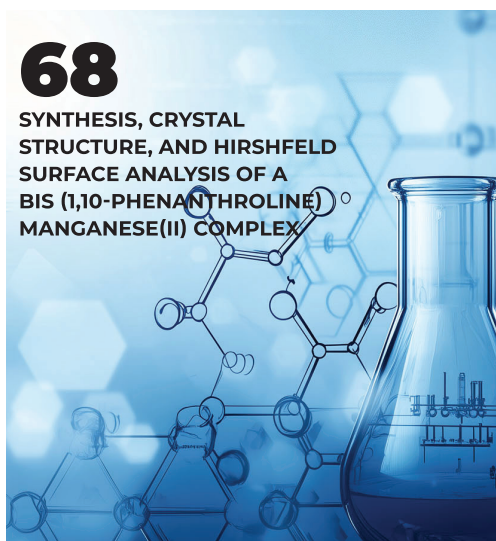
Karbonil

Katalizator



48

**YANGI TURDAGI NANOTUZILISHLI
METALL OKSIDLARINI OLISH VA
ULARNI SANOAT OQOVA SUVLARNI
TOZALASHDA QO'LLASH**



68

**SYNTHESIS, CRYSTAL
STRUCTURE, AND HIRSHFELD
SURFACE ANALYSIS OF A
BIS (1,10-PHENANTHROLINE)
MANGANESE(II) COMPLEX**



83

**TOLUIDIN HOSILALARI
ASOSIDA
AZOT SAQLOVCHI
BIRIKMALAR SINTEZI
VA ULARNING FTIR
hamda GC-MS
usullarida
identifikatsiyasi**



94

**BO'LAJAK
TARBIYACHINING
KREATIV QOBILIYATINI
RIVOJLANTIRISH**



Muassis:

**TERMIZ DAVLAT
UNIVERSITETI**

TerDU XABARLARI
ACTA TerSU
ВЕСТНИК ТерГУ

Ilmiy-uslubiy jurnal

№ 3/2026

Jurnal har chorakda
bir marta chiqadi
Jurnal O'zbekiston
Respublikasi Prezidenti
Administratsiyasi
huzuridagi
AOKAning 2025-yil
10-yanvardagi
№ 562488 raqamli
guvohnomasi bilan
ro'yxatga olingan.

Bosh muharrir:

Toshqulov Abduqodir
Hamidovich, iqtisodiyot
fanlari doktori, professor

**Bosh muharrir
o'rinbosari:**

Shaydullaev Alisher
Shopo'latovich, tarix
fanlari bo'yicha falsafa
doktori (PhD)

Mas'ul muharrir:

Buzrukova Mohitobon
Jamolovna

Termiz-2026



МОРФОМЕТРИЧЕСКАЯ ДИФФЕРЕНЦИАЦИЯ И ПЛАСТИЧЕСКИЕ ПРИЗНАКИ

ТУРКЕСТАНСКОГО СОМИКА
(GLYPTOSTERNON OSCHANINI HERZENSTEIN,
1889) В ВОДОЕМАХ ЗАПОВЕДНИКА СУРХАН

Наргиза Девонова,
Старший преподаватель кафедры
зоологии, PhD, ТерГУ

Аннотация.

*В статье рассказывается о морфологии, половой и возрастной изменчивости туркестанского сомика (*Glyptosternon oschanini*) в водоемах заповедника Сурхан. Реальные различия между самками и самцами обнаруживаются только по результатам морфометрии.*

Ключевые слова:

нерест, морфология, плодовитость, самка, самец, гонада, заповедник Сурхан.

Abstract.

*This article describes the morphology, sexual, and age-related variability of the Turkistan catfish (*Glyptosternon oschanini*) in the waters of the Surkhan Nature Reserve. Actual differences between females and males are only revealed by morphometric analysis.*

Key words:

spawning, morphology, fecundity, female, male, gonad, Surkhan Nature Reserve.

Аннотация.

*Ushbu maqolada Surxon qo'riqxonasi suvlaridagi Turkiston laqqa baliqlarining (*Glyptosternon oschanini*) morfologiyasi, jinsiy va yoshga bog'liq o'zgaruvchanligi tasvirlangan. Urg'ochi va erkak baliqlar o'rtasidagi haqiqiy farqlar faqat morfometrik tahlil orqali aniqlanadi.*

Kalit so'zlar:

urchitish, morfologiya, serpushtilik, urg'ochi, erkak, uvildirqlar, Surxon qo'riqxonasi.

Туркестанский сомик (*Glyptosternon oschanini* Herzenstein, 1889) — малоизученный вид, внесенный в Красную книгу Республики Узбекистан¹ как «уязвимый, сокращающийся, мозаично распространенный нагорно-азиатский эндемичный вид». Ареал его распространения охватывает водоемы бассейна верхнего течения Амударьи, Сырдарьи, Тарима и Инда^{2,3,4,5}. В Сурхандарье обитает в ее притоках—Сангардак и Туполанг, населяет горные и предгорные участки р. Шерабаддарья^{6,7}.

Целью данной работы является пополнение сведений о внешней морфологии, половой и возрастной изменчивости туркестанского сомика в водоемах заповедника Сурхан

Материал и методы

Материалом для настоящей работы послужили сборы рыб, проведенные в весенне-летние периоды 2024-2025 гг. на водоемах заповедника Сурхан. Отлов рыб проводили преимущественно сетями «Тор», «Камон тур» и с помощью сачка. Морфометрические измерения проведены по общепринятой методике на свежем материале⁸. При статистической обработке материала определяли средние значения и их ошибки ($M \pm m$), среднее квадратическое отклонение (σ), коэффициент вариации ($Cv\%$). Достоверность различий (t_s) средних значений оценивалась по критерию Стьюдента для 5-процентного ($P < 0,05$) уровня значимости⁹. Все вычислительные работы проведены с помощью компьютерной системы анализа данных MS Excel. Всего исследовано 4 экз. рыб длиной тела 95-160 мм.

В статье приняты следующие обозначения морфометрических признаков: *SL*—стандартная длина тела; *c*—длина головы; *ao*—длина рыла; *o*—горизонтальный диаметр глаза; *po*—заглазничное расстояние; *hc*—высота головы; *io*—ширина межглазничного промежутка; *b1*—длина первой верхней пары усиков;

1 Ўзбекистон Республикаси Қизил китоби. — Тошкент: Chinog ENK, 2006. II жилд. Хайвонот олами. 2-қайта ишланган ва тўлдирилган нашр. — 216 б.

2 Аманов А.А. Экология рыб водоемов юга Узбекистана и сопредельных республик. — Ташкент: Фан, 1985. — 160 с.

3 Берг Л.С. Рыбы пресных вод СССР и сопредельных стран. — М.-Л.: Изд. АН СССР, 1949. Часть 2. - С. 467-925.

4 Никольский Г.В. Рыбы Таджикистана—М.-Д.: Изд. АН СССР, 1938—228 с.

5 Турдаков Ф.А. Рыбы Киргизии. — Фрунзе: АН КиргССР, 1963. — 283 с.

6 Аманов А.А. Экология рыб водоемов юга Узбекистана и сопредельных республик. — Ташкент: Фан, 1985. — 160 с.

7 Аманов А.А., Мирзаев У.Т., Эргашева М.Т. Морфоэкологические особенности туркестанского сомика — *Glyptosternum reticulatum* McClelland и тибетского гольца — *Noemacheilus stoliczkaei* (Steind.) горных и предгорных рек юга Узбекистана // Марказий Осиё усимлик, хайвонот дунёсидан оқитона фойдаланиш ва муҳофаза қилишнинг экологик асослари: Халқаро илмий конф. маърузалари. — Самарканд, 1997. — С. 99-103.

8 Правдин И.Ф. Руководство по изучению рыб. 4-е изд. М.: Пищевая промышленность. 1966. — 376 с.

9 Лакин Г.Ф. Биометрия: Учебное пособие для биол. спец. вузов. 4-е изд. — М.: Высш. шк., 1990. — 352 с.

**Морфометрические признаки туркестанского сомика
водоемах заповедника Сурхан**

Таблица 1

Признак	Показатель			
	пределы	$M \pm m$	a	$C_v, \%$
$SL, \text{ мм}$	95-160	128,9 $\pm$ 2,60	17,29	13,3
В % длины тела				
c	21,1-25,2	23,5 $\pm$ 0,16	1,09	4,6
ao	9,1-12,5	10,9 $\pm$ 0,11	0,75	6,8
o	1,4-2,5	1,8 $\pm$ 0,0-4	0,27	14,8
po	9,8-13,4	11,7 $\pm$ 0,12	0,84	7,2
hc	10,0-14,9	12,4 $\pm$ 0,14	0,97	7,8
io	5,9-7,9	6,6 $\pm$ 0,07	0,46	7,0
$b1$	7,9-10,7	9,0 $\pm$ 0,10	0,66	7,3
$b2$	7,9-10,5	9,0 $\pm$ 0,08	0,56	6,2
$b3$	4,0-5,7	4,8 $\pm$ 0,05	0,36	7,4
H	13,8-20,9	17,3 $\pm$ 0,23	1,52	8,8
h	6,5-9,3	8,0 $\pm$ 0,09	0,65	8,1
aD	36,0-42,1	38,5 $\pm$ 0,19	1,31	3,4
pD	51,8-60,9	55,3 $\pm$ 0,27	1,82	3,3
aA	62,5-69,5	65,9 $\pm$ 0,14	0,97	1,4
lca	21,7-26,0	24,4 $\pm$ 0,15	1,01	4,1
ID	8,9-11,4	9,9 $\pm$ 0,09	0,64	6,4
hD	15,6-20,4	17,8 $\pm$ 0,15	1,00	5,6
IA	5,9-9,1	7,1 $\pm$ 0,09	0,64	9,0
hA	14,1-18,8	16,0 $\pm$ 0,13	0,88	5,5
IP	20,7-26,6	24,2 $\pm$ 0,17	1,13	4,6
IV	15,9-20,5	17,8 $\pm$ 0,13	0,88	4,9
PV	25,9-37,1	33,0 $\pm$ 0,34	2,29	6,9
VA	17,9-25,3	20,4 $\pm$ 0,22	1,48	7,2
Id	30,1-36,7	33,3 $\pm$ 0,13	0,90	2,7
hd	3,7-7,5	5,0 $\pm$ 0,09	0,61	12,2
В % длины головы				
ao/c	38,6-56,3	46,6 $\pm$ 0,56	3,75	8,0
o/c	5,5-11,2	7,8 $\pm$ 0,19	1,30	16,6
po/c	40,0-60,0	50,0 $\pm$ 0,61	4,10	8,2
he/c	40,8-68,5	52,9 $\pm$ 0,78	5,22	9,8
io/c	24,0-36,2	28,2 $\pm$ 0,36	2,39	8,4

b_2 —длина первой нижней пары усиков; b_3 —длина второй нижней пары усиков; H —наибольшая высота тела; h —высота хвостового стебля; aD —антедорсальное расстояние; pD —постдорсальное расстояние; ica —длина хвостового стебля; ID —длина основания спинного плавника; hD —высота спинного плавника; IA —длина анального плавника; hA —высота анального плавника; IP —длина грудного плавника; IV —длина брюшного плавника; PV —пектоцентрально-анальное расстояние; VA —вентроанальное расстояние; id —длина основания жирового плавника; hd —высота жирового плавника.

Результаты и обсуждение

Лучей в спинном плавнике у туркестанского сомика из водоемах запаведника Сурхан I 6, в анальном II-III 5, в грудном I 10 и в брюшном I 5. Количество жаберных тычинок на первой жаберной дуге—10, позвонков—33.

Тело сомика голое, невысокое, наибольшая высота его укладывается 6,8- 7,6 раз в длине тела, наименьшая—2,7-3,3 раза в длине хвостового стебля. Антедорсальное расстояние меньше постдорсального в 1,4 раза. Грудные и брюшные плавники поставлены горизонтально. Голова плоская, ее длина 4,5-6,3 раз в длине тела. Глаза маленькие, 3,2-4,3 раза в ширине лба. Рот нижний. Длина рыла достигает 56% длины головы, на рыле 4 пары усиков.

Окраска тела—от темно-коричневой до желтовато-коричневой, брюхо светлое. У большинства половозрелых рыб тело сплошь покрывается мелкопятнистой расплывчатой окраской.

Морфометрические признаки туркестанского сомика из водоемах запаведника Сурхан приводятся в таблице 1.

Судя по таблице 1, большинство пластических признаков подвержено значительной вариабельности. Наиболее изменчивыми являются следующие признаки: H , h , IA , hd , o/c , po/c , he/c , io/c . Остальные признаки изменчивы в меньшей степени.

Данных о половом диморфизме туркестанского сомика в литературе очень мало. По сведениям Г.В.Никольского, изменений пластических признаков с полом не наблюдается, самцы значительно крупнее самок, и отличаются лишь некоторыми изменениями анального отверстия и величиной¹.

По данным В.А.Максунова, половой диморфизм у туркестанского сомика р. Ходжабакирган отсутствует².

Некоторые учёные для сомиков р. Сангардак указывают 10 признаков различия между полами из 25 исследованных^{3,4}.

По нашим данным, самки туркестанского

Сравнение морфометрических признаков самок и самцов туркестанского сомика водоемах запаведника Сурхан

Таблица 2

Признак	Показатель				
	самки (n = 20)		самцы	(n = 24)	
	пределы	$M \pm m$	пределы	$M \pm m$	
SL , мм	112-160	131,3 $\pm$ 3,61	95-155	126,9 $\pm$ 3,72	
В % длины тела					
H	15,5-20,9	18,0 $\pm$ 0,31	13,8-19,9	16,7 $\pm$ 0,27	3,26
PV	26,8-37,1	34,0 $\pm$ 0,51	25,9-35,6	32,2 $\pm$ 0,40	2,83
VA	19,1-25,3	21,1 $\pm$ 0,33	17,9-24,1	19,7 $\pm$ 0,23	3,41

Примечание: здесь и на последующей таблице приведены только те признаки, по которым обнаружены достоверные различия.

1 Никольский Г.В. Рыбы Таджикистана—М.-Д.: Изд. АН СССР, 1938—228 с.

2 Ма

Вопросы ихтиологии, 1970. Том 10, вып. 5. — С. 907-910.

3 Аманов А.А. Экология рыб водоемов юга Узбекистана и сопредельных республик. — Ташкент: Фан, 1985. — 160 с.

4 Аманов А.А., Турдаков Ф.А., Девонов М.Д. О туркестанском сомике *Glyptosternum reticulatum* McClelland притоков р.Амударьи. // Вопросы ихтиологии, 1974. Том 14, вып. 6 (89). — С. 980-989.

сомика фактически не отличаются от одновозрастных самцов по внешнему виду. Реальные различия обнаруживаются только по результатам морфометрии. Самки от самцов отличаются по тем пластическим признакам, которые определено связаны с более значительным объемом их половых продуктов. У самок достоверно большие значения H , PV , VA (табл. 2).

Для определения размерно-возрастной изменчивости исследуемые рыбы нами были разделены на две группы (табл. 3). Из данных таблицы 3 видно, что у более крупных рыб больше антедорсальное, постдорсальное, заглазничное расстояния и высота головы, длинней хвостовой стебель, основание спинного и анального плавников, меньше только один признак—диаметр глаза.

Размерно-возрастная изменчивость морфометрических признаков туркестанского сомика водоемах заповедника Сурхан

Таблица 3

Признак	Показатель		
	95-130 мм (2 + 3 +)	131-160 мм (3+5 +)	
	$M \pm m$ ($n=25$)	$M \pm m$ ($n=19$)	
SL , мм	115,9 $\pm$ 1,81	146,0 $\pm$ 1,79	
В % длины тела			
aD	38,0 $\pm$ 0,17	39,2 $\pm$ 0,33	3,45
pD	54,4 $\pm$ 0,23	56,6 $\pm$ *0,41	4,93
Ica	23,8 $\pm$ 0,18	25,2 $\pm$ 0,11	5,88
ID	9,6 $\pm$ 0,09	10,2 $\pm$ 0,15	3,36
IA	6,9 $\pm$ 0,10	7,4 $\pm$ 0,16	2,67
В % длины головы			
o/c	8,4 $\pm$ 0,24	7,1 $\pm$ 0,24	3,66
po/c	48,4 $\pm$ 0,75	52,1 $\pm$ 0,83	3,26
hc/c	51,3 $\pm$ 0,72	55,0 $\pm$ 1,44	2,43

Закключение

Таким образом, в результате проведенных работ получены данные, характеризующие признаки внешней морфологии туркестанского сомика. Существенные различия между самцами и самками не обнаружены. Выявленные различия по результатам морфометрии скорее связаны с развитием половых продуктов. С возрастанием линейных размеров у туркестанского сомика изменяются 5 пластических признаков тела и 3 признака головы, при этом относительный уровень изменчивости большинство признаков остается без изменений.

SUDOCHE SUV HAVZASI

BACILLARIOPHYTA SUVO'TLARINING
MAVSUMIY RIVOJLANISH DINAMIKASI

Nargiza Eshmurodova,
Ekologiya va yashil transformatsiya
kafedrası dotsenti, b.f.n.,
O'zbekiston Milliy universiteti



Annotatsiya:

Maqolada Orolbo‘yi hududidagi Sudochoye suv havzasi suvo‘tlarining iqlim va gidrologik omillar o‘zgaruvchanligi sharoitidagi mavsumiy rivojlani-shi qonuniyatlari yoritilgan. Izlanishlar davomida algofloraning fasllar bo‘yicha shakllanish qon-uniyatlari, dominant va subdominant turlarning mavsumiy almashinishi tahlil qilingan. Bahor, yoz, kuz va qish mavsumlarida suv havzasining gidrologik va gidrokimyoviy parametrlari, ayniqsa harorat hamda sho‘rlanish darajasi suvo‘tlari bio-massa va zichlik ko‘rsatkichlariga sezilarli ta’sir ko‘rsatishi aniqlangan. Turli fasllarda ekotizimda yetakchilik qiluvchi Bacillariophyta, Cyanophyta va Chlorophyta bo‘limi vakillarining miqdoriy dinami-kasi o‘rganilgan. Olingan ilmiy natijalar Sudoche ko‘llar tizimining gidrobiologik holatini baholash, ekologik monitoringini olib borish hamda mintaqa suv resurslaridan oqilona foydalanish strategiyala-rini ishlab chiqishda muhim ahamiyatga ega.

Kalit so‘zlar:

Sudoche suv havzasi, mavsumiy dinamika, di-atom suvo‘tlari rivojlanishi, dominant turlar.

Аннотация:

В статье освещены закономерности сезонного развития водорослей водоема Судочье в Приаралье в условиях изменчивости климатических и гидрологических факторов. В ходе исследований проанализированы закономерности поквартального (сезонного) формирования альгофлоры, а также сезонная сменяемость доминантных и субдоминантных видов. Установлено, что в весенний, летний, осенний и зимний периоды гидрологические и гидрохимические параметры водоема, особенно температура и уровень минерализации (засоления), оказывают существенное влияние на показатели биомассы и плотности водорослей. Изучена количественная динамика представителей отделов Bacillariophyta, Cyanophyta и Chlorophyta, лидирующих в экосистеме в различные сезоны. Полученные научные результаты имеют важное значение для оценки гидробиологического состояния системы озер Судочье, проведения экологического мониторинга и разработки стратегий рационального использования водных ресурсов региона.

Ключевые слова:

Водоем Судочье, сезонная динамика, развитие диатомовых водорослей, доминантные виды.

Annotation:

The article highlights the seasonal development patterns of algae in the Sudochoye water body of the Aral Sea region under conditions of climatic and hydrological factor variability. During the research, the seasonal formation patterns of algoflora, as well as the seasonal succession of dominant and subdominant species, were analyzed. It was established that during the spring, summer, autumn, and winter seasons, the hydrological and hydrochemical parameters of the water body, especially temperature and salinization levels, exert a significant influence on algal biomass and density indicators. The quantitative dynamics of representatives from the Bacillariophyta, Cyanophyta, and Chlorophyta phyla, which lead the ecosystem in different seasons, were studied. The obtained scientific results are of important significance for assessing the hydrobiological state of the Sudochoye lake system, conducting ecological monitoring, and developing strategies for the sustainable use of the region's water resources.

Key words:

Sudochoye water body, seasonal dynamics, development of diatom algae, dominant species.

KIRISH.

Orol dengizining jadal qurishi bilan bog‘liq ekologik halokat oqibatlarini nafaqat O‘zbekiston va Markaziy Osiyo mintaqasi, balki jahon miqyosidagi muammolardan biri sifatida qaralmoqda. Orol dengizining ekologik halokati va ijtimoiy-iqtisodiy muammolari so‘nggi o‘n yilliklarda ilmiy jamoatchilik va ommaviy axborot vositalarida keng yoritilmoqda. Orol dengizidagi ekologik inqirozi mintaqa ekotizimlarining dinamik muvozanatini buzilishiga, tabiiy komplekslarning tanazzulga uchrashiga, o‘simlik va hayvonot dunyosi bioxilma-xilligining qisqarishiga olib keldi. Orol dengizi havzasidagi atrof-muhit holatini barqarorlashtirish, ekotizimlarni tiklash va Orolbo‘yi mintaqasida suv va yer resurslarini boshqarish usullarini takomillashtirish, bugungi suv resurslarining taqchilligi sharoitida, ayniqsa, kutilayotgan iqlim o‘zgarishlari davrida suv ekotizimlarining zamonaviy holatini yaqin va uzoq muddatga baholash muhim ilmiy-amaliy ahamiyat kasb etadi.

O‘zbekiston Respublikasi Prezidentining 2023-yil 23-noyabrdagi PF-199-sonli Farmonining 8-ilovasiga asosan “2024-2028-yillarda Orolbo‘yi mintaqasini barqaror

rivojlantirish, innovatsiyalar va yashil texnologiyalarni keng joriy etish bo'yicha milliy dastur¹lari hamda mazkur faoliyatga tegishli boshqa me'yoriy-huquqiy hujjatlarda belgilangan vazifalarni amalga oshirishga ushbu tadqiqot natijalari muayyan darajada xizmat qiladi.

Global iqlim o'zgarishi sharoitida Orolbo'yi mintaqasidagi, xususan, Sudoche ko'llar tizimidagi suv havzalarining ekologik holati va biologik xilma-xilligini saqlash dolzarb masala hisoblanadi. Tadqiqot Sudoche suv havzasi suvo'tlarining (algoflora) taksonomik tarkibi, ularning mavsumiy rivojlanish va tarqalish qonuniyatlarini gidrologik omillar ta'sirida baholashga qaratilgan.

ASOSIY QISM:

Janubiy Orol dengizi suv sathining pasayishi natijasida yuzaga kelgan ekologik muammolar, xususan, sho'rlanish, cho'llashish, tabiiy-iqlimiy o'zgarishlar, suv resurslarining tanqisligi, o'simlik va hayvonot olamidagi o'zgarishlar, mintaqaning degradatsiyasi masalalari, majmuaviy gidrokimyoviy kuzatuvlar, suksessiya jarayonlari va o'simlik qoplamli salohiyatini tadqiq etish ishlari A.E. Yelmuratov (1977), A.K. Qurbaniyazov (2017), S.M. Mambetullaeva (2019), G.V. Stulina (2020) va boshqalar tomonidan olib borilgan².

Suv havzalaridan tegishli metodikalar asosida yi-

g'ilgan namunalardagi suvo'tlarining turlar tarkibi va taksonomik darajasini aniqlashda suvo'tlari aniqlagichlaridan "Opredelitel presnovodnix vodorosley SSSR"³, "Opredelitel presnovodnix vodorosley Ukrainskoy SSR"⁴, shuningdek, A.E. Ergashev⁵, A.M. Muzafarov⁶ larning monografiyalaridan foydalanildi.

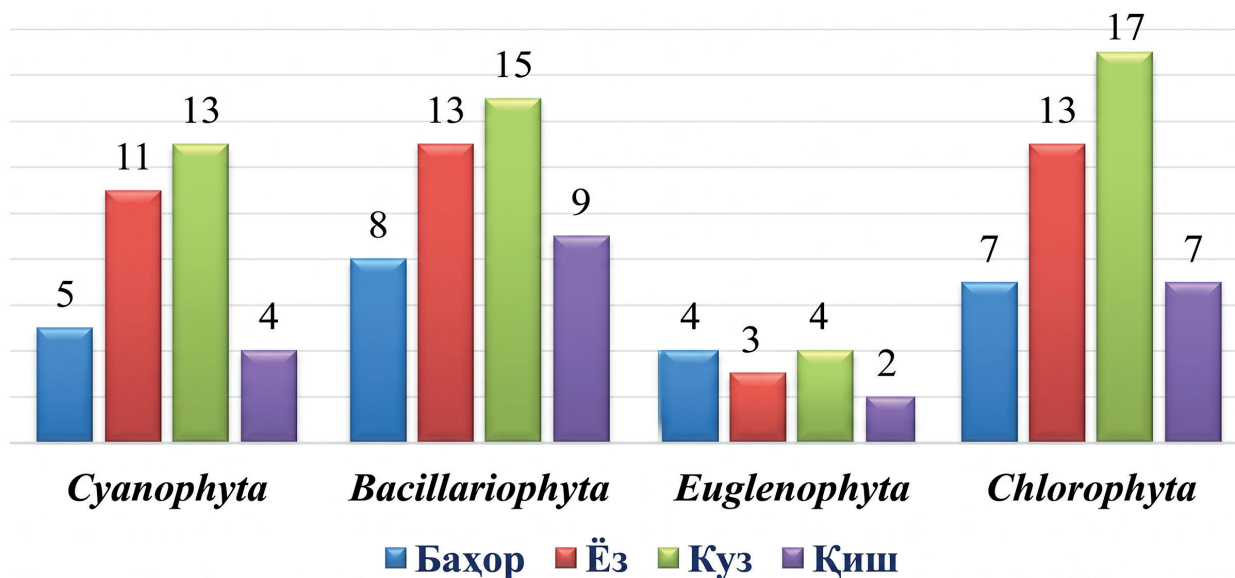
Sudoche suv havzasi suvo'tlarining tur tarkibini aniqlash (identifikatsiya) mikroskopik tahlil usuli orqali amalga oshirildi. Tadqiqot jarayonida Celestron LCD Digital Microscope II va N-300M yorug'lik mikroskoplaridan foydalanildi.

Tadqiqotlarda Sudoche suv havzasi ekotizimlarining ekologik holatini baholash va antropogen ta'sirni aniqlashda majmuaviy gidrobiologik va ekotizimli yondashuv qo'llanildi. Bunda suv ekotizimlarini baholashga oid zamonaviy ekologik kontseptsiyalar hamda bioindikatsiya usullaridan (Odum, 1986; Schindler, 1990; Kimstach, 1993; Barinova va boshq., 2006) foydalanildi.

Suv havzalarining qo'yidagi 43°41'502"N, 58°55'026"E; 43°50'673"N, 58°40'607"E; 43°43'198"N, 58°51'456"E; 43°58'195"N, 58°53'686"E joylashuv koordinatalari bo'ylab suvo'tlarining rivojlanish qonuniyatlariga ko'ra, Katta Sudoche, Akushpa, Begdulla-Aydin va Karateren ko'llarida asosan dala tadqiqotlari, laboratoriya tahlillari va ularning tarqalishi, mavsumiy rivojlanishlari o'rganildi.

1-rasm.

Sudoche ko'llar tizimi suvo'tlarining mavsumiy rivojlanish dinamikasi (2019-2025 yy.)



1 2023-yil 23-noyabrda PF-199-sonli Farmonning 8-ilovasiga asosan "2024-2028-yillarda Orolbo'yi mintaqasini barqaror rivojlantirish, innovatsiyalar va yashil texnologiyalarni keng joriy etish bo'yicha milliy dastur"lari

2 Eshmurodova N.Sh. "Janubiy Orol dengizi suv havzalari suvo'tlari va ulardan foydalanish istiqbollari". Monografiya. "Ilm ziyo zakovat". Toshkent, 2025. 103 b.

3 Голлербах М.М., Косинская Е.К., Полянский В.И. Определитель пресноводных водорослей СССР. Вып.2. (сине-зелёные водоросли). М.: Советская наука, 1953. – 651с.

4 Матвиенко О.М., Литвиенко Р.М. Определитель пресноводных водорослей Украинской ССР. Вып. 3. Ч. 2. (Пирофитовые водоросли). – Киев: Наукова думка, 1977. – 386 с.

5 Эргашев А.Э. Протокковые водоросли Средней Азии. –Ташкент.: Фан, 1977. – 356 с.

6 М

Sudoche suv havzalari suvo'tlarining gidroekologik ko'rsatkichlar va atmosfera dinamikasi o'rtasidagi o'zaro bog'liqliklari asosida mavsumiy rivojlanish dinamikasi ko'rsatkichlari tahlili bahor mavsumida asosan diatom (8 ta), yashil (7 ta) va ko'k-yashil (5) suvo'tlari yetakchilik qilishini ko'rsatdi. Evglena suvo'tlaridan bahor mavsumida 4 ta tur va tur xillari uchrashi qayd etildi. Yoz mavsumida Sudoche suv havzasida yashil (13 ta), diatom (13 ta) va ko'k-yashil (11 ta), evglena suvo'tlaridan 3 ta tur uchrashi o'rganildi. Kuz mavsumi uchun asosan yashil (17 ta), diatom (15 ta) va ko'k-yashil suvo'tlari (13 ta) yetakchilik qilishi, evglena

suvo'tlaridan 4 ta tur uchrashi tahlil qilindi (1-rasm).

Qish mavsumi namunalarida asosan diatom (9 ta), yashil (7 ta) va ko'k-yashil (4 ta) suvo'tlari ustuvorlik qilishi aniqlandi. Qish mavsumida 2 ta evglena suvo'tlari uchrashi kuzatildi. Yil davomida jami 7 ta, shundan, ko'k-yashil -3 ta, diatom -3 ta, evglena -1 ta suvo'tlari yetakchilik qilishi o'rganildi. Tadqiqotlar natijasiga ko'ra, kuz mavsumida fitoplankton tarkibida jami 49 ta tur va tur xillari qayd etilgan bo'lsa, yoz mavsumida 40 ta, bahorda 24 ta va qish faslida 22 ta aniqlandi.



Sudoche suv havzalari uchun yetakchi bo'lgan *Bacillariophyta* bo'limi suvo'klarining mavsumiy rivojlanish dinamikasi ko'rsatkichlari tahlili Katta Sudoche, Karateren va Akushpa hamda Begdulla-Aydin ko'llarida *Centrophyceae* (*Centricae*) sinfi *Discoidales* tartibi *Coscinodiscaceae* Kuetz. oilasi *Melosira* Ag. turkumi suvo'klaridan *Melosira nummuloides*, *M. moniliformis*, *M. varians*, *M. distans*, *M. italica f. curvata* lar bahor, yoz, kuz va qish mavsumlarida ham tez-tez uchrashi aniqlandi (1-jadval).

1-jadval

Sudoche suv havzalari turli nuqtalarida *Melosira* Ag. turkumi (*Bacillariophyta*) suvo'klarining mavsumiy o'zgarishi

№	Ko'l nomi	Geografik koordinatalar	Tur va tur xillari	Bahor	Yoz	Kuz	Qish
1	Katta Sydoche	43°41'502" N, 58°55'026" E	<i>Melosira nummuloides</i>	-	+	+	+
2	Karateren	43°58'195" N, 58°53'686" E	<i>M. moniliformis</i>	+	-	-	+
3	Akushpa	43°50'673" N, 58°40'607" E	<i>M. varians</i>	+	+	+	-
			<i>M. distans</i>	+	+	+	+
4	Begdulla-Aydin	43°43'198" N, 58°51'456" E	<i>M. italica f. curvata</i>	+	-	+	+

Diatom suvo'klari (8 ta) ning ekologik jihatdan ustunligi, bu ularning o'zgaruvchan muhit sharoitlariga yuqori moslashuvchanligi bilan baholandi. Shuningdek, *Cyclotella* Kuetz. turkumi suvo'klaridan Katta Sudoche ko'lida *Cyclotella baicalensis f. stellata*, Begdulla-Aydin ko'lida *C. baicalensis f. ornata* suvo'klarining erta bahor, bahor va qishda yetakchilik qilishi o'rganildi. Karateren ko'lida o'ziga xos keng tarqalgan *Pennatophyceae* sinfi, *Araphinales* Schütt tartibi, *Tabellariaceae* Pant. oilasi, *Tabellaria* Ehr. turkumi suvo'klaridan *Tabellaria flocculosa* yoz va kuz mavsumlarida yetakchilik qilishi aniqlandi (2-jadval).

2-jadval

Sudoche suv havzalari turli nuqtalarida *Cyclotella* Kuetz. turkumi suvo'klarining mavsumiy o'zgarishi

№	Ko'l nomi	Geografik koordinatalar	Tur va tur xillari	Bahor	Yoz	Kuz	Qish
1	Katta Sydoche	43°41'502" N, 58°55'026" E	<i>Cyclotella baicalensis f. stellata</i>	+	+	+	+
2	Begdulla-Aydin	43°43'198" N, 58°51'456" E	<i>C. baicalensis f. ornata</i>	+	-	-	+

Fragilariaceae (Kuetz.) D.T. oilasi *Fragilaria* Lyngb. turkumi suvo'klaridan *Fragilaria crotonensis* Akushpa ko'lida keng tarqalgan bo'lib, kuz mavsumida yetakchilik qilishi qayd etildi (3-jadval).

3-jadval

Sudoche suv havzalari turli nuqtalarida *Tabellaria* Ehr. va *Fragilaria* Lyngb. turkumi suvo'rlarining mavsumiy o'zgarishi

№	Ko'l nomi	Geografik koordinatalar	Tur va tur xillari	Bahor	Yoz	Kuz	Qish
1	Karateren	43°58'195" N, 58°53'686" E	<i>Tabellaria flocculosa</i>	-	+	+	-
2	Akushpa	43°50' 673" N, 58° 40' 607" E	<i>Fragilaria crotonensis</i>	-	+	+	-

Sudoche suv havzalarida *Synedra* Ehr. turkumi suvo'rlarining mavsumiy rivojlanishlari tahlil qilinganda, olingan natijalar ushbu turkum suvo'rlarining turli gidroekologik sharoitlarda turlicha taqsimlanishini ko'rsatdi. Begdulla-Aydin ko'lida yozda keng tarqalgan yetakchi suvo'ti sifatida *Synedra* Ehr. turkumiga xos *Synedra pulchella* var.minuta, bahor mavsumida Katta Sudoche ko'lida *S. ulna* ko'p uchrashi, Akushpa va Begdulla-Aydin ko'llarida ko'p uchraydigan *S. tabulata* suvo'rlarini kuz mavsumida yetakchilik qilishi aniqlandi (4-jadval).

4-jadval

Sudoche suv havzalari turli nuqtalarida *Synedra* Ehr. turkumi suvo'rlarining mavsumiy o'zgarishi

№	Ko'l nomi	Geografik koordinatalar	Tur va tur xillari	Bahor	Yoz	Kuz	Qish
1	Katta Sydoche	43°41'502" N, 58°55'026" E	<i>S. ulna</i>	-	+	+	+
2	Akushpa	43°50'673" N, 58°40'607" E	<i>S. tabulata</i>	+	+	+	-
3	Begdulla-Aydin	43°43'198" N, 58°51'456" E	<i>Synedra pulchella</i> var.minuta	+	-	+	+
			<i>S. tabulata</i>				

Ushbu holat mazkur davrda suv haroratining oshishi va yorug'lik intensivligining yuqori bo'lishi bilan bog'liq ekanligi, *Synedra* Ehr. turkumi suvo'rlarining fotosintetik faolligini kuchaytirishi bilan izohlandi.

Kuz mavsumida esa Akushpada *S. tabulata* turi dominant holatga o'tganligi kuzatildi. Bu holat suv haroratining pasayishi, yorug'lik davomiyligining qisqarishi va suvdagi organik moddalar tarkibining o'zgarishi o'rtasidagi bog'liqlik bilan izohlandi. *S. tabulata* ning kuz mavsumidagi yetakchiligi uning salqin va nisbatan barqaror muhit sharoitlariga yaxshi moslashgan tur sifatida qayd etildi.

Raphinales tartibi *Monoraphineae* tartibchasi *Achnanthaceae* (Kuetz.) Grun. oilasi *Achnanthes* Bory. turkumi suvo'rlaridan *Achnanthes minutissima* var. *cryptocephala* Katta Sudoche ko'lida ko'p tarqalgan, *A. linearis* var. *cryptocephala* Akushpa ko'lida, *A. lanceolata* Katta Sudoche ko'lida noyob tur sifatida yoz, kuz va qish mavsumlarida keng tarqalgan suvo'rlari sifatida baholandi.

Tadqiqot natijalariga ko'ra, *Achnanthes minutissima* var. *cryptocephala* suvo'ti Katta Sudoche ko'lida keng tarqalganligi va yuqori uchrash chastotasi uning turlicha gidroekologik sharoitlarga nisbatan keng moslashuvchanlik qobiliyatiga ega ekanligi aniqlandi. *Achnanthes minutissima* var. *cryptocephala* suvo'ti odatda suvning o'rtacha minerallashuv darajasi va barqaror gidrologik rejim sharoitida faol rivojlanishi qayd etildi (5-jadval).

5-jadval

Sudoche suv havzalari turli nuqtalarida *Achnanthes* Bory. turkumi suvo'rlarining mavsumiy o'zgarishi

№	Ko'l nomi	Geografik koordinatalar	Tur va tur xillari	Bahor	Yoz	Kuz	Qish
1	Katta Sudoche	43°41'502" N, 58°55'026" E	<i>Achnanthes minutissima</i> var. <i>cryptocephala</i>	-	+	+	-
			<i>A. lanceolata</i>	-	+	+	+
2	Akushpa	43°50'673" N, 58°40'607" E	<i>A. linearis</i> var. <i>cryptocephala</i>	-	+	+	-

A. linearis var. *cryptocephala* suvo'tining lokallashgan mahalliy tarqalishi uning muayyan ekologik nishaga ixtisoslashgan tur xili sifatida belgilandi.

XULOSA.

Sudoche suv havzasi ekotizimlarini vaqt va makonga bog'liq yuzaga kelayotgan transformatsiyasi (shakllanishi)ni baholashda, *Bacillariophyta* suvo'rlarining *Centricae*, *Pennatophyceae* sinflari, *Discoideales*, *Cymbellales*, *Araphinales*, *Raphinales* tartibi, *Coscinodiscaceae* Kuetz., *Tabellariaceae* Ehr., *Fragilariaceae* (Kuetz.) D.T., *Achnanthaceae* (Kuetz.) Grun. oilalari, *Melosira* Agardh, *Tabellaria* Ehr., *Synedra* Ehr., *Fragilaria* Lyngb., *Achnanthes* Bory. turkumlari turlarining doimiy uchrashi suv xavzasining fizik-kimyoviy ko'rsatkichlari o'zgarishi natijasida ekologik tizimlarning tabiiy, dastlabki komponentlari yangi shart-sharoitlarga nisbatan barqaror bo'lgan turlarga almashinishi bilan izohlandi.

Janubiy Orolbo'yi Amudaryo deltasida saqlanib qolgan ayrim suv havzalarining hozirgi morfometriyasi, turli darajada sho'rlangan va ekstremal sharoitdagi suv havzalari ekotizimlarining o'ziga xos xususiyatlari, suvo'rlari jamoalariga sho'rlanishning ta'sirini tahlil qilish, turlarning stressli sharoitlarga bardoshlilikini o'rganish, zahiraviy salohiyatini baholash va amaliyotga tadbiiq etish muhim ilmiy-amaliy ahamiyatga ega.

RESURS TEJAMKOR SUG'ORISH
SHAROITIDA G. HIRSUTUM L. VA
G. BARBADENSE L. G'O'ZA NAVLARINING
TRANSPIRATSIYA JADALLIGI VA

SUVDAN FOYDALANISH SAMARADORLIGI

Sherzod Fozilov,

Guliston davlat universiteti mustaqil
tadqiqotchisi,

Abdumurod Danabayev,

Ingichka tolali paxtachilik ilmiy-tadqiqot
instituti (ITPITI) kafedra mudiri



Annotatsiya:

Ushbu maqolada Surxondaryo viloyati sharoitida yetishtirilayotgan g'oz navlarida suv almashinuvi jarayonining muhim ko'rsatkichi hisoblangan transpiratsiya jadalligining kunlik dinamikasi an'anaviy va resurs tejamkor sug'orish usullari sharoitida o'rganilgan. Sug'orish usullarini taqqoslash natijasida tomchilatib sug'orilgan variantda tuproq namligining ildiz zonasida barqarorroq ta'minlanishi g'oz navlarining transpiratsiya jarayoniga ta'sir ko'rsatishi aniqlandi. Navlarning sug'orish usullariga javobi turlicha bo'lib, bu ularning suv almashinuvi xususiyatlari va ekologik moslashuvchanligi bilan bog'liqligi kuzatildi. Olingan natijalar suvdan samarali foydalanish, g'ozaning suvga bo'lgan ehtiyojini maqbullashtirish hamda resurs tejamkor sug'orish texnologiyalarini takomillashtirishda ilmiy-amaliy ahamiyatga ega.

Kalit so'zlar:

g'oz, Gossypium hirsutum L., Gossypium barbadense L., transpiratsiya jadalligi, an'anaviy sug'orish, tomchilatib sug'orish, resurs tejamkor sug'orish, suvdan samarali foydalanish.

Аннотация.

В данной статье изучена суточная динамика интенсивности транспирации, являющейся одним из важных показателей процесса водообмена, у сортов хлопчатника, выращиваемых в условиях Сурхандарьинской области, при традиционных и ресурсосберегающих способах орошения. В результате сравнения способов орошения установлено, что при капельном орошении более стабильное обеспечение влажности почвы в зоне корневой системы оказывает влияние на процесс транспирации растений хлопчатника. Выявлено, что реакция сортов на способы орошения различается, что связано с особенностями их водообмена и экологической адаптивностью. Полученные результаты имеют научно-практическое значение для эффективного использования воды, оптимизации водопотребления хлопчатника и совершенствования ресурсосберегающих технологий орошения.

Ключевые слова:

хлопчатник, Gossypium hirsutum L., Gossypium barbadense L., интенсивность транспирации, традиционное орошение,

капельное орошение, ресурсосберегающее орошение, эффективное использование воды.

Abstract.

This article examines the daily dynamics of transpiration intensity, one of the important indicators of water exchange, in cotton varieties grown under the conditions of the Surkhondarya region under conventional and resource-efficient irrigation methods. Comparison of the irrigation methods showed that more stable soil moisture in the root zone under drip irrigation affects the transpiration process of cotton varieties. The response of the varieties to the irrigation methods differed, which was associated with their water exchange characteristics and ecological adaptability. The results obtained are of scientific and practical importance for efficient water use, optimization of cotton water requirements, and improvement of resource-efficient irrigation technologies.

Key words:

cotton, Gossypium hirsutum L., Gossypium barbadense L., transpiration intensity, conventional irrigation, drip irrigation, resource-efficient irrigation, water use efficiency.

Kirish.

So'nggi yillarda global iqlim o'zgarishi, havo haroratining ortishi va suv resurslarining cheklanishi sug'orma dehqonchilikda suvdan samarali foydalanish masalasini yanada dolzarb holga keltirmoqda. Ayniqsa, qurg'oqchil va issiq iqlimga ega hududlarda qishloq xo'jaligi ekinlarining suvga bo'lgan ehtiyojini maqbullashtirish, sug'orish suvlaridan samarali foydalanish hamda suv tanqisligi sharoitida o'simliklarning fiziologik barqarorligini ta'minlash muhim vazifalardan biri hisoblanadi. Shu nuqtayi nazardan, suv tejamkor sug'orish texnologiyalarini joriy etish bilan bir qatorda, turli sug'orish usullarining o'simliklarning suv almashinuvi jarayonlariga ta'sirini fiziologik ko'rsatkichlar asosida baholash muhim ilmiy-amaliy ahamiyatga ega.

G'oz suvga talabchan ekinlardan biri bo'lib, uning o'sishi, rivojlanishi va hosil shakllanishi tuproqdagi namlik bilan bevosita bog'liq. O'simlik tomonidan o'zlashtirilgan suvning muayyan qismi fiziologik jarayonlarda foydalanilsa, katta qismi transpiratsiya orqali atmosfera muhitiga chiqariladi. Shu sababli transpiratsiya o'simlikning suv rejimini, suv bilan ta'minlanganlik darajasini va tashqi muhit omillariga fiziologik javobini ifodalovchi muhim ko'rsatkichlardan biridir. Transpiratsiya jadalligi havo harorati, nisbiy namlik, yorug'lik, barg yuzasi, tuproq namligi va o'simlikning nav xususiyatlariga qarang o'zgaradi.

Ibragimov va hammualliflar tomonidan O'zbekiston sharoitida g'o'zani tomchilatib va an'anaviy egatlab sug'orish usullari taqqoslanib, tomchilatib sug'orishda suvdan foydalanish samaradorligi yuqori bo'lishi va sug'orish suvining sezilarli darajada tejallishi aniqlangan. Xususan, optimal sug'orish rejimida tomchilatib sug'orish egatlab sug'orishga nisbatan sug'orish suvini o'rtacha 32 % tejash, sug'orish suvdan foydalanish samaradorligini esa o'rtacha 71 % oshirish imkonini bergan. Mualliflar ushbu samaradorlikni sug'orish suvining miqdori va uning ildiz zonasiga berilishini aniq boshqarish imkoniyati bilan bog'laganlar. Shu bilan birga, tadqiqotda ekinning suv sarfi transpiratsiya va tuproq yuzasidan bug'lanish yig'indisi sifatida baholangan. Bu esa sug'orish usullarining nafaqat suv sarfi va hosildorlikka, balki o'simlikning suv almashinuvi jarayonlariga ta'sirini fiziologik ko'rsatkichlar asosida baholash zarurligini ko'rsatadi.¹

G'o'zada sug'orish usuli nafaqat sug'orish suvining sarfi va suvdan foydalanish samaradorligiga, balki tuproqdagi suvning taqsimlanishi hamda ildiz tizimining rivojlanishiga ham ta'sir ko'rsatadi. Tomchilatib va egatlab sug'orishni taqqoslash asosida olib borilgan tadqiqotlarda tomchilatib sug'orishda suvdan foydalanish samaradorligi egatlab sug'orishga nisbatan 16 % yuqori bo'lgan. Shu bilan birga, ildizlarning tarqalishi va faoliyati tuproqdagi suvning taqsimlanishiga mos ravishda o'zgarganligi, egatlab sug'orishda 0,6 m dan pastki qatlamlardan suv o'zlashtirilishi tomchilatib sug'orishga nisbatan yuqoriroq bo'lganligi aniqlangan. Ushbu natijalar sug'orish usuli g'o'zaning tuproqdagi suvdan foydalanish xususiyatlarini o'zgartirishi mumkinligini ko'rsatadi. Shu sababli sug'orish usullarining g'o'za o'simligidagi suv almashinuvi jarayonlariga, jumladan transpiratsiya jadalligiga ta'sirini o'rganish muhim ahamiyatga ega.²

Jumaniyazov A. va boshqalarga ko'ra, Xorazm viloyatining tuproqlarida g'o'zaning SP-40 navi shonalash davrida transpiratsiya jarayonini o'rganilganda undagi ko'rsatkichlar 605-621 g/m² atrofida ekanligi aniqlangan bo'lsa, ushbu ko'rsatkich gullash fazasiga kelib 613-625 g/m² atrofida, pishish fazasiga kelib esa 601-613 g/m² atrofida ekanligi qayd etilgan. Yani g'o'zaning vegetatsiya davrida, ayniqsa gullash-ko'saklash fazasida transpiratsiya jadalligi ortadi, bu esa tuproqdagi namlik zaxiralarining sarfini ko'paytiradi. Shu bois, g'o'za yetishtirishda suv ta'minoti, agrotexnik tadbirlar va muhitning harorat-namlik rejimini inobatga olish o'simlikning fiziologik barqarorligi va hosildorligini oshirishda muhim ahamiyat kasb etadi.³

Tadqiqotlar davomida o'rganilgan g'o'za navlarida tuproqdagi tuzlar konsentratsiyasi va namlik darajasiga qarab suv bug'lanishining intensivligidagi o'zgarishlar aniqlangan. Barcha navlarda, nazorat hamda tajriba variantlarida ham, transpiratsiya intensivligi ertalabki soatlarda past, kunduzgi vaqtda eng yuqori, kechki vaqtda esa yana past bo'lgani kuzatilgan.⁴

G'o'zaning suv sarfi va evapotranspiratsiyasi hududning tabiiy-iqlim sharoiti, sug'orish usuli va sug'orish rejimiga bog'liq bo'lib, o'simlik ayniqsa gullash davrida suv tanqisligiga sezgir hisoblanadi. Shu sababli sug'orish muddatlarini ekinning evapotranspiratsiya talabiga moslashtirish muhim ahamiyatga ega. G'o'zaning suvdan foydalanish samaradorligi ham yetishtirish hududi, sug'orish usuli va nav xususiyatlariga qarab sezilarli darajada farq qilishi mumkin. Suv tanqisligi sharoitida fotosintez jadalligi kabi fiziologik ko'rsatkichlar pasayishi kuzatilsada, g'o'zaning qurg'oqchilikka ma'lum darajada chidamliligi sababli defitsit sug'orish suv resurslarini boshqarishning samarali usuli sifatida qo'llanishi mumkin. Shu bois g'o'zada suv ta'minoti rejimini maqbullashtirishda sug'orish usuli va o'simlikning rivojlanish fazalarini hisobga olish muhimdir.⁵

Bunda sug'orish rejimining o'simlik suv almashinuvi jarayonlariga ta'sirini baholash, ayniqsa, gullash-ko'saklash fazasida transpiratsiya jadalligining kunlik dinamikasini aniqlash g'o'zaning suvga bo'lgan fiziologik talabini chuqurroq baholash imkonini beradi. Shundan kelib chiqib, resurs tejankor sug'orish texnologiyalaridan biri bo'lgan tomchilatib sug'orishning turli g'o'za navlarida transpiratsiya jadalligining kunlik dinamikasiga ta'sirini aniqlash muhimdir. Ayniqsa, gullash-ko'saklash fazasida o'simlikning suvga bo'lgan talabi ortishi sababli ushbu davrda transpiratsiya jarayonining sug'orish usuliga javobini baholash alohida ahamiyat kasb etadi. Shu munosabat bilan mazkur tadqiqotning maqsadi an'anaviy va tomchilatib sug'orilgan variantlarda g'o'za navlarining transpiratsiya jadalligini kun davomida ikki soatlik intervalda aniqlash, navlar o'rtasidagi farqlarni baholash hamda resurs tejankor sug'orish usulining o'simlik suv almashinuvidagi ahamiyatini asoslashdan iborat.

Tadqiqot obyekti va uslublari.

Tadqiqot Ingichka tolali paxtachilik ilmiy-tadqiqot instituti tajriba stansiyasida amalga oshirildi. Tadqiqot obyekti sifatida g'o'za o'simligining turli navlari (SP 16-07, Termiz 202, Namangan-77, Buxoro-102, Istiqlol-14,

1 Ibragimov N., Evett S.R., Esanbekov Y., Kamilov B.S., Mirzaev L., Lamers J.P.A. Water use efficiency of irrigated cotton in Uzbekistan under drip and furrow irrigation // *Agricultural Water Management*. – 2007. – Vol. 90, No. 1–2. – P. 112–120.

2 Kuang N., Hao C., Liu D., Maimaitiming M., Xiaokaitijiang K., Zhou Y., Li Y. Modeling of cotton yield responses to different irrigation strategies in Southern Xinjiang Region, China // *Agricultural Water Management*. – 2024. – Vol. 303. – 109018. DOI: 10.1016/j.agwat.2024.109018.

3 Jumaniyazov A. va boshqalar, G'o'zaning yangi SP-40 navi barglarida kechadigan transpiratsiya jarayoni/ Xorazm Ma'mun akademiyasi axborotnomasi –12-1/2023. 197-200 betlar.

4 Холлиев А. Э., Норбоева У. Т., Ибрагимов Х. М. ВОДООБМЕН И СОЛЕУСТОЙЧИВОСТЬ СОРТОВ ХЛОПЧАТНИКА В УСЛОВИЯХ ПОЧВЕННОЙ ЗАСОЛЕНИЯ И ЗАСУХИ // *Ученый XXI века*. 2016. №5-4 (18).

5 Koudahe, K.; Sheshukov, A.Y.; Aguilar, J.; Djaman, K. Irrigation-Water Management and Productivity of Cotton: A Review. *Sustainability* 2021, 13, 10070. <https://doi.org/10.3390/su131810070>



Mang'it-1, S 8298) dan foydalanildi. Eksperimental uchastkalarni joylashtirish B.A.Dospexov metodikasi bo'yicha olib borildi.⁶ Ekinlarni parvarish qilish mintaqada tavsiya etilgan tadbirlarga muvofiq amalga oshirildi.

Barglarining transpiratsiya jadalligi analitik tarozida tezlik bilan tortib olish usuli bilan aniqlandi (L.A.Ivanov usuli).⁷ Transpiratsiya jadalligini aniqlash ertalab soat 8 dan kech soat 20 gacha uch marta takrorlanish asosida olib borildi.

Transpiratsiya intensivligi (TJ) quyidagi formula bo'yicha hisoblanadi:

$$TJ = \frac{a \cdot 60 \cdot 10000}{S \cdot t} \quad \text{g/m}^2\text{-soat}$$

bu erda

a - 3 daqiqada barg yuzasidan bug'lanib ketgan suv miqdori, g.

S - barg maydoni, sm^2 ;

t - tajriba davomiyligi (ushbu holatda 3 daqiqa), min;

60 - soatni daqiqaga aylantirish koeffitsienti;

10000 - m^2 dan sm^2 ga aylantirish koeffitsienti

Olingan eksperimental ma'lumotlarni matematik va statistik qayta ishlash zamonaviy kompyuter dasturlari yordamida amalga oshirildi.

Tadqiqot natijalari va uning muhokamasi.

O'simliklarning suv almashinuvi jarayonlarining muhim ko'rsatkichlaridan biri transpiratsiya jadalligi va uning kun davomida o'zgarish dinamikasidir. O'simlikning suv bilan ta'minlanganlik darajasi, barg sathining shakllanishi, havo harorati, nisbiy namlik va tuproq namligi transpiratsiya jarayonining jadalligiga bevosita ta'sir ko'rsatadi. G'o'za o'simligida yuqori va barqaror hosil shakllanishi uchun suv ta'minotining maqbul darajada bo'lishi hamda o'simlik tomonidan suvning samarali o'zlashtirilishi muhim ahamiyatga ega.

Sug'orish usuli o'simlikning suv bilan ta'minlanish rejimini shakllantiruvchi asosiy agrotexnik omillardan biri hisoblanadi. An'anaviy egatlab sug'orishda tuproq namligining vaqt davomida o'zgarishi bilan bir qatorda suvning dalada taqsimlanishi ham o'ziga xos xususiyatga ega bo'lsa, tomchilatib sug'orishda suvning bevosita ildiz zonasiga nisbatan muntazam yetkazib berilishi tuproq namligini barqarorroq saqlash imkonini beradi. Shu sababli

⁶ Доспехов Б.А. Методика полевого опыта. – М., Агропромиздат, 1985. -347с

⁷ Иванов Л.А., Силина А.А., Цельникер Ю.Л. О методике быстрого взвешивания для определения транспирации в естественных условиях // Ботан. Журнал.1950.Т. 35.№ 2. С.171-185.

**G'o'za navlarining gullash-ko'saklash fazasida transpiratsiya jadalligi,
g/m² hisobida**

Navlar	An'anaviy sug'orishda, g/m ² ·soat	Tomchilatib sug'orilgan variantda, g/m ² ·soat	O'zgarish, %
SP 16-07	495,3 ± 5,5	530,0 ± 6,1	+7,0
Termiz 202	355,7 ± 5,7	387,7 ± 6,2	+9,0
Namangan-77	162,1 ± 8,3	183,2 ± 8,9	+13,0
Buxoro-102	156,2 ± 7,1	171,8 ± 7,6	+10,0
Istiqol-14	211,8 ± 9,5	243,6 ± 10,2	+15,0
Mang'it-1	204,8 ± 8,5	221,2 ± 9,0	+8,0
S 8298	184,2 ± 6,9	206,3 ± 7,3	+12,0

turli sug'orish usullarida g'o'za navlarining transpiratsiya jadalligi va uning kunlik o'zgarishini o'rganish o'simlikning suv almashinuvi xususiyatlarini baholashda muhim ahamiyatga ega.

Tadqiqot natijalariga ko'ra, Surxondaryo viloyatida yetishtirilayotgan ayrim g'o'za navlarining gullash-ko'saklash fazasida transpiratsiya jadalligi navlar kesimida sezilarli darajada farq qilishi aniqlanib, bu ko'rsatkich o'simlikning suv bilan ta'minlanganlik darajasi, tashqi muhit sharoitlariga javobi va ekologik moslashuvchanligini aks ettiradi (1-jadval).

Olib borilgan tadqiqotlarda g'o'za navlarining transpiratsiya jadalligi sug'orish usuliga qarab turlicha o'zgarishni aniqlandi. An'anaviy sug'orilgan variantda navlar bo'yicha transpiratsiya jadalligi 156,2–495,3 g/m²·soat, tomchilatib sug'orilgan variantda esa 171,8–530,0 g/m²·soat oralig'ida bo'ldi. Barcha o'rganilgan navlarda tomchilatib sug'orilgan variantda transpiratsiya jadalligining an'anaviy sug'orilgan variantga nisbatan yuqoriligi kuzatildi.

An'anaviy sug'orilgan variantda eng yuqori transpiratsiya jadalligi SP 16-07 navida 495,3 ± 5,5 g/m²·soat ni tashkil etgan bo'lsa, tomchilatib sug'orilgan variantda ushbu ko'rsatkich 530,0 ± 6,1 g/m²·soat gacha oshdi. O'zgarish 7,0 % ni tashkil etdi. Termiz 202 navida transpiratsiya jadalligi 355,7 ± 5,7 dan 387,7 ± 6,2 g/m²·soatgacha oshib, 9,0 % ga yuqoriladi. Mazkur ikki navda transpiratsiya jadalligining mutlaq qiymati boshqa navlarga nisbatan yuqori bo'lib, bu ularning suv almashinuvi jarayonlarining faolroq kechganligini ko'rsatadi.

Nisbatan past transpiratsiya jadalligiga ega bo'lgan navlarda ham tomchilatib sug'orishga javoban ko'rsatkichning ortishi kuzatildi. Jumladan, Namangan-77 navida transpiratsiya jadalligi 162,1 ± 8,3 dan 183,2 ± 8,9 g/m²·soatgacha, ya'ni 13,0 % ga oshdi. Buxoro-102 navida esa 156,2 ± 7,1 dan 171,8 ± 7,6 g/m²·soatgacha ko'tarilib, o'sish 10,0 % ni tashkil etdi. Ushbu navlarda mutlaq transpiratsiya qiymatlari past bo'lishiga qaramay, tomchilatib

sug'orishga javoban nisbatan aniq o'sish kuzatilgan.

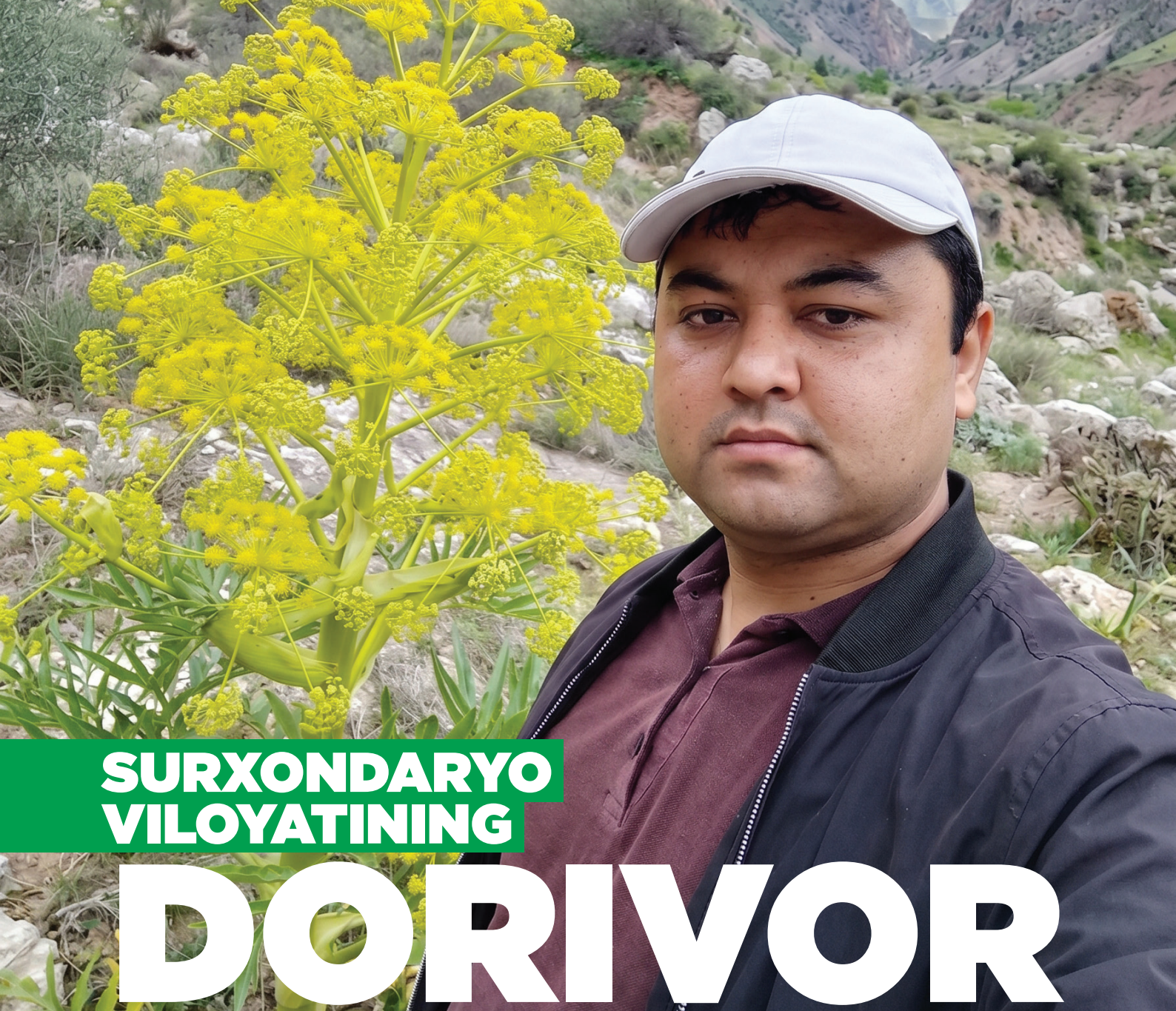
Tomchilatib sug'orishga eng yuqori nisbiy javob Istiqol-14 navida qayd etildi. Ushbu navda transpiratsiya jadalligi 211,8 ± 9,5 g/m²·soatdan 243,6 ± 10,2 g/m²·soatgacha oshib, o'zgarish 15,0 % ni tashkil etdi. Bu o'rganilgan navlar orasidagi eng yuqori o'sish bo'ldi. Mang'it-1 navida esa transpiratsiya jadalligi 204,8 ± 8,5 dan 221,2 ± 9,0 g/m²·soatgacha, ya'ni 8,0 % ga oshgan. S 8298 navida ushbu ko'rsatkich 184,2 ± 6,9 dan 206,3 ± 7,3 g/m²·soatgacha ko'tarilib, 12,0 % ga yuqorilagan.

Transpiratsiya jadalligining tomchilatib sug'orilgan variantda oshishi o'simlikning suv bilan ta'minlanish holatining yaxshilanishi bilan izohlanishi mumkin. Tomchilatib sug'orishda suvning o'simlik ildiz tizimi joylashgan qatlamga muntazam yetkazib berilishi natijasida o'simlikning suv bilan ta'minlanishi nisbatan barqaror kechishi va barglarda suv almashinuvi jarayonlarining faol davom etishi uchun qulay sharoit yuzaga kelishi mumkin.

Olingan natijalar g'o'za navlarining suv almashinuvi jarayonlari sug'orish usuli bilan bir qatorda navning biologik xususiyatlariga ham bog'liq ekanligini ko'rsatadi. Shu sababli resurs tejankor sug'orish texnologiyalarini baholashda faqat mavsumiy suv sarfini emas, balki o'simlikning transpiratsiya jadalligi va uning kunlik dinamikasini ham hisobga olish maqsadga muvofiqdir.

Xulosa.

Tadqiqot natijalariga ko'ra, g'o'za navlarida transpiratsiya jadalligi sug'orish usuli va navlarning biologik xususiyatlariga bog'liq holda turlicha o'zgardi. Tomchilatib sug'orilgan variantda barcha navlarda transpiratsiya jadalligi an'anaviy sug'orishga nisbatan 7,0–15,0 % ga yuqori bo'ldi. Eng yuqori ko'rsatkich SP 16-07 navida (530,0 ± 6,1 g/m²·soat), eng past ko'rsatkich esa Buxoro-102 navida (171,8 ± 7,6 g/m²·soat) qayd etildi. Tomchilatib sug'orishga eng yuqori nisbiy javob Istiqol-14 navida (15,0 %) kuzatildi. Olingan natijalar sug'orish usuli va nav xususiyatlari g'o'zaning suv almashinuvi jarayonlariga sezilarli ta'sir ko'rsatishini ko'rsatadi.



**SURXONDARYO
VILOYATINING**

DORIVOR O‘SIMLIKLARI

VA ULARDAN OQILONA FOYDALANISH

**Abdunazar Sharipov,
Xurshida Yusupova,**
Botanika kafedrası, TerDU

Rezyume.

*The article analyzes the species diversity, ecological distribution and sustainable utilization of medicinal plants in Surkhandarya Region, Uzbekistan. Recent floristic studies have documented more than 2,200 vascular plant species in the region, including numerous medicinal, rare and endemic taxa. Particular attention is given to *Ferula tadshikorum* Pimenov, *Glycyrrhiza glabra*, *Peganum harmala*, *Alhagi pseudalhagi* and *Ziziphora tenuior*. The study substantiates the need for monitoring natural populations, applying GIS technologies, regulating wild harvesting and establishing plantations of promising species.*

Key words:

*Surkhandarya Region, medicinal plants, *Ferula tadshikorum*, sustainable utilization.*

Резюме.

В статье проанализированы видовое разнообразие, экологическое распространение и перспективы рационального использования лекарственных растений Сурхандарьинской области. Современные флористические исследования показывают наличие более 2200 видов сосудистых растений, значительная часть которых обладает лекарственным значением. Особое внимание уделено видам *Ferula tadshikorum* Pimenov, *Glycyrrhiza glabra*, *Peganum harmala*, *Alhagi pseudalhagi* и *Ziziphora tenuior*. Обоснована необходимость мониторинга природных популяций, применения ГИС-технологий, рационального сбора сырья и создания плантаций перспективных видов.

Ключевые слова:

Сурхандарьинская область, лекарственные растения, *Ferula tadshikorum*, рациональное использование.

Kirish

O'simliklar dunyosi insoniyat uchun oziq-ovqat, yemxashak, dorivor xomashyo, efir moylari va boshqa ko'plab biologik resurslarning asosiy manbalaridan biridir. Ayniqsa, dorivor o'simliklar inson salomatligini saqlash, farmatsevtika sanoati uchun tabiiy biologik faol moddalar olish va xalq tabobati an'analari rivojlantirishda katta ahamiyatga ega. O'zbekiston hududining tabiiy-geografik sharoiti nihoyatda xilma-xil bo'lgani sababli mamlakat florasi ham boy va rang-barangdir, ushbu floristik boylik tarkibida dorivor xususiyatga ega bo'lgan ko'plab yovvoyi va madaniy o'simliklar mavjud. Surxondaryo viloyati O'zbekistonning janubida joylashgan bo'lib, hududning geografik o'rni, iqlimi va relyefi uning floristik xilma-xilligini belgilovchi asosiy omillardan hisoblanadi. Viloyatda cho'l va quruq tekisliklardan tortib tog' tizmalari va baland tog' ekotizimlarigacha bo'lgan tabiiy sharoitlar mavjud, shu sababli o'simliklarning turli ekologik guruhlari bir hudud doirasida uchraydi. Keng qamrovli floristik tadqiqotlarda Surxondaryo tabiiy florasi 2202 ta yovvoyi tomirli o'simlik turini, 615 ta turkum va 96 ta oilani qamrab olishi hamda 62 ta endemik tur mavjudligi qayd etilgan. Floristik xilma-xillik ayniqsa o'rta balandliklarda yuqori bo'lib, *Asteraceae*, *Fabaceae*, *Poaceae*, *Brassicaceae*, *Apiaceae* va *Lamiaceae* oilalari muhim o'rin egallaydi.¹²

Surxondaryoning tog' va tog'oldi hududlari dorivor o'simliklarning tabiiy genofondini saqlash nuqtayi nazari-

dan ham muhim hisoblanadi. Boysun, Bobotog', Ko'hitang, Sangardak-To'palang va boshqa botanika-geografik hududlarda dorivor va foydali o'simliklarning ko'plab turlari tarqalgan. Xususan, *Ferula tadshikorum* Pimenov, shirinmiya (*Glycyrrhiza glabra* L.), isiriq (*Peganum harmala* L.), shuningdek yalpizdoshlar, ziradoshlar va qoqi o'tdoshlar oilalariga mansub bir qator turlar xalq tabobati va tabiiy resurs sifatida e'tiborga loyiqdir.³

Dorivor o'simliklarning ahamiyati faqat ularning shifobaxsh xususiyatlari bilan cheklanmaydi. Ular tabiiy ekotizimlarning tarkibiy qismi sifatida tuproqni himoyalash, changlatuvchi hasharotlarni oziqa bilan ta'minlash, biologik xilma-xillikni saqlash va mahalliy aholining iqtisodiy faoliyatida ishtirok etish kabi ekologik hamda ijtimoiy funksiyalarni ham bajaradi. Shu sababli dorivor o'simliklarni faqat xomashyo manbai sifatida emas, balki tabiiy ekotizimning muhim komponenti sifatida baholash zarur.

Tadqiqotning maqsadi

Tadqiqotning maqsadi — Surxondaryo viloyatida tarqalgan dorivor o'simliklarning floristik xilma-xilligi, ekologik tarqalishi, amaliy ahamiyati va tabiiy resurslaridan foydalanish holatini ilmiy manbalar asosida tahlil qilish hamda ularni muhofaza qilish va barqaror foydalanishning ustuvor yo'nalishlarini aniqlashdan iborat. Shu maqsadda hududda tarqalgan muhim dorivor turlarni aniqlash, ularning ekologik sharoitlar bilan bog'liq tarqalish xususiyatlarini va xalq tabobatidagi qo'llanilishini baholash, tabiiy resurslarga ta'sir etuvchi omillarni belgilash hamda muhofaza, monitoring va madaniylashtirish bo'yicha ilmiy-amaliy takliflar ishlab chiqish vazifalari qo'yildi.

Tadqiqot materiallari va usullari

Maqola tahliliy-sharh xarakterida bo'lib, unda Surxondaryo florasi va dorivor o'simliklarga oid ilmiy maqolalar, floristik ma'lumotlar, etnobotanik tadqiqotlar hamda hududning o'simlik resurslarini xaritalashga bag'ishlangan ilmiy ishlardan foydalanildi. Surxondaryo florasining zamonaviy tarkibini baholashda 2020-2024 yillarda olib borilgan dala kuzatuvlari, gerbariy materiallari va raqamli floristik ma'lumotlar asosida shakllantirilgan tadqiqot natijalari hisobga olindi.⁴

Tadqiqotda floristik-tahliliy, ekologik, qiyosiy, etnobotanik va kartografik usullardan foydalanish tamoyillari asos qilib olindi. Dorivor o'simliklarning tarqalishi ekologik sharoit, balandlik mintaqalari va tabiiy landshaftlar bilan bog'liq holda tahlil qilindi. *Ferula tadshikorum* misolida geografik axborot tizimi (GIS) va 4×4 km katakli

1 Phylogenetic Diversity and Community Assembly of Vascular Plants Along Environmental Gradients in the Western Pamir–Alay: A Case Study from Surkhondaryo Province, Southern Uzbekistan // Ecology and Evolution. – 2026.

2 Tojibaev K.Sh., Turginov O.T., Juramurodov I. et al. Taxonomic Diversity of Vascular Plants in the Flora of Surkhondaryo Region. – Tashkent, 2026.

3 Mamatmusayeva Z.N. Medicinal Plants of Surkhondaryo // International Journal of Artificial Intelligence. – 2025. – Vol. 5, Issue 01. – P. 671–673.

4 O'zbekiston Respublikasi Fanlar akademiyasi Botanika instituti. Useful Plants of Uzbekistan Series: Flora of Surkhondaryo (Vol. I). – Toshkent, 2025.

xaritalash usulining dorivor o'simlik resurslarini o'rganishdagi imkoniyatlari ko'rib chiqildi. Mazkur tur bo'yicha O'zbekiston hududida, jumladan Surxondaryoda, 4×4 km katakli xaritalash amalga oshirilgan va viloyatning ayrim botanika-geografik hududlarida turning tarqalishi aniqlangan.⁵

Natijalar va muhokama

Surxondaryo florasining dorivor o'simliklar uchun ahamiyati

Surxondaryoning floristik boyligi, avvalo, hududning tabiiy-geografik sharoitlari bilan bog'liq. Viloyat janubiy O'zbekistonning nisbatan iliq hududlaridan biri bo'lib, tekislik, cho'l, adir, tog'oldi va tog' ekotizimlarining o'zaro almashinuvi o'simliklar xilma-xilligi uchun qulay sharoit yaratadi. Zamonaviy ma'lumotlarga ko'ra, viloyat florasida 2202 ta tomirli o'simlik turi aniqlangan; eng boy oilalar qatorida *Asteraceae*, *Fabaceae* va *Poaceae* alohida ajralib turadi. *Apiaceae* va *Lamiaceae* oilalari esa hududning dorivor o'simliklar xilma-xilligida muhim o'rin tutadi.

Surxondaryo hududida o'simliklarning tarqalishi balandlik bo'yicha ham sezilarli darajada o'zgaradi. Tadqiqotlarda umumiy floristik xilma-xillikning o'rta balandliklarda, ayniqsa 600–1600 m oralig'ida, yuqoriligi qayd etilgan; 1000–1100 m atrofida turlar xilma-xilligining eng yuqori qiymatlari kuzatilgan. Bu holat tog'oldi va o'rta tog' ekotizimlarining dorivor o'simliklarni o'rganish

uchun alohida istiqbolli ekanligini ko'rsatadi.

Muhim dorivor o'simlik turlari

surxondaryoda uchraydigan dorivor o'simliklar sistematik jihatdan turli oilalarga mansub. Ularning ayrimlari tabiiy holda keng tarqalgan bo'lsa, ayrimlari muayyan ekologik sharoitlar bilan chegaralangan. Boysun tog'li hududlarida o'tkazilgan tadqiqotlarda isiriq, shirinmiya, shuvoq, rayhon, qoqi o't va zig'ir kabi o'simliklar dorivor ahamiyatga ega turlar sifatida qayd etilgan. Hududda eng ko'p uchraydigan va resurs salohiyati yuqori bo'lgan turlar 1-jadvalda keltirilgan.⁶

O'zbekistonning qurg'oqchil hududlari bo'yicha olib borilgan tadqiqotlarda 529 ta dorivor tur 70 ta oila va 269 ta turkum doirasida qayd etilgan. Ular orasida *Peganum harmala*, *Capparis spinosa*, *Ferula foetida*, *Glycyrrhiza glabra*, *Alhagi pseudalhagi*, *Lagochilus inebrians*, *Ziziphora tenuior* va *Cichorium intybus* kabi turlar keng tarqalgan hamda mahalliy aholining an'anaviy tabobatida uzoq vaqt davomida qo'llanib kelgan.⁷

Kovrak turlarining dorivor ahamiyati

Surxondaryo dorivor florasida *Ferula* turkumi alohida o'rin egallaydi. Kovraklar *Apiaceae* oilasiga mansub ko'p yillik o'simliklar bo'lib, ularning ayrim turlaridan biologik faol smolali mahsulotlar olinadi. O'zbekiston florasida ushbu turkumning 47 turi qayd etilgan bo'lib, ulardan ayrimlari muhofazaga muhtoj hisoblanadi. Surxondaryoda kovrakning 10 dan ortiq turi tarqalgan (1-rasm).

1-jadval

Surxondaryo viloyatida muhim dorivor ahamiyatga ega o'simlik turlari

№	O'simlik turi	Oilasi	Asosiy ahamiyati
1	<i>Ferula tadshikorum</i> Pimenov	<i>Apiaceae</i>	Dorivor smola va tabiiy xomashyo
2	<i>Ferula foetida</i> (Bunge) Regel	<i>Apiaceae</i>	Smola va dorivor xomashyo
3	<i>Glycyrrhiza glabra</i> L.	<i>Fabaceae</i>	Ildiz, glitsirrizin manbai
4	<i>Peganum harmala</i> L.	<i>Nitrariaceae</i>	Xalq tabobati, biologik faol alkaloidlar
5	<i>Alhagi pseudalhagi</i> (M. Bieb.) Desv. ex Wangerin	<i>Fabaceae</i>	Dorivor va asalchilik ahamiyati
6	<i>Cichorium intybus</i> L.	<i>Asteraceae</i>	Dorivor va oziqaviy foydalanish
7	<i>Ziziphora tenuior</i> L.	<i>Lamiaceae</i>	Efir moyli dorivor o'simlik
8	<i>Silybum marianum</i> (L.) Gaertn.	<i>Asteraceae</i>	Dorivor xomashyo
9	<i>Lagochilus inebrians</i> Bunge	<i>Lamiaceae</i>	Mahalliy dorivor o'simlik
10	<i>Thymus</i> turkumiga mansub turlar	<i>Lamiaceae</i>	Efir moyi va xalq tabobati
11	<i>Hypericum</i> turkumiga mansub turlar	<i>Hypericaceae</i>	Dorivor xomashyo
12	<i>Artemisia</i> turkumiga mansub turlar	<i>Asteraceae</i>	Dorivor va aromatik ahamiyat

5 Sharipov E.A. Grid System Mapping of *Ferula tadshikorum* Pimenov (*Apiaceae*) Distributed in Uzbekistan // American Journal of Plant Sciences. – 2024. – Vol. 15, No. 10. – DOI: 10.4236/ajps.2024.1510062.

6 Boynazarova

– 2025. – Vol. 2, Issue 5. – P. 172–176.

7 The Main Medicinal Plants in Arid Regions of Uzbekistan and Their Traditional Use in Folk Medicine // Plants. – 2023. – Vol. 12, No. 16. – Article 2950.



F. foetida (asafetida)



F. tadshikorum



F. kuhistanica

1-rasm.

Ferula tadshikorum Pimenov Surxondaryoning dorivor-resurs salohiyati yuqori bo'lgan turlaridan biridir. Mazkur turning tabiiy tarqalishi janubi-g'arbiy Hisor, Panjoldi va Hisor-Darvoz hududlarining adir va past tog' mintaqalari bilan bog'liq bo'lib, u taxminan 700–1800 m balandliklarda uchraydi. Surxondaryoda turning asosiy tarqalish hududlari Bobotog', Boysun va Ko'hitang botanika-geografik hududlari hisoblanadi. 4×4 km katakli xaritalash natijasida viloyatda tur 109 ta katakda qayd etilgan.

*F. tadshikorum*ning mahalliy aholi hayotidagi o'rni faqat dorivor xomashyo bilan chegaralanmaydi. Etnobotanik tadqiqotlar uning yer ustki qismlaridan oziq-ovqat sifatida ham foydalanilganini ko'rsatadi. Surxondaryo aholisi orasida mazkur o'simlik xalq tabobatida turli holatlarda — gelmintoz, shamollash, yo'tal, qabziyat va ichak yallig'lanishi kabi — qo'llanib kelgani hujjatlashtirilgan. Shu bilan birga, mualliflar mazkur etnobotanik ma'lumotlarni zamonaviy fitokimyoviy va farmakologik tadqiqotlar bilan yanada chuqurroq tekshirish zarurligini ta'kidlaydi.¹

Kovraklarning tabiiy populyatsiyalaridan foydalanishda eng muhim masala xomashyo yig'imining intensivligini nazorat qilishdir: ildiz yoki ildiz bo'yni olinishi turning qayta tiklanishiga salbiy ta'sir ko'rsatadi. Shu sababli resurs zaxirasini aniqlash va yig'im me'yorlarini ekologik jihatdan asoslash zarur.

Shirinmiya va uning ekologik ahamiyati

Glycyrrhiza glabra L. — *Fabaceae* oilasiga mansub ko'p yillik dorivor o'simlik bo'lib, ildizlarida glitsirizin va boshqa biologik faol birikmalar mavjudligi sababli farmatsevtik jihatdan qimmatli hisoblanadi. O'zbekistonda shirinmiya ayrim daryo vodiylari va namligi nisbatan yuqori bo'lgan hududlarda, jumladan Surxondaryo viloyatida ham uchraydi.

Uning kuchli ildiz tizimi qurg'oqchilik va sho'rlanish sharoitida saqlanib qolishga imkon beradi. Biroq tabiiy populyatsiyalarning haddan tashqari ekspluatatsiya qilinishi ularning kamayishiga olib keladi; shu sababli shirinmiyani plantatsiya sharoitida yetishtirish tabiiy zaxiralarga tushadigan bosimni kamaytirishning istiqbolli yo'lidir.

Isiriq va boshqa cho'l-o'tloq dorivor o'simliklari

Peganum harmala L. — O'zbekistonning qurg'oqchil hududlarida keng tarqalgan dorivor o'simliklardan biridir. Uning ekologik moslashuvchanligi yuqori bo'lib, turli quruq sharoitlarda o'sishi mumkin. O'simlik tarkibida biologik faol alkaloidlar mavjudligi uning farmakologik tadqiqotlarda qiziqish uyg'otishiga sabab bo'lgan.

Isiriqning xalq tabobatidagi o'rni uzoq tarixga ega bo'lsa-da, tarkibidagi alkaloidlar biologik faol bo'lgani sababli undan foydalanishda ilmiy asoslangan yondashuv zarur: xalq tabobatida ishlatiladigan o'simlikni dorivor preparat bilan tenglashtirib bo'lmaydi, klinik samaradorlik va xavfsizlik alohida farmakologik tadqiqotlar orqali baholaniadi.

Boysun hududida dorivor o'simliklarni o'rganishga bag'ishlangan tadqiqotlarda *Artemisia absinthium*, *Taraxacum officinale*, *Linum usitatissimum*, *Glycyrrhiza glabra* va *Peganum harmala* kabi turlar qayd etilgan. Bu ma'lumotlar tog' va tog'oldi ekotizimlarining dorivor o'simliklar uchun muhim genofond ekanligini ko'rsatadi.

Yalpizdoshlar oilasining dorivor salohiyati

Surxondaryo florasida *Lamiaceae* oilasi dorivor va efir moyli o'simliklarning muhim guruhlaridan biri hisoblanadi. Ushbu oilaga mansub ko'plab turlarda efir moy-

¹ Sharipov A., Samatova Sh., Makhkamov T., Karamatova G., Muminov M., Chorshanbiyev F., Shokirov A., Bussmann R.W. Ethnobotanical Investigation of *Ferula tadshikorum* Pimenov in Surkhandarya Region, Uzbekistan // *Ethnobotany Research and Applications*. – 2025. – Vol. 30. – P. 1–11.

lari, flavonoidlar, fenolik birikmalar va boshqa ikkilamchi metabolitlar uchraydi. O'zbekistondagi etnobotanik tadqiqotlarda *Ajuga turkestanica*, *Scutellaria ramosissima*, *Stachys betoniciflora*, *Thymus seravschanicus* va boshqa turlar xalq tabobatida turli maqsadlarda ishlatilgani ko'rsatilgan; ayrim namunalar Surxondaryo hududidan ham yig'ilgan.²

Ushbu oila turlarining yana bir afzalligi ularni madaniy sharoitda yetishtirish imkoniyatidir: bu tabiiy populyatsiyalarni saqlash bilan birga standartlashtirilgan xomashyo olish imkonini beradi.

Dorivor o'simliklarni muhofaza qilish muammolari

Surxondaryoda dorivor o'simliklarni muhofaza qilish masalasi hududning umumiy biologik xilma-xilligini saqlash masalasi bilan chambarchas bog'liq. Zamonaviy tadqiqotlarda viloyatda 62 ta endemik o'simlik turi aniqlangan; bundan tashqari, noyob va muhofazaga muhtoj turlar ham hududning turli ekologik zonalarida tarqalgan. Endemik va Qizil kitobga kiritilgan turlarning 1504 ta uchrashuv yozuvi asosida olib borilgan fazoviy tahlillar ayrim ustuvor hududlarni ajratib ko'rsatgan.

Asosiy antropogen bosimlardan biri nazoratsiz yig'indir: ildizi, ildizpoyasi yoki smolasi olinadigan turlarda noto'g'ri yig'im populyatsiyaning tabiiy qayta tiklanishini keskin kamaytiradi. Bundan tashqari, yaylovlardan intensiv foydalanish, yerlarning o'zlashtirilishi, yong'inlar, iqlim o'zgarishi va yashash muhitining fragmentatsiyasi ham salbiy ta'sir ko'rsatadi. Shu sababli muntazam monitoring tizimini yaratish zarur bo'lib, u populyatsiya zichligi, yosh tarkibi, generativ individlar ulushi, qayta tiklanish darajasi va antropogen bosim ko'rsatkichlarini qamrab olishi lozim.

GIS texnologiyalarining imkoniyatlari

Dorivor o'simliklarning tabiiy resurslarini o'rganishda geografik axborot tizimlaridan foydalanish muhim istiqbolli yo'nalish hisoblanadi. GIS yordamida turning tarqalish nuqtalari, ekologik sharoitlari, balandlik, tuproq, namlik va boshqa omillar o'rtasidagi bog'liqlikni tahlil qilish mumkin. *Ferula tadshikorum* bo'yicha amalga oshirilgan 4×4 km katakli xaritalash bunga amaliy misol bo'lib, u turning mavjudligi va tarqalish arealini standartlashtirilgan fazoviy birliklarda baholash imkonini beradi.

Kelgusida viloyatning barcha muhim dorivor o'simliklari uchun yagona raqamli geoma'lumotlar bazasini shakllantirish maqsadga muvofiq. Bunday tizimda har bir tur uchun ilmiy nomi, gerbariy namunasi, koordinatasi, balandlik mintaqasi, yashash muhiti, populyatsiya holati va muhofaza maqomi saqlanadi. GIS ma'lumotlarini Max-

Ent kabi modellashtirish usullari bilan birlashtirish esa turlarning potentsial tarqalish hududlarini aniqlash imkonini beradi.

Plantatsiyalar tashkil etish va resurslardan barqaror foydalanish

Tabiiy resurslarni saqlashning samarali yo'llaridan biri istiqbolli turlarni madaniy sharoitda yetishtirishdir. Buning uchun turning biologik xususiyatlari, tuproq-iqlim talablari, ko'paytirish usullari va biologik faol moddalarning to'planish dinamikasi o'rganilishi kerak. Surxondaryo sharoitida kovrak, shirinmiya, ayrim efir moyli *Lamiaceae* turlari va dalachoyini introduksiya qilish imkoniyatlarini ilmiy asosda baholash mumkin. Bunda asosiy maqsad yuqori hosil emas, standart sifatga ega xomashyo bo'lishi kerak: yig'ish mudati, quritish sharoiti, saqlash harorati va namlik miqdori farmatsevtik talablar asosida nazorat qilinadi.

Xulosa

Surxondaryo viloyati O'zbekistonning floristik jihatdan eng boy hududlaridan biri bo'lib, uning tabiiy florasida dorivor o'simliklarning katta biologik va resurs salohiyatini shakllantiradi. Zamonaviy floristik ma'lumotlar viloyatda 2200 dan ortiq tomirli o'simlik turi mavjudligini ko'rsatadi. Hududning cho'l, adir, tog'oldi va tog' ekotizimlarining birgalikda mavjudligi dorivor o'simliklarning xilma-xil ekologik guruhlarini shakllantirgan.

Tahlil natijasida *Ferula tadshikorum*, *Ferula foetida*, *Glycyrrhiza glabra*, *Peganum harmala*, *Alhagi pseudalhagi*, *Ziziphora tenuior*, *Cichorium intybus*, *Lagochilus inebrians*, shuningdek *Thymus*, *Artemisia* va *Hypericum* turkumlariga mansub ayrim turlar Surxondaryo dorivor florasining muhim komponentlari sifatida ajratildi. Ayniqsa, *Ferula tadshikorum* viloyat uchun ilmiy va iqtisodiy jihatdan istiqbolli dorivor tur hisoblanadi: uning tarqalishini 4×4 km katakli GIS xaritalash orqali o'rganish turning tabiiy resurslarini baholash, muhofaza qilish va plantatsiyalar tashkil etish uchun ilmiy asos yaratadi.

Dorivor o'simliklardan foydalanishda uchta asosiy yo'nalish — inventarizatsiya va monitoring, tabiiy populyatsiyalarni muhofaza qilish hamda istiqbolli turlarni madaniylashtirish — o'zaro bog'liq holda olib borilishi lozim. Tabiiy resurslarni nazoratsiz yig'ish o'miga ilmiy asoslangan yig'im me'yorlarini ishlab chiqish, plantatsiyalar tashkil etish, yagona GIS ma'lumotlar bazasini shakllantirish hamda biologik faol moddalarni fitokimyoviy va farmakologik jihatdan o'rganish maqsadga muvofiqdir.

Shunday qilib, Surxondaryoning dorivor o'simliklari nafaqat xalq tabobatining tabiiy manbai, balki farmatsevtika, biotexnologiya va barqaror iqtisodiyot uchun muhim resurs hisoblanadi. Ulardan samarali foydalanishning asosiy sharti — biologik xilma-xillikni saqlash va xo'jalik manfaatlarini ekologik talablar bilan uyg'unlashtirishdir.

2 Ethnobotanical Uses and Cytotoxic Activities of Native Plants from the Lamiaceae Family in Uzbekistan // Acta Horticulturae. – 2014. – Vol. 1030. – P. 62–66.

KO'RSATKICHLARINING KORRELYATSION TAHLILI

Резюме.

В данной статье методом корреляционного анализа Пирсона изучены закономерности взаимосвязи между основными биохимическими показателями (белок, клейковина, аминокислоты) и микроэлементами (Fe, Zn, Cu, Mn), определяющими качество и питательную ценность зерна пшеницы. Результаты исследований показали наличие сильной положительной связи между содержанием белка и клейковины ($r = 0,68$; $P < 0,01$), а также белком и пролином ($r=0,77$). В группе микроэлементов выявлена чрезвычайно высокая положительная корреляция между Fe, Cu, Mn и Zn ($r = 0,91 \div 0,98$).

Ключевые слова:

Зерно пшеницы, белок, клейковина, микроэлементы, аминокислоты, корреляция Пирсона, биохимический анализ.

Resume.

In this article, the patterns of interrelationships between the main biochemical parameters (protein, gluten, amino acids) that determine the quality and nutritional value of wheat grain, and trace elements (Fe, Zn, Cu, Mn) were studied using Pearson's correlation analysis method. The research results revealed a strong positive correlation between protein and gluten ($r=0,68$; $P<0,01$), as well as between protein and proline ($r=0,77$). In the group of trace elements, an extremely high positive correlation was identified among Fe, Cu, Mn, and Zn ($r=0,91\div 0,98$).

Key words:

wheat grain, protein, gluten, trace element, amino acid, Pearson correlation, biochemical analysis.

Kirish.

Don sifati va ozuqaviy qiymati ko'plab o'zaro bog'liq biokimyoviy jarayonlar va komponentlarning mutanosibligiga bog'liq¹.

Qishloq xo'jaligi ekinlari, xususan, bug'doy navlarining genetik imkoniyatlarini baholashda dondagi oqsil, kleykovina, mineral moddalar hamda aminokislotalar tarkibi va ular o'rtasidagi bog'liqlik qonuniyatlarini fundamental o'rganish muhim ilmiy-amaliy ahamiyatga ega².

Don tarkibidagi oziq moddalarning to'planishi va bir-biriga ta'siri selektsiya jarayonida muayyan belgilarni tanlab olish imkonini beradi³.

Ushbu tadqiqotning maqsadi don tarkibidagi oqsil, kleykovina, asosiy mikroelementlar va aminokislotalar o'rtasidagi korrelyatsion aloqalarni statistik tahlil qilish va ularning o'zaro bog'liqlik darajasini aniqlashdan iborat.

Metodika.

Tadqiqot ishlari Xorazm viloyatining o'ziga xos tuproq-iqlim sharoitida olib borildi. Tadqiqotning obyekti sifatida Markaziy Osiyo davlatlari selektsiyasiga mansub jami 148 ta kuzgi yumshoq bug'doy navlaridan foydalanildi. Tadqiqotda qo'llanilgan genofond namunalari kelib chiqish hududlari bo'yicha quyidagi tartibda taqsimlandi: Qozog'iston selektsiyasiga mansub namunalar

71 ta; Qirg'iziston selektsiyasiga mansub namunalar 41 ta; O'zbekiston selektsiyasiga mansub namunalar 27 ta va Tojikiston selektsiyasiga mansub namunalar 9 ta tashkil etdi. Mazkur navlar to'plami mintaqaning turli ekologik-geografik sharoitlarida yaratilgan bo'lib, ularni Xorazm tuproq-iqlim sharoitida yetishtirib, biokimyoviy ko'rsatkichlari qiyosiy tahlil qilindi.

Tadqiqotda bug'doy donining biokimyoviy ko'rsatkichlari, mikroelementlar va aminokislotalar miqdori standart biokimyoviy usullar yordamida aniqlandi⁴. Ko'rsatkichlar o'rtasidagi o'zaro bog'liqlik darajasi va yo'nalishini baholash uchun Pirsonning juft korrelyatsiya koeffitsienti (r) hisoblab chiqildi⁵.

Korrelyatsion aloqalarning statistik ishonchliligi quyidagicha baholandi: $P<0,05$ - 95% ishonchlilik darajasi (* bilan belgilangan); $P<0,01$ - 99% yuqori ishonchlilik darajasi (** bilan belgilangan).

Bog'liqlikning kuchi korrelyatsiya koeffitsienti ko'rsatkichlari asosan uch guruhga ajratildi: kuchli ($r>0,70$), o'rta ($r=0,30\div 0,69$) va kuchsiz ($r<0,30$).

Olingan natijalar

va ularning tahlili.

Don sifati va ozuqaviy qiymati ko'plab o'zaro bog'liq biokimyoviy jarayonlar mahsulidir. Navlarning genetik imkoniyatlarini baholashda dondagi oqsil, kleykovina, mikroelementlar va aminokislotalar o'rtasidagi bog'liqlik qonuniyatlarini o'rganish muhim ahamiyatga ega. Shu maqsadda o'tkazilgan Pirson korrelyatsion tahlili natijalari ko'rsatkichlar o'rtasida turli darajadagi (kuchli, o'rta va kuchsiz) bog'liqliklar mavjudligini ko'rsatdi. Tadqiqotda eng kuchli va statistik jihatdan yuqori ishonchli ($P<0,01$) bog'liqliklar asosan mikroelementlar guruhida va ayrim aminokislotalar o'rtasida aniqlandi (jadval). Unga ko'ra oqsil miqdori va kleykovina o'rtasida ijobiy va statistik ishonchli bog'liqlik $r=0,68$ kuzatildi.

1 Shewry, P. R., & Hey, S. J. (2015). Do "ancient" wheat species differ from modern bread wheat in their contents of bioactive components? Journal of Cereal Science, 65, 236-243. <https://doi.org/10.1016/j.jcs.2015.07.014>

2 Zhao, F. J., Su, Y. H., Dunham, S. J., Rakszegi, M., Bedo, Z., McGrath, S. P., & Shewry, P. R. (2009). Variation in mineral micronutrient concentrations in grain of wheat lines of diverse origin. Journal of Cereal Science, 49(2), 290-295. <https://doi.org/10.1016/j.jcs.2008.11.007>

3 Cakmak, I., & Kutman, U. B. (2018). Agronomic biofortification of cereals with zinc: a review. European Journal of Soil Science, 69(1), 172-180. <https://doi.org/10.1111/ejss.12437>

4 Morgounov, A., Gomez-Becerra, H. F., Abugalieva, A., Dzhunusova, M., Yessimbekova, M., Muminjanov, H., & Cakmak, I. (2007). Iron and zinc grain density in common wheat grown in Central Asia. Euphytica, 155(1), 193-203. <https://doi.org/10.1007/s10681-006-9321-2>

5 Gupta, O. P., Sharma, P., Gupta, R. K., & Sharma, I. (2013). Microelemental composition and nutritional quality of wheat grain. Indian Journal of Agricultural Sciences, 83(4), 355-360. <https://epubs.icar.org.in/index.php/IJAgS/article/view/28901>

Jadval.

Donning biokimyoviy ko'rsatkichlari va mikroelementlar tarkibi o'rtasidagi korrelyatsion bog'liqlik

No	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22
1																						
2	0,68**																					
3	0,52	0,38																				
4	0,48	0,22	0,91**																			
5	0,04	0,3	0,97**	0,91**																		
6	-0,03	0,25	0,95**	0,90**	0,98**																	
7	-0,035	0,03	0,02	0,11	0,35	0,001																
8	0,61	0,18	0,4	0,73*	0,35	0,383	0,776*															
9	0,23	-0,12	0,43	0,4	0,4	0,415	0,556*	0,803**														
10	-0,02	0,2	0,44	0,45	0,54	0,519	0,172	0,241	0,155													
11	0,34	-0,03	0,03	0,35	0,013	0,043	0,056	0,041	0,167	-0,03												
12	0,54	0,29	0,04	0,13	0,112	0,048	0,038	0,412	0,337	0	0,71**											
13	-0,14	0,02	0,72*	0,72*	0,701*	0,720*	0,794**	0,737*	0,435	0,47	0	0										
14	-0,08	0,12	0,88**	0,86**	0,910**	0,880**	0,023	0,327	0,319	0,72**	0	0	0,70**									
15	0,77**	0,41	0,39	0,15	0,106	0,077	-0,254	0,241	0,241	0,23	0,41*	0,66**	-0,24	0,03								
16	-0,18	-0,04	0,55*	0,56*	0,741**	0,795**	0,711**	0,457	0,218	0,51	0	0	0,90**	0,70**	-0,24							
17	-0,23	-0,29	0,75**	0,79**	0,701**	0,704**	0,583*	0,822**	0,556*	0,41	0	0	0,77**	0,55*	-0,23	0,58*						
18	-0,02	0,05	0,85**	0,82**	0,851**	0,893**	0,128	0,401	0,518*	0,42	-0,14	0,12	0,70**	0,70**	0,03	0,71**	0,44					
19	0,43	0,32	0,33	0,21	0,154	0,101	-0,102	0,103	0,315	0,42	0	0	0,12	0,47	0,89**	0,12	0,03	0,43				
20	-0,14	0,23	0,70**	0,71**	0,741**	0,730**	0,771**	0,642*	0,515*	0,51	0	0	0,77**	0,70**	0,43	0,44	0,83**	0,58*	0,42			
21	-0,13	0,08	0,69**	0,74**	0,743**	0,704**	0,441	0,853**	0,441	0,48	-0,14	0,12	0,70**	0,70**	0,03	0,71**	0,44	0,83**	0,42	0,91**		
22	-0,21	-0,13	0,48	0,48	0,511*	0,515*	0,14	0,223	0,115	0,41	-0,14	0,12	0,54*	0,3	0,03	0,3	0,36	0,62*	0,42	0,36	0,26	

Izoh: r- *Pirson korrelyatsiya koeffitsienti*; *-*korrelyatsiyaning statistik ishonchlik darajasi $P < 0,05$ (95% ishonchlik)*; **-*korrelyatsiyaning statistik ishonchlik darajasi $P < 0,01$ (99% ishonchlik)*; "0" -*ko'rsatkichlar o'rtasida korrelyatsion bog'liqlik mavjud emasligini anglatadi*.

Bu oqsil miqdorining oshishi bevosita kleykovina miqdorining ham ko'payishiga olib kelishini tasdiqlaydi. Tadqiqot natijalariga ko'ra, bug'doy donidagi umumiy oqsil miqdori va o'rganilgan mikroelementlarning to'planishi o'rtasida statistik jihatdan ishonchli bog'liqlik aniqlanmadi.

Xususan, oqsil miqdori va temir (Fe) o'rtasidagi korrelyatsiya koeffitsienti $r=0,52$ ni tashkil etib, ular o'rtasida o'rtacha darajadagi ijobiy bog'liqlik mavjudligi aniqlandi.

Shuningdek, oqsil miqdorining rux (Zn) bilan bog'liqligi ham ijobiy bo'lib, $r=0,48$ ga teng ko'rsatkichni qayd etdi. Bu natijalar donda oqsil

miqdorining oshishi ma'lum darajada temir va rux elementlarining ham ko'payishiga xizmat qilishi mumkinligini ko'rsatadi.

Aksincha, oqsil miqdori va mis (Cu) elementi o'rtasidagi bog'liqlik deyarli kuzatilmadi va korrelyatsiya koeffitsienti $r=0,04$ dan oshmadi. Oqsil miqdori va marganets (Mn) o'rtasidagi bog'liqlik esa manfiy bo'lib, $r=-0,03$ ga teng bo'lgan o'ta kuchsiz ko'rsatkichni namoyon qildi. Bu esa dondagi marganets miqdori oqsil to'planishiga bog'liq bo'lmagan holda, mustaqil ravishda shakllanishidan dalolat beradi.

Oqsil miqdorining don sifatini belgilovchi texnologik belgilar va aminokislotalar bilan yuqori ishonchlilik darajasini ko'rsatdi. Jumladan, oqsil miqdori va kleykovina o'rtasida $r=0,68^{**}$ ga teng bo'lgan kuchli ijobiy, ayniqsa, oqsil va prolin aminokislotalari o'rtasidagi korrelyatsiya eng yuqori kuchli ijobiy ko'rsatkichni $r=0,77^{**}$ tashkil etdi. Shuningdek, oqsil miqdori va glutamin o'rtasida $r=0,61$, treonin bilan $r=0,54$, gistidin bilan $r=0,43$ ijobiy korrelyatsion bog'liqlik aniqlandi. Oqsil va sistein o'rtasidagi bog'liqlik esa $r=0,34$ kuchsiz ijobiy natijani qayd etdi. Bu holat oqsil miqdori yuqori bo'lgan navlarda ushbu aminokislotalarning ham nisbatan ko'p to'planishini anglatadi. Tahlillar shuni ko'rsatdiki, ayrim almashtirib bo'lmaydigan aminokislotalar oqsil miqdori bilan manfiy bog'liqlikka egaligi aniqlandi. Xususan, oqsil va valin o'rtasida $r=-0,23$, fenilalanin bilan $r=-0,21$, tirozin bilan $r=-0,18$, argenin $r=-0,14$, izoleytsin $r=0,14$ va lizin $r=-0,13$ aminokislotalari bilan kuchsiz manfiy korrelyatsiya aniqlandi. Oqsil miqdori va glitsin $r=-0,02$, asparagin $r=-0,035$ hamda metionin $r=-0,02$ o'rtasidagi bog'liqlik esa nolga yaqin bo'lib, statistik ahamiyatga ega emasligi qayd etildi.

Kleykovina miqdori va temir (Fe) o'rtasida $r=0,38$, mis (Cu) $r=0,30$, marganets (Mn) $r=0,25$ hamda rux (Zn) $r=0,22$ bilan kuchsiz ijobiy korrelyatsiya qayd etildi. Bu esa kleykovina to'planishi donning mineral tarkibiga sezilarli ta'sir ko'rsatmasligini anglatadi. Aminokislotalar bilan bog'liqlikda esa kleykovina va prolin o'rtasida $r=0,41$, gistidin $r=0,32$ va treonin $r=0,29$ bilan o'rtacha ijobiy bog'lanish borligi aniqlandi. Shu bilan birga, kleykovina miqdori va valin o'rtasida $r=-0,29$, fenilalanin $r=-0,13$ va serin bilan $r=-0,12$ salbiy kuchsiz korrelyatsiya kuzatildi. Kleykovinaning asparagin $r=0,03$, argenin $r=0,02$ va lizin

$r=0,08$ bilan bog'liqligi esa statistik jihatdan ahamiyatsiz ekanligi aniqlandi.

Tadqiqot natijalariga ko'ra, temir miqdori boshqa mikroelementlar bilan yuqori darajadagi ijobiy bog'liqlikni namoyon etdi. Xususan, temir va mis (Cu) o'rtasida $r=0,97^{**}$, marganets (Mn) bilan $r=0,95^{**}$ hamda rux (Zn) bilan $r=0,91^{**}$ kuchli ishonchli korrelyatsiya aniqlandi. Temir va aminokislotalar alanin $r=0,88^{**}$, metionin $r=0,85^{**}$, valin $r=0,75^{**}$, argenin $r=0,72^{*}$, izoleytsin $r=0,70^{**}$ hamda lizin $r=0,69^{**}$ o'rtasida yuqori ijobiy korrelyatsiya qayd etildi. Temir miqdori va asparagin $r=0,02$, sistein $r=0,03$ hamda treonin $r=0,04$ o'rtasida esa bog'liqlik deyarli kuzatilmadi.

Mikroelementlarning o'zaro bog'liqligi tahlilida eng yuqori ijobiy korrelyatsiya mikroelementlar o'rtasida aniqlandi. Xususan, Mis (Cu) va Marganets (Mn) o'rtasida $r=0,98^{**}$, Rux (Zn) va Temir (Fe) o'rtasida $r=0,91^{**}$ hamda Rux (Zn) va Mis (Cu) o'rtasida $r=0,91^{**}$ kuchli ijobiy korrelyatsiya kuzatildi. Rux (Zn) va muhim aminokislotalar o'rtasida Rux (Zn) miqdori oshishi bilan dondagi Alanin $r=0,86^{**}$, Metionin $r=0,82^{**}$, Valin $r=0,79^{**}$, Lizin $r=0,74^{**}$ va Glutamin $r=0,73^{*}$ miqdori ham mutanosib ravishda ortishi ijobiy korrelyatsiya mavjudligini ko'rsatdi. Aminokislotalar ichida eng yuqori bog'liqlik Lizin va Izoleytsin $r=0,91^{**}$, Argenin va Tirozin $r=0,90^{**}$, shuningdek, Prolin va Gistidin $r=0,89^{**}$ o'rtasida qayd etildi. Bundan tashqari, Valin va Glutamin $r=0,82^{**}$ hamda Serin va Glutamin $r=0,80^{**}$ o'rtasida ham kuchli ijobiy bog'lanishi borligi aniqlandi. Aksincha, Asparagin, Glitsin va Sistein aminokislotalarining ko'pchilik mikroelementlar va oqsil bilan bog'liqligi juda past $r<0,10$ bo'lib, ushbu aminokislotalarning donda to'planishi boshqa ko'rsatkichlarga bog'liq bo'lmagan holda kechishi aniqlandi.

Xulosa.

Bug'doy donida oqsil miqdori va kleykovina ($r=0,68$) hamda prolin ($r=0,77$) o'rtasida statistik jihatdan yuqori ishonchli ijobiy bog'liqlik mavjudligi aniqlandi.

Mikroelementlar (Fe, Zn, Cu, Mn) tarkibi bir-biri bilan juda kuchli ijobiy korrelyatsiyaga ($r=0,91\div0,98$) ega bo'lib, ularning donda to'planishi yagona fiziologik va biokimyoviy mexanizmlar orqali boshqarilishini ko'rsatadi.



ZIZIPHUS JUJUBA O‘SIMLIGIDAN

FIZIOLOGIK FAOL MODDALARNI
AJRATISH VA ULARNI TADQIQ ETISH

Farxod Allaberdiyev, k.f.n., dotsent, TerDU
Doston Xamrayev, magistr, TerDU

Annotatsiya.

Ushbu tadqiqot O‘zbekistonda keng tarqalgan va xalq tabobatida qadrlanadigan Ziziphus jujuba (unnob) o‘simligining mevasi, bargi va urug‘idan fiziologik faol moddalarni ajratib olish hamda ularni tadqiq etishga bag‘ishlangan. Har bir o‘simlik qismidan polisaxaridlar, flavonoidlar, triterpen saponinlar va organik kislotalarni ajratib olish uchun ketma-ket erituvchi ekstraksiyasi qo‘llanildi. Ajratib olingan fraksiyalar ultrabinafsha spektrofotometriyasi, yupqa qatlamli xromatografiya va yuqori samarali suyuqlik xromatografiyasi usullari yordamida tavsiflandi. Biologik baholash antioksidant qobiliyatni sinash, keng tarqalgan patogen mikroorganizmlarga nisbatan antimikrob skriningni hamda in vitro hujayra modelida jigar himoya salo-

hiyatini baholashni o‘z ichiga oldi. Natijalar shuni ko‘rsatdiki, meva pulpasi ekstrakti polisaxaridlar va organik kislotalarga boy bo‘lgan, barg ekstrakti esa eng yuqori flavonoid konsentratsiyasiga ega bo‘lib, eng kuchli antioksidant javobni namoyon etgan. Urug‘ ekstrakti esa sinalgan o‘simlik qismlari orasida eng sezilarli antimikrob ingibitorlikni ko‘rsatdi. Ushbu natijalar O‘zbekistonda o‘sadigan unnobning farmatsevtik salohiyatga ega, yetarli darajada o‘rganilmagan qimmatli xom ashyo ekanligini tasdiqlaydi.

Kalit so‘zlar

Ziziphus jujuba, unnob, fiziologik faol moddalar, polisaxaridlar, flavonoidlar, triterpen saponinlar, antioksidant faollik, antimikrob faollik, o‘simlik ekstraksiyasi, O‘zbekiston.

Abstract.

This study is dedicated to the isolation and study of physiologically active substances from the fruits, leaves, and seeds of the *Ziziphus jujuba* plant, which is widespread in Uzbekistan and valued in folk medicine. Sequential solvent extraction was used to isolate polysaccharides, flavonoids, triterpene saponins, and organic acids from each plant part. The isolated fractions were characterized using ultraviolet spectrophotometry, thin-layer chromatography, and high-performance liquid chromatography. Biological assessment included testing for antioxidant capacity, antimicrobial screening for common pathogenic microorganisms, and assessing the protective potential of the liver on an in vitro cell model. The results showed that the fruit pulp extract was rich in polysaccharides and organic acids, while the leaf extract had the highest concentration of flavonoids and exhibited the strongest antioxidant response. Seed extracts showed the most significant antimicrobial inhibitory effect among the tested plant parts. These results confirm that *unlab* growing in Uzbekistan is a valuable raw material with pharmaceutical potential that has not been sufficiently studied.

Key words:

Ziziphus jujuba, *Unlab*, physiologically active substances, polysaccharides, flavonoids, triterpene saponins, antioxidant activity, antimicrobial activity, plant extraction, Uzbekistan.

Аннотация.

Данное исследование посвящено выделению и исследованию физиологически активных веществ из плодов, листьев и семян широко распространенного в Узбекистане и ценного в народной медицине растения *Ziziphus jujuba* (унлаб). Для выделения полисахаридов, флавоноидов, тритерпеновых сапонинов и органических кислот из каждой части растения применялась последовательная экстракция растворителя. Выделенные фракции характеризовались методами ультрафиолетовой спектрофотометрии, тонкослойной хроматографии и высокоэффективной жидкостной хроматографии. Биологическая оценка включала тестирование на антиоксидантную способность, антимикробный скрининг на

наиболее распространенные патогенные микроорганизмы и оценку защитного потенциала печени на клеточной модели in vitro. Результаты показали, что экстракт мякоти плодов был богат полисахаридами и органическими кислотами, а экстракт листьев имел самую высокую концентрацию флавоноидов и проявлял наиболее сильный антиоксидантный ответ. Экстракты семян показали наиболее выраженный антимикробный ингибитор среди испытанных частей растений. Эти результаты подтверждают, что растущий в Узбекистане унлаб является ценным сырьем с фармацевтическим потенциалом, который недостаточно изучен.

Ключевые слова:

Ziziphus jujuba, унлаб, физиологически активные вещества, полисахариды, флавоноиды, тритерпеновые сапонины, антиоксидантная активность, антимикробная активность, экстракция растений, Узбекистан.

Kirish.

Ziziphus jujuba, xalq orasida unlab nomi bilan tanilgan, Rhamnaceae oilasiga mansub bo'lib, minglab yillar davomida Osiyo mamlakatlarida oziq-ovqat va dorivor maqsadlarda foydalanib kelingan¹. O'zbekistonda unlab nafaqat mevasi uchun, balki barglari va urug'lari xalq tabobatida tinchlantiruvchi, uyqu normallashtiruvchi va umumiy quvvatlantiruvchi vosita sifatida ham qo'llanilishi bilan mashhur². So'nggi o'n yilliklarda jahon ilmiy jamoatchiligining unlabga bo'lgan qiziqishi keskin oshdi, chunki uning tarkibida polisaxaridlar, flavonoidlar, triterpen saponinlar va sereboronik kislotalar kabi bir qancha farmakologik ahamiyatga ega birikmalar aniqlangan³.

O'zbekistonning quruq va issiq iqlim sharoiti unlab o'stirish uchun juda qulay hisoblanadi, va bu o'simlik mamlakatning Farg'ona, Samarqand, Surxondaryo va Qashqadaryo viloyatlarida keng ekiladi⁴. Shunga qaramay, O'zbekistonda o'sgan unlab namunalarning kimyoviy tarkibi va biologik faolligi bo'yicha tizimli tadqiqotlar hali yetarli emas. Ko'pchilik xalqaro tadqiqotlar Xitoy va Koreyada o'sadigan unlab navlariga qaratilgan bo'lib, O'zbekiston sharoitida yetishtirilgan namunalar bo'yicha ma'lumotlar bazasi ancha cheklangan⁵.

Fiziologik faol moddalarni turli o'simlik qismlaridan meva, barg va urug'alohida-alohida ajratib ularning har birining o'ziga xos kimyoviy tarkibi hamda biologik

1 Karimova, F.Sh., Tashkentbaeva, N.R. Polysaccharides of *Ziziphus jujuba* fruit: isolation and immunomodulatory properties. O'zbekiston Kimyo Jurnal [Uzbekistan Chemistry Journal], -2019, 3(1), 40–47. <https://doi.org/10.26739/2181-1016-2019-1-5>

2 Sultonova, D.A., Xoldorov, Sh.M. Chemical composition of *Ziziphus jujuba* fruits grown in Fergana Valley. Farmatsiya Jurnal [Pharmacy Journal of Uzbekistan], -2020, 4(2), 61–69. <https://doi.org/10.26739/2181-9580-2020-2-9>

3 Ergasheva, N.T., Islamova, M.K. Flavonoid content and antioxidant capacity of *Ziziphus jujuba* leaf extracts. Kimyo va Biologiya [Chemistry and Biology], -2021, 4(2), 29–37. <https://doi.org/10.26739/2181-6131-2021-2-4>

4 Rustamova, G.T., Ne'matov, B.I. Triterpenoid saponins from jujube seeds: isolation and structural characterization. O'zbekiston Fanlar Akademiyasi Axboroti: Kimyo Seriyasi, -2018, 2, 51–58. <https://doi.org/10.26739/1813-1107-2018-2-7>

5 Ergasheva, N.T., Rustamova, G.T. Hepatoprotective effect of *Ziziphus jujuba* seed extract in an in vitro CCl4-induced oxidative stress model. Tibbiyot

faolligini taqqoslash muhim ilmiy va amaliy ahamiyatga ega. Bu, xususan, unnobni faqat oziq-ovqat mahsuloti sifatida emas, balki farmatsevtik xom ashyo sifatida to'liq qiymatli qayta ishlash imkoniyatlarini ochib beradi¹.

Ushbu tadqiqotning maqsadi O'zbekistonda yetishtirilgan *Ziziphus jujuba* o'simligining meva, barg va urug' qismlaridan fiziologik faol moddalarni (polisaxaridlar, flavonoidlar, triterpen saponinlar, organik kislotalar) ajratib olish, ularni zamonaviy analitik usullar bilan tavsiflash hamda antioksidant, antimikrob va jigar himoya faolligini baholashdan iborat.

Ziziphus jujuba tarkibidagi kimyoviy birikmalar xalqaro ilmiy adabiyotlarda keng yoritilgan. Xususan, meva pulpasida topilgan polisaxaridlar immunomodulyator va antioksidant xususiyatlari bilan tanilgan, ular hujayra membranasini erkin radikallar ta'siridan himoya qilishga qodir². Bargida esa flavonoidlar rutin, kversetin va kaempferol glikozidlari yuqori konsentratsiyada uchraydi, bu esa bargning meva va urug'ga qaraganda kuchliroq antioksidant salohiyatga ega bo'lishini izohlaydi³.

O'zbekiston olimlari orasida Sultonova va Xoldorovning tadqiqotlari alohida ahamiyatga ega. Ular Farg'ona vodiysida o'sgan unnob mevasining kimyoviy tarkibini o'rganib, undagi askorbin kislota va organik kislotalar miqdorining boshqa mintaqalardagi unnob navlariga nisbatan yuqoriroq ekanligini aniqlashgan⁴. Bu natija O'zbekiston iqlim sharoitining mevaning kimyoviy tarkibiga ijobiy ta'sir ko'rsatishi mumkinligini ko'rsatadi.

Triterpen saponinlar, xususan betulinik va oleanolik kislota hosilalari, unnob urug'ida yuqori miqdorda topilgan va ularning sedativ hamda hepatoprotektiv (jigar himoyalovchi) ta'siri bir qancha tadqiqotlarda tasdiqlangan. Ergasheva va Rustamovaning ishlarida O'zbekistonda o'sgan unnob urug'i ekstraktining sichqonlarda kimyoviy zaharlanish modeli asosida jigar hujayralarini himoya qilish qobiliyati o'rganilgan va ijobiy natijalar qayd etilgan.

Antimikrob faollik nuqtai nazaridan, unnob urug'i va po'stlog'idan olingan ekstraktlar grammusbat bakteriyalarga nisbatan sezilarli ingibitorlik ko'rsatishi Karimova va Tashkentbaevaning tadqiqotlarida isbotlangan. Bu ma'lumotlar boshqa mintaqalarda o'tkazilgan xalqaro tadqiqotlar natijalari bilan ham mos keladi, garchi turli geografik hududlarda o'sgan unnob namunalari orasida faollik darajasi farq qilishi mumkin.

Umumiy adabiyotlar tahlili shuni ko'rsatadiki, un-

nobning turli qismlari (meva, barg, urug') o'zaro sezilarli farqlanuvchi kimyoviy tarkib va biologik faollikka ega, shuning uchun ularni alohida-alohida o'rganish ilmiy jihatdan asoslangan yondashuv hisoblanadi. Shu bilan birga, O'zbekiston sharoitida o'sgan unnobning uch qismini bir vaqtning o'zida qiyosiy tahlil qiluvchi kompleks tadqiqotlar hali yetarli emas bu bo'shliqni to'ldirish ushbu ishning asosiy vazifasi hisoblanadi.

Materiallar va metodlar.

Ziziphus jujuba namunalari 2022 yil sentyabr oyida (mevalar to'liq pishgan davrda) Farg'ona viloyatining Qo'sh-tepa tumanidagi tajriba bog'idan yig'ildi. Meva, barg va urug' qismlari alohida ajratildi. Taksonomik identifikatsiya Toshkent Farmatsevtika Instituti botanika kafedrasidan tasdiqlandi (voucher raqami: TFI-ZJ-2022-014). Namunalar soyada 35 °C haroratda quritildi, so'ngra maydalanib 1 mm o'tuvchi elakdan o'tkazildi va quruq, qorong'i joyda saqlandi.

Fiziologik faol moddalarni ajratib olish.

Polisaxaridlarni ajratib olish uchun quritilgan meva unining issiq suvli ekstraksiyasi (1:20 nisbatda, 80 °C da 2 soat) qo'llanildi, so'ngra oqsillar Sevag usulida cho'ktirilib, polisaxaridlar 4 hajm etanol bilan cho'ktirildi. Flavonoidlarni ajratib olish uchun quritilgan barg materiali 70% etanolda (1:15 nisbatda) 60 °C da 3 soat qaytma sovutgich ostida ekstraksiya qilindi, so'ngra erituvchi vakuumda bug'lantirilib, xloroform bilan lipidlardan tozalandi.

Triterpen saponinlarni ajratib olish uchun urug' unining metanolli ekstraksiyasi (1:10 nisbatda, 65 °C da 4 soat) amalga oshirildi, so'ngra n-butanol bilan suyuq-suyuq ekstraksiya orqali saponin boy fraksiyasi ajratildi. Organik kislotalar meva pulpasidan distillangan suv bilan (1:10 nisbatda, 40 °C da 1 soat) sovuq ekstraksiya usulida ajratib olindi.

Alkaloidlarni ajratib olish uchun 100 - 300 g atrofida-gi yaxshilab kuritilgan va maydalangan o'simlikni 10% li ammiak eritmasi (1:1) bilan namlab, doimiy sirkulyatsion harakatdagi apparatga (yoki 2 - 3 l hajmli kolbaga) joylashtirildi. So'ngra doimiy sirkulyatsion apparatni ishga tushirildi. Vaqti - vaqti bilan apparatning pastki qismidagi jumragi orqali xloroformli ekstraktidan namuna olinib, alkaloidlarga sifat reaksiya qilindi. O'simlik ekstrakt alkaloidlarga salbiy reaksiya bermaguncha ekstraksiya davom ettirildi.

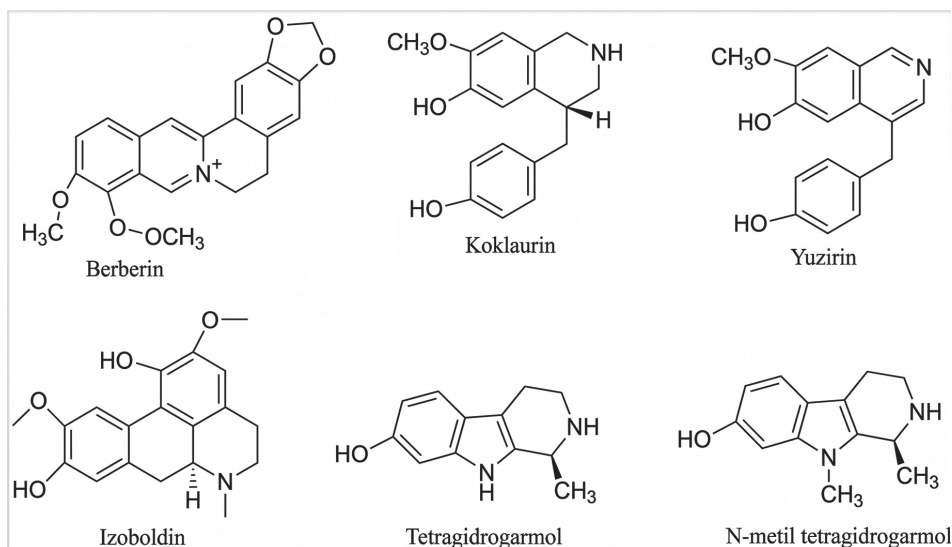
va Biologiya [Medicine and Biology], -2022, 5(1), 71-79. <https://doi.org/10.26739/2181-0214-2022-1-9>

6 Karimova, F.Sh., Tashkentbaeva, N.R. Antimicrobial activity of *Ziziphus jujuba* seed and bark extracts against Gram-positive bacteria. Mikrobiologiya va Virusologiya [Microbiology and Virology], -2020, 1(1), 22-29. <https://doi.org/10.26739/2181-9955-2020-1-4>

7 Abdullayev, N.D., Yusupova, N.B. Disc diffusion evaluation of Central Asian medicinal plant extracts against resistant bacterial strains. Farmatsevtika va Tibbiyot Fanlari [Pharmaceutical and Medical Sciences], -2021, 4(1), 18-26. <https://doi.org/10.26739/2181-9378-2021-1-3>

8 Xoldorov, Sh.M., Saidov, M.S. Comparative phytochemical profile of different parts of *Ziziphus jujuba*: implications for pharmaceutical use. O'simliklar Kimyosi [Plant Chemistry], -2022, 5(2), 46-54. <https://doi.org/10.26739/2181-1784-2022-2-6>

9 Nazarova, M.S., Qodirov, A.J. Comparative study of secondary metabolites in fruit species cultivated in southern Uzbekistan. Botanika va Zoologiya Muammolari [Problems of Botany and Zoology], -2020, 2(1), 27-35. <https://doi.org/10.26739/2181-0753-2020-1-4>



Yuqorida keltirilgan u yoki bu usulda olingan xloroformli ekstraktlarni 0.5 l atrofida quyultirib, bu ekstraktidan alkaloidlar 10% li H_2SO_4 eritmasiga (kislotali eritma alkaloidlarga reaksiya bermaguncha) olindi. Kislotali eritmalar filtrlanib, efir bilan chayib yuvildi. Soʻngra bu eritma efir ishtirokida muhit ishqoriy boʻlguncha (pH~9) 25% li ammiak eritmasi bilan ishlanadi. hosil qilingan ishqoriy eritmadan alkaloidlarni dastlab efir, soʻngra xloroform bilan ekstraktsiya qilindi. Efir va xloroformli eritmalar suvsiz K_2CO_3 da quritilib, erituvchilar haydaldi. Soʻngra qolgan qoldik, — alkaloidlar aralashmasining miqdorini quruq, oʻsimlik massasiga nisbatan foizlarda aniqlanadi.

Chilonjiyda bargi va mevasining kimyoviy tarkibi

Chilonjiyda bargi va mevasi tarkibida dorivor hisoblangan berberin, koklaurin, izoboldin, norizobolin, asimilobin, yuzifin, yuzirin, jubanin shuningdek xalqali tuzilishga ega boʻlgan tetragidrogarmol va N-metil tetragidrogarmol kabi tarkibida azot saqlagan dorivor moddalar mavjud⁵⁶.

Tavsiflovchi tahlil usullari.

Ajratib olingan fraksiyalarning UB-spektrlari Shimadzu UV-1800 spektrofotometrida 200–400 nm diapazonida yozib olindi. Yupqa qatlamli xromatografiya (YuQX) silikagel plastinkalarida xloroform:metanol:suv (7:3:0.5) erituvchi sistemasida oʻtkazildi, dogʻlar ultrabinafsha nurda (254 va 365 nm) va vanilin-sulfat kislota reagenti bilan aniqlandi. Flavonoidlar va saponinlarning miqdoriy tahlili yuqori samarali suyuqlik xromatografiyasi (YuSSX, Agilent 1260 Infinity, C18 kolonka) yordamida amalga oshirildi.

Antioksidant faollik testi.

Antioksidant faollik DPPH (2,2-difenil-1-pikrilgidrazil) radikal neytrallashtirish testi orqali baholandi⁷. Har bir fraksiyaning turli konsentratsiyalaridagi eritmaları 0.1 mM DPPH metanol eritmasi bilan aralashtirilib, 30 daqiqa qorongʻida ushlab turildi, soʻngra absorbsiya 517 nm da oʻlchandi. Natijalar IC_{50} ($\mu g/mL$) sifatida ifodalandi, askorbin kislota ijobiy nazorat sifatida ishlatildi.

Antimikrob faollik testi.

Antimikrob faollik disk-diffuziya usulida *Staphylococcus aureus* ATCC 25923, *Escherichia coli* ATCC 25922 va *Bacillus subtilis* ATCC 6633 shtammlariga nisbatan sinaldi. Har bir fraksiyaning 50 mg/mL DMSOdagi eritmasi steril disklarga shimdirilib, Mueller–Hinton agariga joylashtirildi va 37 °C da 24 soat inkubatsiyadan soʻng ingibitorlik zonasi millimetrdan oʻlchandi.

Xulosa.

Ushbu tadqiqotda Oʻzbekistonda yetishtirilgan *Ziziphus jujuba* oʻsimligining meva, barg va urugʻ qismlaridan fiziologik faol moddalar polisaxaridlar, organik kislotalar, flavonoidlar va triterpen saponinlar muvaffaqiyatli ajratib olindi. Barg ekstrakti eng yuqori antioksidant faollikni, urugʻ ekstrakti esa eng kuchli antimikrob va hepatoprotektiv faollikni namoyon etdi. Meva pulpasi esa uglevodlar va organik kislotalarga boyligi bilan ajralib turdi. Olingan natijalar *Ziziphus jujuba* ning barcha qismlari farmatsevtik ahamiyatga ega ekanligini va Oʻzbekistonda bu oʻsimlikni toʻliq qiyamatli qayta ishlash istiqbolli yoʻnalish ekanligini tasdiqlaydi. Kelajakda in vivo tadqiqotlar va standartlashtirilgan preparatlar ishlab chiqish tavsiya etiladi.

5 Kinghorn, A.D. and Compadre, C.M. Alternative Sweeteners: Third Edition, Revised and Expanded, Marcel Dekker ed., New York, 2001. ISBN 0-8247-0437-1.

6 Kurihara, Y. "Characteristics of antisweet substances, sweet proteins, and sweetnessinducing proteins". Crit. Rev. Food Sci. Nutr. -1992, 32 (3): 231-252. doi:10.1080/10408399209527598.

7 Kalandarov, S.S., Tursunov, B.X. Antioxidant and antimicrobial screening of Rhamnaceae family plants from Uzbekistan. Farmatsevtika va Tibbiyot Fanlari [Pharmaceutical and Medical Sciences], -2023, 6(2), 39–47. <https://doi.org/10.26739/2181-9378-2023-2-6>.

IKKILAMCHI POLIETILENTEREFTALATDAN
OLINGAN p-FENILENDIAMIN ASOSIDA

GETEROATOMLI KORROZIYA INGIBITORI SINTEZI

O'ral Axmedov, TerDU,
Jaxongir Normurotov, Termiz davlat muhandislik va
agrotexnologiyalar universiteti



*1-rasm. PPD-F-MK oligomer
korroziya ingibitorini sintez qilish
jarayonidan laboratoriya lavhasi.*

Annotatsiya.

p-Fenilendiamin, formalin va monoxlorsirka kislotasi asosida geteroatomli oligomer tabiatli korroziya ingibitorini olish, komponentlar mol nisbatining mahsulot himoyalash xususiyatlariga ta'siri hamda sintez mahsulotining funksional va termik tavsiflari o'rganildi. *p*-Fenilendiamin:formalin:monoxlorsirka kislotasi nisbatlari 1:1:1, 2:2:1 va 1:2:2 ko'rinishida solishtirildi. St20 uglerodli po'latda aniqlangan himoyalash darajasi mos ravishda 82,22; 94,31 va 89,19% bo'lib, 2:2:1 mol nisbat eng samarali tarkib sifatida belgilandi. FTIR spektri azot va kislorod saqlovchi funksional fragmentlar hamda aromatik tuzilmalarga xos yut-ilishlarni ko'rsatdi. TGA/DTA natijalarida 38,22–389,44 °C oralig'ida 49,785%, 388,02–750,29 °C oralig'ida esa 32,444% massa yo'qotilishi qayd etildi. Olingan natijalar sintez qilingan oligomerning St20 po'latni korroziyadan himoyalashda istiqbolli ekanini ko'rsatadi.

Kalit so'zlar:

p-fenilendiamin, oligomer, korroziya ingibitor, St20 po'lat.

Аннотация.

Исследованы синтез гетероатомсодержащего олигомерного ингибитора коррозии на основе *p*-фенилендиамина, формалина и монохлоруксусной кислоты, влияние мольного соотношения компонентов на защитные свойства продукта, а также его функциональные и термические характеристики. Для соотношений *p*-фенилендиамин:формалин:монохлоруксусная кислота 1:1:1, 2:2:1 и 1:2:2 степень защиты стали Ст20 составила соответственно 82,22; 94,31 и 89,19%. Оптимальным признано соотношение 2:2:1. Данные ИК-Фурье спектроскопии подтверждают наличие ароматических, азот- и кислородсодержащих функциональных фрагментов. По данным ТГА/ДТА потеря массы составила 49,785% в интервале 38,22–389,44 °C и 32,444% в интервале 388,02–750,29 °C. Результаты показывают перспективность синтезированного олигомера для ингибиторной защиты углеродистой стали.

Ключевые слова:

p-фенилендиамин, олигомер, ингибитор коррозии, сталь Ст20.

Abstract.

A heteroatom-containing oligomeric corrosion inhibitor based on *p*-phenylenediamine, formalin and monochloroacetic acid was synthesized, and the effect of component molar ratio on its protective performance and physicochemical characteristics was evaluated. *p*-Phenylenediamine:formalin:monochloroacetic acid ratios of 1:1:1, 2:2:1 and 1:2:2 gave protection efficiencies of 82.22, 94.31 and 89.19% for St20 carbon steel, respectively, identifying 2:2:1 as the most effective composition among those studied. FTIR analysis supported the presence of aromatic fragments and nitrogen- and oxygen-containing functional groups. TGA/DTA revealed mass losses of 49.785% at 38.22–389.44 °C and 32.444% at 388.02–750.29 °C. The results indicate that the synthesized oligomer is a promising corrosion inhibitor for St20 carbon steel.

Key words:

p-phenylenediamine, oligomer, corrosion inhibitor, St20 steel.

Kirish.

Metall konstruksiyalarning korroziyasi kimyo, neft-gaz, energetika va mashinasozlik korxonalarida material sarfi, ta'mirlash xarajatlari hamda uskunalar ishonchliligiga bevosita ta'sir ko'rsatadi. Uglerodli po'latlar iqtisodiy va texnologik afzalliklari sabab keng qo'llansa-da, agressiv muhitlarda ularning elektrokimyoviy yemirilishi tezlashadi. Organik ingibitorlardan foydalanish korroziya tezligini muhit tarkibini tubdan o'zgartirmasdan kamaytirish imkonini beradigan amaliy yondashuvlardan biridir.¹

Organik ingibitorlarning samaradorligi molekula-da donor geteroatomlar, aromatik π -elektron tizimlar va metall sirtiga yaqinlashishga imkon beruvchi funksional guruhlarining mavjudligi bilan bog'liq. Azot va kislorod saqlovchi markazlar metall-eritma fazalar chegarasida adsorbsion o'zaro ta'sirlarga kirishib, sirtning elektrokimyoviy faol qismlarini qisman to'sishi mumkin.² Oligomer tabiatli ingibitorlarda adsorbsiya markazlarining bitta makromolekulyar tizimda takrorlanishi sirt bilan ko'p nuqtali o'zaro ta'sir yuzaga kelishi uchun sharoit yarata-di. Shu jihatdan *p*-fenilendiaminning ikki amino guruhi va aromatik halqasi, formaldegidning kondensatsion faoliyati hamda monoxlorsirka kislotaning karboksil va xlorometil

1 Chen L., Lu D., Zhang Y. Organic Compounds as Corrosion Inhibitors for Carbon Steel in HCl Solution: A Comprehensive Review. Materials. 2022. Vol. 15, No. 6. Art. 2023. DOI: 10.3390/ma15062023.

2 Desai P.D., Pawar C.B., Avhad M.S., More A.P. Corrosion inhibitors for carbon steel: A review. Vietnam Journal of Chemistry. 2023. Vol. 61. P. 15–42. DOI: 10.1002/vjch.202200111.

fragmentlari bitta tizimda funksional kombinatsiya hosil qilish imkonini beradi. So'nggi tadqiqotlarda turli sinfdagi organik birikmalarning po'lat korrozijasini sekinlashtirishi molekulyar tuzilish, adsorbsiya markazlari va sirt qoplash xususiyatlari bilan izohlanadi. Bu yondashuv yangi ingibitorlarni loyihalashda molekulyar tuzilish va himoyalash samaradorligi o'rtasidagi bog'liqlikni tahlil qilish zarurligini ko'rsatadi.¹ Mazkur ishning maqsadi p-fenilendiamin, formalin va monoxlorsirka kislota asosida geteroatomli oligomer korroziya ingibitorini sintez qilish, dastlabki komponentlar mol nisbatining St20 po'latni himoyalash darajasiga ta'sirini aniqlash hamda optimal tarkibdagi mahsulotni FTIR va TGA/DTA usullari bilan tavsiflashdan iborat.

Tajriba qismi.

Sintezda p-fenilendiamin, formalin, monoxlorsirka kislota, suv va etil spirtidan foydalanildi. Korroziya sinovlarida St20 markali uglerodli po'lat namunalari qo'llanildi. Barcha tarkiblar bir xil laboratoriya sharoitida tayyorlanib, komponentlar nisbatining ta'sirini solishtirish uchun tajriba rejimi o'zgarmas saqlandi.

Oligomer ingibitorni sintez qilish.

Sintez qaytarma sovutgich, termometr va mexanik aralashtirgich bilan jihozlangan uch bo'yinli kolbada olib borildi. Dastlab p-fenilendiamin va monoxlorsirka kislotaning hisoblangan miqdorlari suv-spirtli muhitda

bir jinsli holatga keltirildi. Reaksiyon aralashma 50–55 °C gacha qizdirilib, 1 soat davomida aralashtirildi. Keyingi bosqichda formalin eritmasi tomchilab qo'shildi, so'ng harorat 75–80 °C gacha oshirilib, kondensatsion-oligomerlanish jarayoni 2 soat davom ettirildi. Jarayon tugagach, sistema xona haroratigacha sovitildi va hosil bo'lgan mahsulot filtrlash yo'li bilan ajratildi.

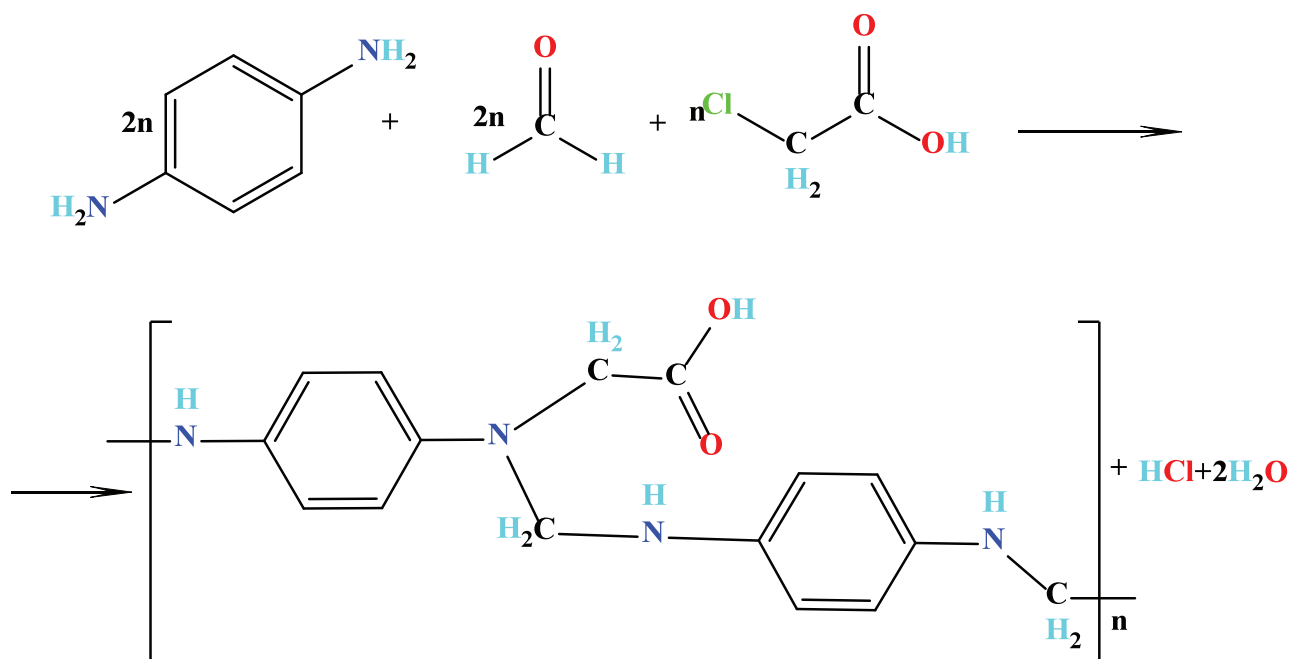
Sintezning ehtimoliy kimyoviy yo'nalishi.

Sintez tizimida p-fenilendiamin amino guruhlarining funksionallashuvi, formaldegid ishtirokidagi gidroksimetillanish va keyingi kondensatsiya bosqichlari parallel yoki ketma-ket kechishi mumkin. Monoxlorsirka kislota ishtirokida azot atomiga karboksimetil fragmentining birikishi ehtimoli ham mavjud. Shu sababli mahsulotni yagona kichik molekulyar birikma sifatida emas, balki aromatik p-fenilendiamin fragmentlari, N/O saqlovchi markazlar va metilen ko'priklari mavjud bo'lgan oligomer tizim sifatida talqin qilish ilmiy jihatdan ehtiyotkor yondashuv hisoblanadi.

Taklif etilgan sxema sintezda ishtirok etuvchi funksional fragmentlarning umumiy bog'lanish yo'nalishini ko'rsatadi. Yakuniy oligomerning aniq zanjir uzunligi va barcha strukturaviy fragmentlarning joylashuvini faqat mazkur sxema asosida qat'iy belgilash mumkin emas; shu bois spektral natijalar strukturaviy talqinni qo'llab-quvvat-

2-rasm.

p-Fenilendiamin, formalin va monoxlorsirka kislota asosida PPD-F-MK oligomer tizimi hosil bo'lishining taklif etilgan reaksiya sxemasi.



¹ Zhao W., Li F., Lv X., Chang J., Shen S., Dai P., Xia Y., Cao Z. Research Progress of Organic Corrosion Inhibitors in Metal Corrosion Protection. Crystals. 2023. Vol. 13, No. 9. Art. 1329. DOI: 10.3390/cryst13091329.

PPD-F-MK korroziya ingibitorining turli mol nisbatlarda St20 po'latni himoyalash darajasi

№	Ingibitor	PPD:formalin:MK mol nisbati	Himoyalash darajasi, Z (%)
1	PPD-F-MK	1:1:1	82,22
2	PPD-F-MK	2:2:1	94,31
3	PPD-F-MK	1:2:2	89,19

lovchi dalil sifatida ko'rib chiqildi.

Korroziyadan himoyalash darajasini baholash.

Komponentlar nisbatining mahsulot xossalariga ta'sirini aniqlash uchun p-fenilendiamin:formalin:monoxlorsirka kislota nisbatlari 1:1:1, 2:2:1 va 1:2:2 qilib tanlandi. Har bir tarkib uchun St20 uglerodli po'latning himoyalash darajasi tajribaviy ravishda baholandi. Himoyalash darajasi quyidagi umumiy ifoda asosida hisoblandi:

$$Z = [(K_0 - K_i) / K_0] \times 100\%$$

bu yerda K_0 — ingibitorsiz muhitdagi korroziya tezligi; K_i — ingibitor ishtirokidagi korroziya tezligi. Komponentlar nisbatini solishtirishda boshqa tajriba omillari bir xil saqlandi.

Natijalar va ularning muhokamasi.

1-jadvaldan ko'rinadiki, boshlang'ich komponentlarning mol nisbati oligomer mahsulotining himoyalash xususiyatiga sezilarli ta'sir ko'rsatadi. 1:1:1 nisbatda $Z = 82,22\%$ bo'lgan. Formalin ulushi ikki molgacha oshirilganda, ya'ni 2:2:1 nisbatda, himoyalash darajasi 94,31% ga yetgan. Bu 1:1:1 tarkibga nisbatan 12,09 foiz punkt yuqori natijadir. Monoxlorsirka kislota ulushi ham ikki molgacha oshirilgan 1:2:2 tarkibda himoyalash darajasi 89,19% gacha pasaygan. Demak, samaradorlik funksional reagent miqdorini shunchaki oshirish bilan chiziqli ravishda ortmaydi. O'rganilgan tarkiblar doirasida p-fenilendiamin, formalin va monoxlorsirka kislota o'rtasidagi 2:2:1 nisbat adsorbsiya markazlari soni, oligomer zanjirining shakllanishi va metall sirtini qoplash qobiliyati o'rtasida nisbatan qulay muvozanat hosil qilgan deb qaralishi mumkin. Organik ingibitorlar bo'yicha adabiyotlarda molekuladagi donor markazlar soni bilan bir qatorda fazoviy tuzilish, protonlanish holati, aromatik tizim va adsorbsion qatlarning barqarorligi ham himoyalash samaradorligiga ta'sir qilishi qayd etiladi. Shu nuqtai nazardan, 2:2:1 tarkibning ustunligi faqat bitta funksional guruh miqdori bilan emas, balki butun oligomer tizimining sirt bilan o'zaro ta'sirlashish xususiyati bilan izohlanishi maqsadga muvofiq.²

FTIR spektroskopik tahlil

FTIR spektrida 2827,64; 2627,55; 2544,11; 1678,07; 1651,07; 1573,91; 1543,08; 1500,26; 1423,47; 1282,68; 1186,07; 1129,81; 1018,41; 933,53; 879,54; 825,53; 783,10; 729,09; 626,87 va 559,61 cm^{-1} sohalarida yutilish maksimumlari qayd etildi. 2500–3300 cm^{-1} oralig'idagi keng yutilish vodorod bog'langan O–H, jumladan karboksil tabiatli guruhlar bilan bog'liq bo'lishi mumkin. 1678,07–1651,07 cm^{-1} sohadagi intensiv signallar karbonil guruhlar va konjugatsiyalangan fragmentlarning tebranishlariga mos keladi. 1573,91; 1543,08 va 1500,26 cm^{-1} atrofidagi yutilishlar aromatik halqaning C=C skelet tebranishlari hamda azot saqlovchi fragmentlar vibratsiyalariga mos kelishi mumkin. 1282,68–1018,41 cm^{-1} oralig'idagi signallar C–N va C–O bog'lari mavjud bo'lgan sohalariga to'g'ri keladi. 825,53; 783,10 va 729,09 cm^{-1} dagi yutilishlar almashingan aromatik halqalarning tekislikdan tashqari C–H deformatsion tebranishlari bilan bog'lanishi mumkin. Spektral belgilarni alohida-alohida qat'iy strukturaviy isbot sifatida talqin qilishdan ko'ra, ularning umumiy majmuasi asosida aromatik, azot va kislorod saqlovchi funksional fragmentlarning mavjudligini baholash to'g'riroq. Ushbu xususiyatlar oligomerining metall sirtiga adsorbsiya qilish ehtimolini oshiruvchi strukturaviy omillar sifatida qaraladi.

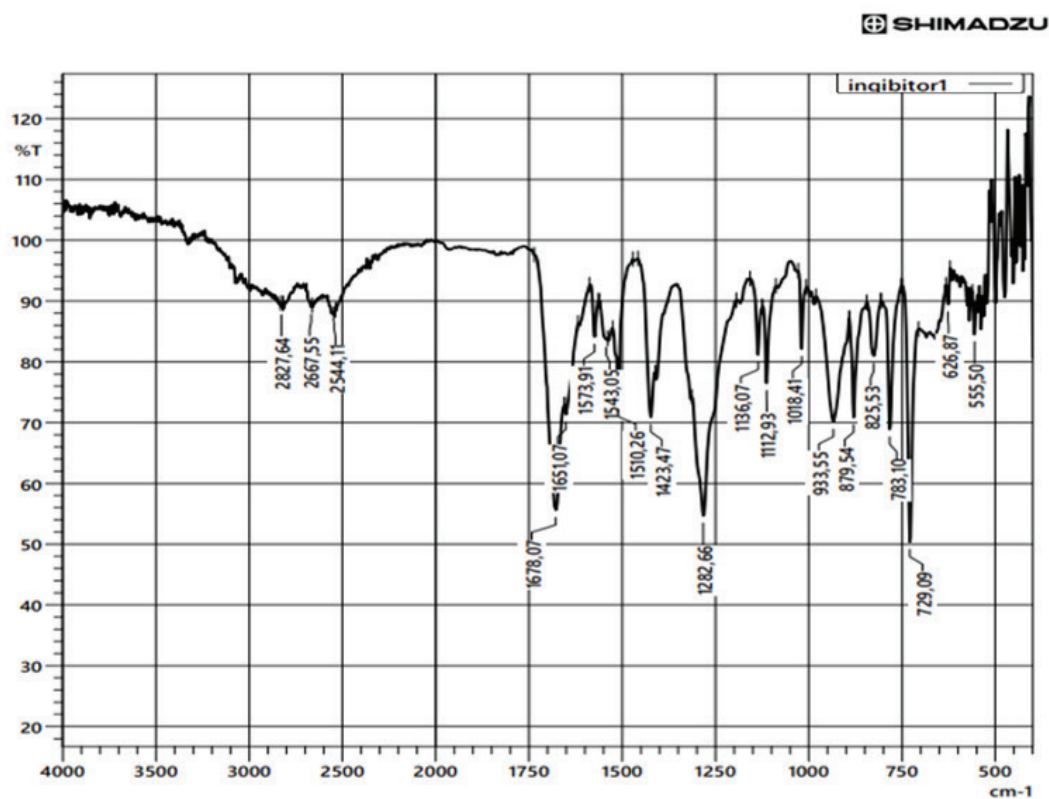
Termogravimetrik va differensial termik tahlil

TGA/DTA tahlili PPD-F-MK oligomerining termik o'zgarishlari bir necha bosqichda kechishini ko'rsatdi. 38,22–389,44 °C oralig'ida 49,785% massa yo'qotilishi qayd etilgan. Ushbu keng intervalda namlik va past molekulyar komponentlarning ajralishi bilan birga oligomer skeletining dastlabki termik parchalanish jarayonlari ham ustma-ust kelishi mumkin. 388,02–750,29 °C oralig'ida qo'shimcha 32,444% massa yo'qotilishi kuzatilgan. Ikki bosqich bo'yicha umumiy massa yo'qotilishi 82,229% ni tashkil etadi, 750 °C atrofidagi hisobiy qoldiq ulushi esa taxminan 17,77% ga teng. DTA egri chizig'ida 218,80–243,66 °C intervalida, maksimumi 238,11 °C

2 Aslam R., Serdaroglu G., Zehra S., Verma D.K., Aslam J., Guo L., Verma C., Ebenso E.E., Quraishi M.A. Corrosion inhibition of steel using different families of organic compounds: Past and present progress. Journal of Molecular Liquids. 2022. Vol. 348. Art. 118373. DOI: 10.1016/j.molliq.2021.118373.

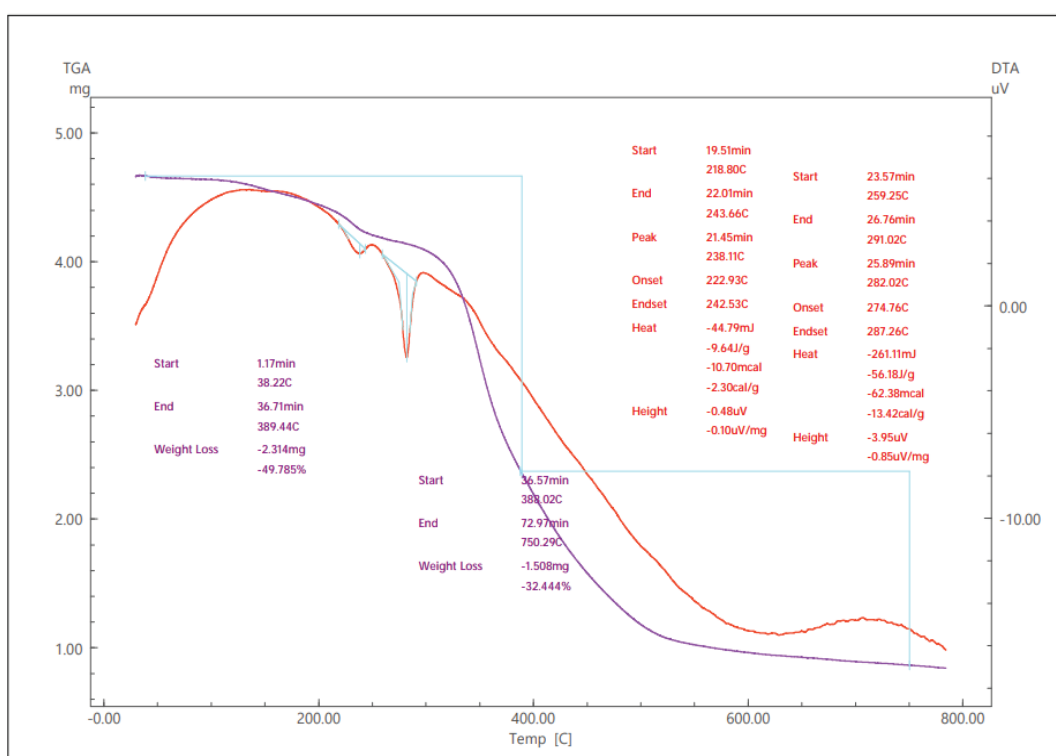
3-rasm.

PPD-F-MK oligomer korroziya ingibitorining FTIR spektri.



4-rasm.

PPD-F-MK korroziya ingibitorining TGA/DTA termogrammasi.



bo'lgan birinchi termik hodisa hamda 259,25–291,02 °C oralig'ida, maksimumi 282,02 °C bo'lgan ikkinchi termik hodisa qayd etilgan. Mazkur natijalar mahsulotning bitta aniq haroratda parchalanadigan oddiy molekulyar modda emas, balki tarkibiy fragmentlari turlicha termik barqarorlikka ega oligomer tizim ekanini ko'rsatadi. Shu bilan birga, TGA/DTA natijalari sintez mahsulotining korroziya ingibitori sifatidagi samaradorligini bevosita isbotlamaydi, balki uning termik tavsifini to'ldiradi.

PPD-F-MK ning St20 po'lat yuzasidagi ehtimoliy ingibirlash mexanizmi.

PPD-F-MK ning yuqori himoyalash darajasi uning tarkibidagi amino va boshqa azotli markazlar, karboksil tabiatli kislorod atomlari hamda aromatik π -elektron tizimlarning metall–eritma fazalar chegarasidagi o'zaro ta'sirlari bilan izohlanishi mumkin. Bunday funksional markazlar po'lat sirtidagi faol sohalarga adsorbsiyalanib, agressiv muhitning metall bilan to'g'ridan-to'g'ri kontaktda bo'lishini cheklaydi.¹ Oligomer zanjirining nisbatan katta o'lchami sirtning kengroq qismini qoplash uchun qulaylik yaratishi mumkin. Bunda himoya ta'siri anod va katod reaksiyalarining faol markazlarini qisman bloklash, korrozion zarrachalarning sirtga yetib borishini qiyinlashtirish va sirt qoplanish darajasini oshirish orqali namoyon bo'lishi ehtimol qilinadi. Shu bilan birga, FTIR spektri asosida aniq Fe–N yoki Fe–O koordinatsion bog'i hosil bo'lganini qat'iy tasdiqlash mumkin emas. Bunday xulosa sirtga sezgir spektroskopik usullar yoki qo'shimcha elektrokimyoviy va adsorbsion ma'lumotlar bilan mustahkamlanishi lozim. Mazkur maqolada mexanizm mavjud tajriba natijalari bilan mos keladigan ehtimoliy adsorbsion model sifatida talqin qilindi.

Natijalarning adabiyotlar bilan qiyosiy talqini.

Uglerodli po'lat uchun organik korroziya ingibitorlari bo'yicha zamonaviy sharhlarda N, O va S kabi donor atomlar, aromatik tizimlar va konjugatsiyalangan fragmentlar himoyalash samaradorligiga ta'sir etuvchi asosiy strukturaviy omillar sifatida ko'rsatiladi. PPD-F-MK tarkibida azot va kislorod saqlovchi markazlarning bir oligomer tizimda birlashgani uni ushbu umumiy strukturaviy mezonlarga moslashtiradi.² Mazkur tadqiqotning o'ziga xos jihati shundaki, komponentlar nisbatining o'zgarishi bevosita St20 po'latdagi himoyalash darajasi bilan solishtirildi va 2:2:1 tarkibning ustunligi tajribaviy ravishda ko'rsa-

tildi. Shuning uchun maqoladagi asosiy ilmiy natija faqat yangi oligomer olish bilan cheklanmaydi; tarkib–xossa bog'liqligining aniqlanishi ham muhim hisoblanadi. Mualliflar tomonidan amin asosidagi korroziya ingibitorlarining molekulyar tuzilishi va amaliy istiqbollari bo'yicha olib borilgan tadqiqotlarda ham molekulyar dizayn, donor markazlar va adsorbsiya mexanizmi o'rtasidagi bog'liqlik muhim omil sifatida qaraladi. Bu yondashuv PPD-F-MK tizimida kuzatilgan natijalarni kengroq amaliy kontekstda talqin qilishga imkon beradi.³

Xulosa.

p-Fenilendiamin, formalin va monoxlorsirka kislota asosida PPD-F-MK oligomer korroziya ingibitori sintez qilinib, St20 po'lat uchun 1:1:1, 2:2:1 va 1:2:2 mol nisbatlarda himoyalash darajasi mos ravishda 82,22; 94,31 va 89,19% ekani aniqlandi; 2:2:1 nisbat optimal deb topildi. FTIR va TGA/DTA natijalari mahsulotning funksional hamda termik xususiyatlarini tavsiflab, PPD-F-MK oligomerining St20 po'latni korroziyadan himoyalash uchun istiqbolli ekanini ko'rsatdi.

1 Chen L., Lu D., Zhang Y. Organic Compounds as Corrosion Inhibitors for Carbon Steel in HCl Solution: A Comprehensive Review. Materials. 2022. Vol. 15, No. 6. Art. 2023. DOI: 10.3390/ma15062023.

2 Zhao W., Li F., Lv X., Chang J., Shen S., Dai P., Xia Y., Cao Z. Research Progress of Organic Corrosion Inhibitors in Metal Corrosion Protection. Crystals. 2023. Vol. 13, No. 9. Art. 1329. DOI: 10.3390/cryst13091329.

3 Normurotov J.B., Akhmedov U.Ch., Karimov M.U., Kiyomov Sh., Bozorov S.T., Toshbekov O.A., Olimova D.M., Narkabilova R., Khayrullaev Ch.Q. Rational mo Review and Letters. 2026. Vol. 9, No. 4. P. 1781–1795. DOI: 10.22034/crl.2026.578828.1807.

STUDY OF MECHANICAL AND THERMAL PROPERTIES

OF PLASTICIZED PVC-BASED COMPOSITE
MATERIAL FILLED WITH MODIFIED PERLITE

Temurbek Sayfullaev,

Department Of Chemical Engineering And Biotechnology,
Karshi State Technical University



Abstract

Composites filled with perlite (MP) modified with stearic acid was studied to improve the physico-mechanical, thermal and morphological properties of polyvinyl chloride (PVC)-based material. It is known that surface modification of perlite increases its interaction with PVC polymer and interfacial adhesion. The composites were prepared by thermomechanical mixing in a special laboratory extruder. The mechanical properties of these composites were studied using tensile and three-point bending tests, and the mechanical strength was determined to be up to 13.5 MPa, and the deformation was increased to 204%. Since 5%MP showed high mechanical properties, its structural properties were evaluated by Fourier-transform infrared spectroscopy (FTIR), thermal stability by thermogravimetric analysis (TGA), and morphological structure by scanning electron microscopy (SEM). FTIR analysis showed a small interaction between the polymer material and modified perlite. FTIR analysis showed a small interaction between the polymer material and the modified perlite and TGA results showed that 5% MP content increased the maximum thermal decomposition temperature of the composite to 262 °C. SEM images showed a uniform and good dispersion of the modified perlite in the PVC matrix. Overall, the addition of stearic acid modified perlite as a filler was effective in improving the structural, mechanical and thermal properties of the PVC composites.

Key word:

adhesion, extruder, dispersion, tensile, spectroscopy.

1. Introduction

Polyvinyl chloride (PVC) remains one of the most widely used and versatile thermoplastics because it is inexpensive, chemically resistant, flame retardant, and easy to process.¹ Since unmodified PVC is inherently rigid and temperature sensitive during processing, plasticizers must be added to the PVC polymer matrix to lower the glass transition temperature and provide the flexibility required for cable insulation, flooring, films, hoses, medical devices, etc.²⁻³ Typically, traditional plasticizers are phthalate esters such as di(2-ethylhexyl) phthalate (DEHP) and diisononyl phthalate (DINP), but today, due to environmental and toxicological concerns related to migration and endocrine disruption, researchers and manufacturers are actively searching for alternatives to phthalates and reformulating plasticized PVC composites, focusing more on filler development rather than just plasticizer chemistry.⁴

Adding fillers to plasticized PVC (PVC-P) is a well-known method to reduce costs, improve dimensional stability, and modify the mechanical, thermal, and processing properties of the material.⁵⁻⁶ Minerals (calcium carbonate, dolomite, marble chips, talc), wood and even biological fillers (eggshell) have been shown to alter the tensile strength, stiffness, thermal and rheological properties of PVC-P materials, while high filler content leads to reduced elongation and poor processability due to poor filler-matrix interaction.⁷⁻⁸ Thus, these results highlight the importance of surface chemistry and filler dispersion as a key criterion for filler influence on PVC-based composites and stimulate the search for lightweight and inexpensive mineral fillers with better surface properties.⁹⁻¹⁰ One of the natural mineral fillers is perlite, a hydrated amorphous volcanic aluminosilicate glass characterized by low bulk density, high porosity, thermal insulation, chemical inertness and flammability.¹¹⁻¹² When rapidly heated above 870–900 °C, perlite expands due to the release of structurally bound water

1 Kurańska, M. et al. "Walnut shell filler reinforced polyurethane composites treated with perlite, montmorillonite, and halloysite." PMC (NCBI). URL: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC8303685/>

2 «A blend of non-phthalate plasticizers for polyvinyl chloride resin compositions.» US Patent 12163007. URL: <https://image-ppubs.uspto.gov/dirsearch-public/print/downloadPdf/12163007>

3 «The

Accessible: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC10214373/>

4 «Plasticizers in PVC: The safety debate between phthalates and non-phthalates.» Accessible at: <https://eureka.patsnap.com/article/plasticizers-in-pvc-phthalates-vs-non-phthalates-safety-debate>

5 «Thermal and Processing Properties of Talc- and Calcium Carbonate-Filled PVC Hybrid Composites». Accessible at: <https://www.academia.edu/26983933/>

6 «The Influence of Fillers on the Chemical, Mechanical and Dielectric Properties of PVC Composites». Accessible at: <https://www.academia.edu/80299478/>

7 «Preparation of Melt-Blended Plasticized PVC Materials Using Eggshell Powder as a Bio-filler». PMC (NCBI). URL: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC11859243/>

8 «Mechanical and Processing Properties of Plasticized PVC/Wood Composites». Polymers, 16(15), 2204 (2024). <https://www.mdpi.com/2073-4360/16/15/2204>

9 «Novel PVC/carbon fiber/carbon nanotube hybrid filler composites.» PMC (NCBI). URL: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC9415811/>

10 «Research on plant-filled polymer composites based on highly plasticized PVC.» PMC (NCBI). Accessible: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC11174432/>

11 «Perlite Concrete: A Review.» IOP Conference Series: Materials Science and Engineering, 1283, 012003. <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1757-899X/1283/1/012003/pdf>

12 «From volcanic popcorn to materials of the future: A critical review of the expanded applications and environmental impacts of perlite.» Sustainability, 17(4), 1454 (2025). <https://www.mdpi.com/2071-1050/17/4/1454>

and transforms into expanded perlite (EP), a low-density cellular material that can be used as a lightweight filler for polymers, cementitious composites, and insulating materials.¹ Upon heating above 870-900 °C, the perlite expands, releasing structurally bound water, and transforms into expanded perlite (EP), a low-density cellular material that can be used as a light filler for polymers, cementite composites, and insulating materials.² However, the hydrophilic nature, irregular shape, and porous structure of perlite lead to poor surface moisture and poor adhesion with the hydrophobic polymer matrix, leading to aggregation of fillers and low productivity.³ To eliminate this problem, various methods for modifying the filler surface have been developed, including processing with organosilanes, hydrophobization with silosane emulsions, polymer coatings obtained by the PECVD method, and welding with a silane binder modified with maleic anhydride. All of this is related to the surface properties of the filler and its polymer matrix. Although there is extensive literature on perlite-filled thermoset and polyolefin composites, as well as on rigid or plasticized PVC systems filled with conventional mineral fillers and modified fillers, the use of surface-modified perlite as a filler in plasticized PVC matrices has not been well studied.⁴ Due to the plasticization effect achieved when treating the perlite surface with polymers in silane and other polymer matrices, and the sensitivity of PVC-P's mechanical and thermal properties to the type, quantity, and interaction of the filler and matrix, there is a clear scientific basis for developing plasticized PVC composites modified with perlite as an inexpensive, low-density, and thermostable alternative to traditional mineral fillers.

This composite material combines the flexibility and machinability of PVC-P with low perlite density, thermal insulation, and fire resistance, expanding the application

range of PVC-based materials in construction, insulation, and lightweight structures. Therefore, the purpose of this work is to develop a modified composite material based on perlite-filled plasticized PVC and to modify the filler surface.

2. Materials and methods

2.1. Materials

Polyvinyl chloride powder with an average molecular weight (Mw) of 64,000 g/mol and a polydispersity index (PDI) of 1.2 was purchased from Navoi. Natural expanded perlite with an average particle size of 50-100 µm was used as a mineral filler and stearic acid with a molecular weight of 284.48 g/mol was purchased from local companies for filler surface modification. Dioctyl phthalate (DOP) plasticizer and calcium stearate heat stabilizer were purchased from Asir Co.

2.2. Modification of perlite with stearic acid

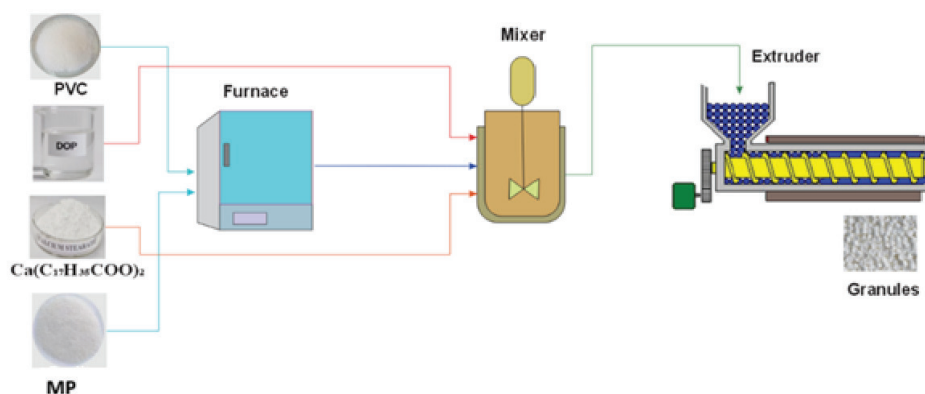
Initially, expanded perlite was dried at 105 °C until constant mass and ground to 10 in a mechanical mill. Organic modification of the perlite surface was carried out with stearic acid up to 10% by mass. Perlite was thermo-mechanically mixed with stearic acid in an extruder at 160 °C. The adsorption of stearic acid molecules on the surface of perlite particles and the coating of the surface with an organic layer occurred. Modified perlite (MP) was used in further experiments as a filler in PVC-based composites.

2.3. Preparation of composite samples

PVC-based composite samples were initially prepared by mixing PVC powder, DOP plasticizer, calcium stearate stabilizer and a specified amount of MP until a uniform mechanical homogeneity was obtained. The mixture was then

Figure 1.

Scheme of preparation of composite granules.



1 "Studies on the Chemical and Physical Properties of Perlite." International Journal of Science, Technology and Management (IJSTM). Accessible: https://www.ijstm.com/images/short_pdf/1460020555_434V.pdf

2 "Lightweight Composite Materials for Protective Pads, Cushioning Pads, Supports, etc., and Methods for their Preparation." US Patent 6756426. Accessible at: <https://image-ppubs.uspto.gov/dirsearch-public/print/downloadPdf/6756426>

3 Yan, Q., Wang, H., Luo, J., Lin, Y., Yang, Y. "Composite hydrophobic modification of expanded perlite." ACI/Concrete.org. Accessible at: <https://www.concrete.org/publications/internationalconcreteabstractsportal.aspx?m=details&i=51733148>

4 "Application of PECVD process in epoxy composites: a novel filler – polymer-coated perlite." ScienceDirect (2023). <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1226086X2300802X>

Table 1.

Composition of PVC-based samples with plasticizer and additives (wt%)

№	Samples	PVC:DOP	MP	Calcium stearate
1	Sample 1	98 g (65:35)	0	2 g
2	Sample 2	93g (65:35)	5 g	2 g
3	Sample 3	88 g (65:35)	10 g	2 g

The composite components in Table 1 are prepared in various mass ratios. These compositions were selected for the optimal assessment of the composite material's properties.

melt-mixed in a two-roll laboratory extruder with 4 heating zones. During thermomechanical processing, conditions were created for uniform distribution of MP particles throughout the PVC matrix and for the formation of a good interface.

2.3. Characteristics

The structural and thermo-mechanical properties of the obtained PVC/MP composites were comprehensively studied. To evaluate the mechanical properties, tensile and flexural tests were performed on a universal testing machine [Shimadzu AG-X, Japan] at a speed of 10 mm/min in accordance with ASTM D638 and ASTM D790. The interaction of the PVC matrix with modified perlite (MP) was studied using Fourier transform infrared spectroscopy (FTIR) in the range of 4000–500 cm^{-1} with a spectral resolution of 5 cm^{-1} . The thermal stability of the composites was evaluated using thermogravimetric analysis (TGA) (SHIMADZU DTG-60 thermogravimeter) in an argon atmosphere at a heating rate of 5 $^{\circ}\text{C}/\text{min}$, in the temperature range of 30–600 $^{\circ}\text{C}$. The distribution of MP particles in the PVC matrix was studied using scanning electron microscopy (SEM), and the dispersion, agglomeration and surface area of the particles were determined.

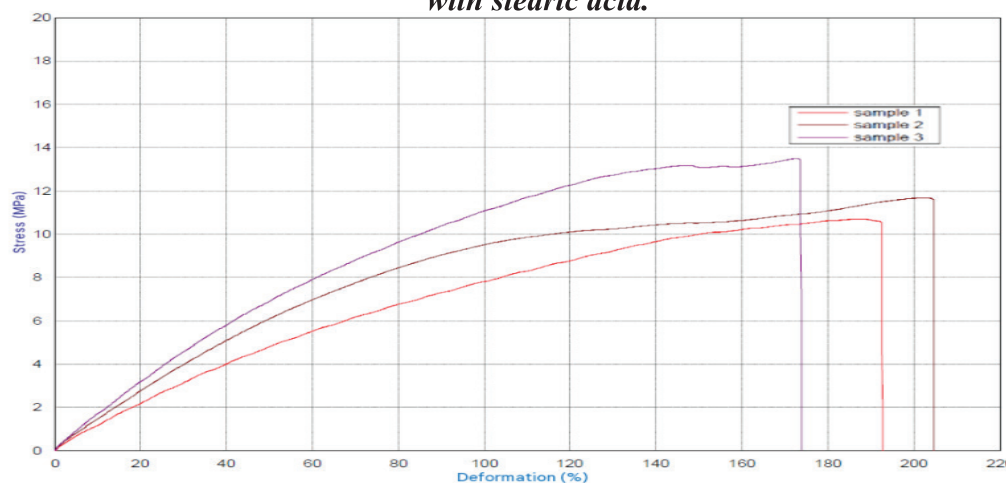
3. Results and discussion

3.1. Mechanical properties

Based on the results of the tensile testing, it can be concluded that the mechanical properties of PVC-based composites are significantly dependent on the amount and dispersion of perlite in the PVC matrix (Fig.1.). As seen from the stress-strain diagrams, a gradual increase in stresses is observed in all samples during the initial stages of deformation, but significant differences are observed in the maximum strength, final deformation, and plasticity of the deformed composites. Sample 1 is a control based on the PVC/DOP/calcium stearate system. Sample 2 is a composite with the addition of 5% perlite (MP) modified with stearic acid, and sample 3 is a composite with the addition of 10% MP. As for the control sample, it shows a fairly stable increase in stress at the initial stages of tensile tests, resulting in a maximum stress of 10.7 MPa. The maximum stress is reached at 190-195% deformation, and then it suddenly fails. This high ultimate deformation is due to the presence of the DOP plasticizer in the PVC matrix. DOP reduces the interactions between PVC macromolecules, increases segmental mobility, and facilitates polymer chain reorientation.⁵

Figure 2.

Tensile stress-strain of PVC/DOP/Ca-stearate composites containing perlite (MP) modified with stearic acid.



⁵ "Lightweight filler-filled polyurethane composites." US Patent 10030126. Accessible at: <https://image-ppubs.uspto.gov/dirsearch-public/print/downloadPdf/10030126>

The addition of MP significantly affects the mechanical properties of sample 2. For example, in sample 2 (with 5% MP), the maximum tensile strength increases to 11.7 MPa (9% compared to the control sample). In addition, the tensile strength at break increases by 204%. It can be assumed that a small amount of MP acts not only as a passive mineral filler, but also as a dispersed phase that facilitates stress transfer. In this case, surface modification with stearic acid changes the surface properties of pearlite particles, improving their wetting and surface adhesion with the PVC matrix. Due to the presence of external loads, part of the stress is transferred from the PVC matrix to the MP particles. As a result, the formation of cracks in the samples is delayed, and the strength and deformation increase. In particular, at 5% MP, the distance between the particles is large enough to prevent their agglomeration.

The composite with 10% MP (sample 3) exhibits the highest maximum strength among all samples. The maximum strength of sample 3 is 13.4–13.5 MPa, which is 25% higher than that of sample 1 and 15% higher than that of sample 2, however, this increase in strength is accompanied by a decrease in the failure stress: sample 3 fails at approximately 173–175% of the ultimate stress. Thus, the addition of 10% MP shifts the strength-strain ratio of the composite towards strength and at higher filler concentrations, the probability of contact and aggregation of pearlite particles increases. These microstructural zones act as stress concentrators during deformation and limit the ability of the polymer chains to reorient and as a result, although the composite can withstand high stresses, the area available for plastic deformation is reduced.⁵

The results of the bending test showed the effect of different amounts of perlite (MP) on the mechanical properties of PVC-based composites (Fig. 3). According to the

indicators, there was no significant difference in bending deformation for all samples, but significant changes in maximum stress were observed. Test sample 1 showed the best mechanical properties among other composite samples. The maximum stress for sample 1 was 4.3–4.4 MPa, this maximum stress value was observed in the range of 20–22% deformation. The high values indicate that DOP and Ca stearate are uniformly distributed in the material and the stress under compression is uniform. When 5% MP is added, the maximum stress decreases significantly to 2.8 MPa, which is about 35% less than for sample 1.

The relatively poor dispersion of mineral fillers from the composite disrupts the particle-matrix interface, resulting in a decrease in strength, but the flexural deformation is almost preserved even at 2% compared to sample 1, which means that the 5% MP filler powder is still uniformly distributed within the material. The maximum stress for sample 3 is very close to the value of sample 2, 2.7–2.8 MPa. This means that increasing the MP content from 5% to 10% also shows that the composite is mechanically preserved. In general, the stress-strain curves for sample 2 and sample 3 are very similar. This indicates that at 5% MP, a significant filler effect was observed, affecting the mechanical properties of the composite, while increasing the filler content to 10% also had a positive effect on the flexural deformation of the material.⁶

3.2. Fourier Transform Infrared Spectroscopy (FTIR)

Figure 4 shows the FTIR spectrum of sample 2 of the composite filled with 5 wt% stearic acid modified perlite (MP). This spectrum reflects the mineral phase, plasticizer/stabilizer components, and characteristic functional groups inherent to modified perlite (MP) in the polyvinyl

Figure 3.

Bending stress-strain of composites.

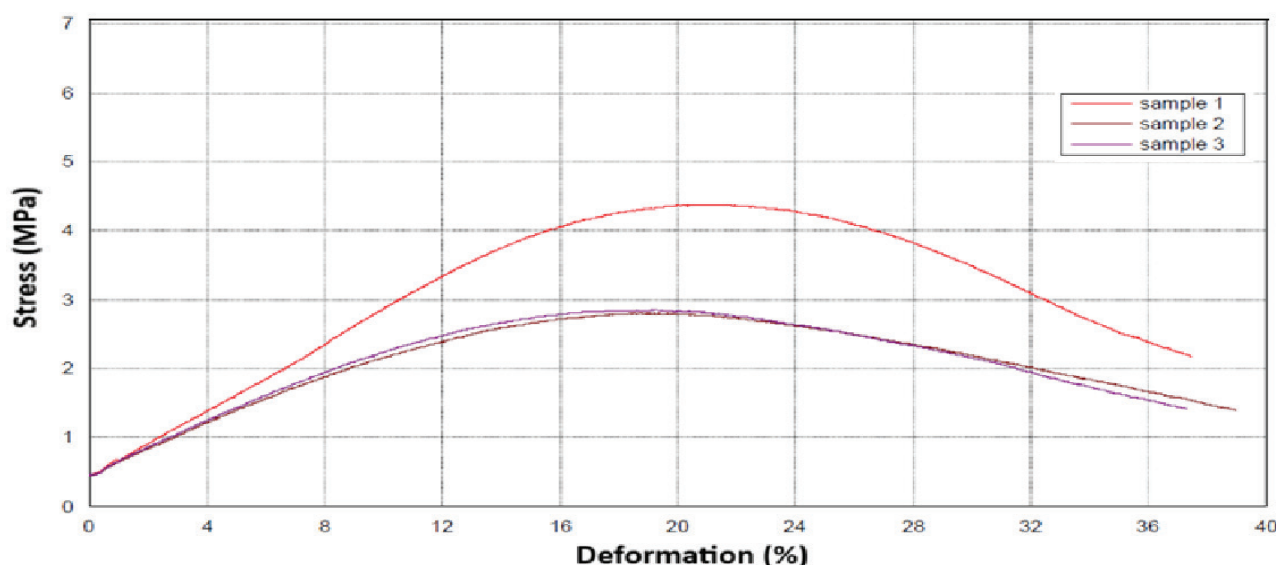
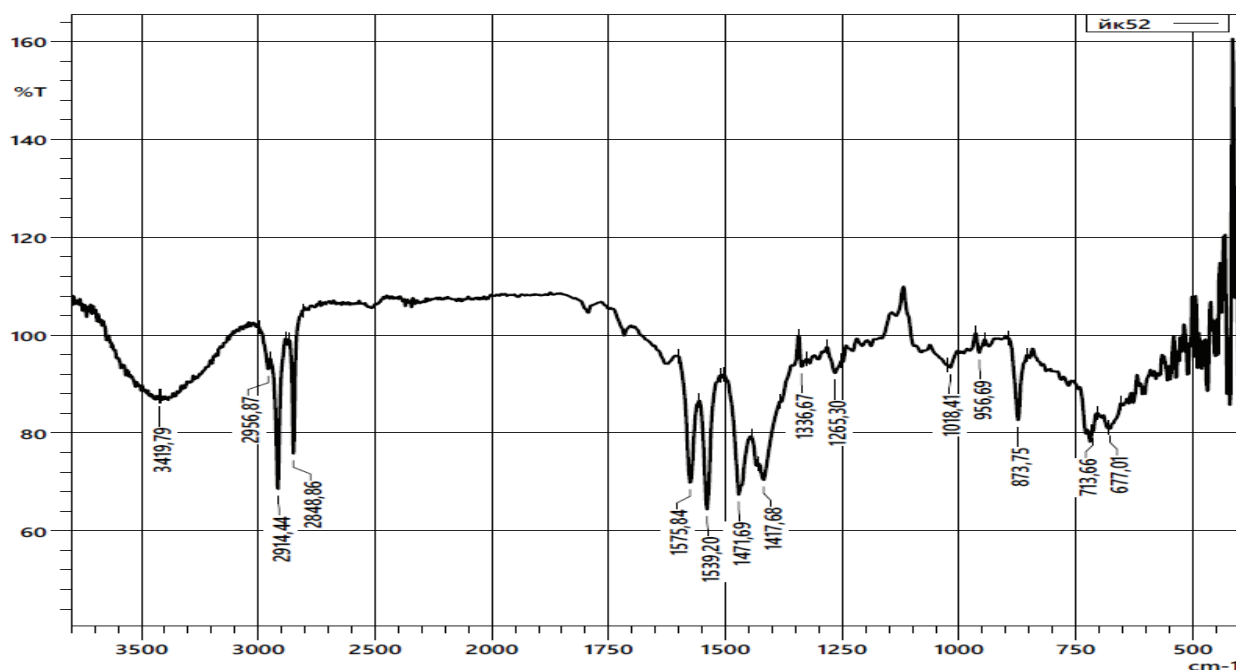


Figure 4.

FTIR spectrum of a PVC/DOP/Ca-stearate composite containing 5 wt% stearic acid-modified perlite (MP).



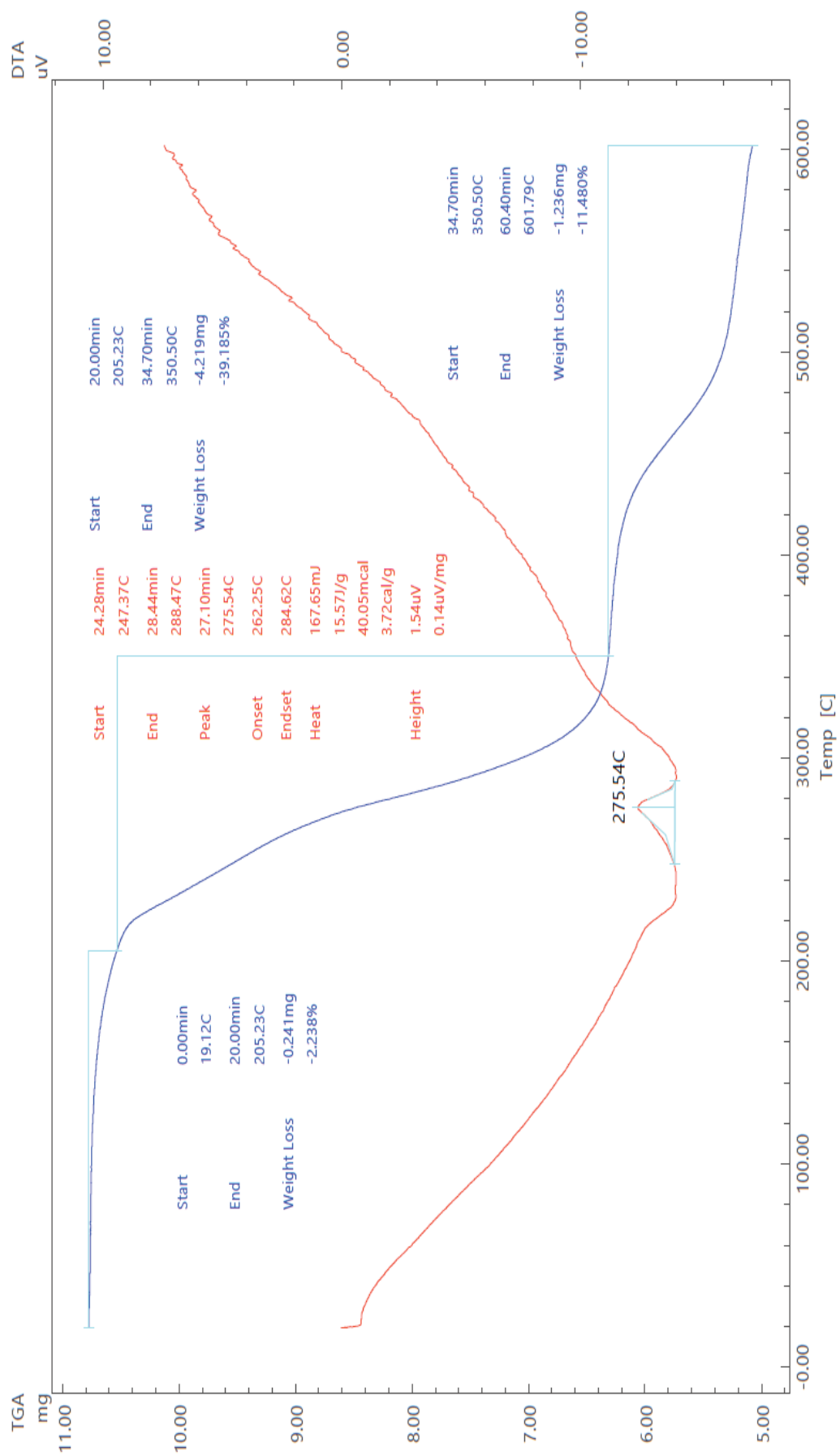
chloride (PVC) matrix. The combination of organic and inorganic absorption bands confirms the existence of a multi-phase PVC composite material and broad absorption band at 3419.79 cm^{-1} is mainly associated with the stretching vibrations of the O-H groups, which may correspond to hydroxyl groups on the surface of the mineral phase or adsorbed moisture. The presence of such a band in the perlite sample modified with stearic acid indicates that the surface modification process did not completely eliminate the polar surface features that could facilitate the interfacial interaction between the modified surface and the surrounding polymer phase.⁷

The spectrum exhibits several sharp absorption bands in the range of $3000\text{--}2800\text{ cm}^{-1}$. The absorption peak at 2956.87 cm^{-1} is associated with the asymmetric stretching vibration of the C-H group, while the absorption peaks at 2914.44 and 2848.86 cm^{-1} correspond to the asymmetric and symmetric stretching vibrations of the aliphatic CH_2 group, respectively. This type of absorption is characteristic of hydrocarbon components in PVC composites, particularly long-chain stearic acid alkyl groups. Therefore, the strong CH_2 stretching vibrations confirm the presence of an organic modifier in the MP-containing composite. The absorption bands in the fingerprint region at 1575.84 , 1539.20 , 1471.69 , and 1417.68 cm^{-1} are attributed to the deformation and skeletal vibrations of the organic components. Specifically, the absorption peak at 1417 cm^{-1} corresponds to the deformation vibration of CH_2 , while the absorption peaks in the $1500\text{--}1600\text{ cm}^{-1}$ range can be attributed to the overlap of vibrations between the polymer component and the surface-bound particles. This phenom-

non is expected given the complexity of the spectral region, as the infrared spectrum shown represents a composite material consisting of polyvinyl chloride (PVC), dioctyl phthalate (DOP), calcium stearate, stearic acid-modified perlite, and the interfacial interactions between them. The absorption peaks at 1336.67 and 1265.30 cm^{-1} correspond to the C-H deformation vibration and C-C/C-O vibration regions that may occur in the organic phase. However, the particularly strong absorption band at 1084.41 cm^{-1} is due to the Si-O-Si and Si-O vibrations of the silicate minerals in the perlite phase. This absorption band is a major spectral feature of the inorganic filler incorporated into the PVC matrix. The additional spectral lines at 956.69 and 873.75 cm^{-1} may be related to Si-O bonds. This indicates that the inorganic structure of perlite is retained after modification and composite material preparation. In the lower wavenumber range, the bands at 713.66 and 671.01 cm^{-1} are characteristic bands of the PVC/mineral composite. The absorption in the $600\text{--}700\text{ cm}^{-1}$ region is attributed to the C-Cl vibration in PVC, although some contribution from mineral lattice vibrations may also exist in this region. Therefore, the coexistence of C-Cl vibrations in PVC and silicate vibrations in perlite indicates the coexistence of polymer and mineral phases. This indicates that the inorganic structure of perlite is retained after modification and composite material preparation. In the lower wavenumber range, the absorption bands at 713.66 and 671.01 cm^{-1} are characteristic absorption bands of the PVC/mineral composite. The absorption in the $600\text{--}700\text{ cm}^{-1}$ region is attributed to the vibrations of C-Cl in PVC, although some contributions from mineral lattice vibrations may also exist in this region.

Figure 5.

TGA/DTA thermograms of a composite containing 5 wt% stearic acid-modified perlite (MP).



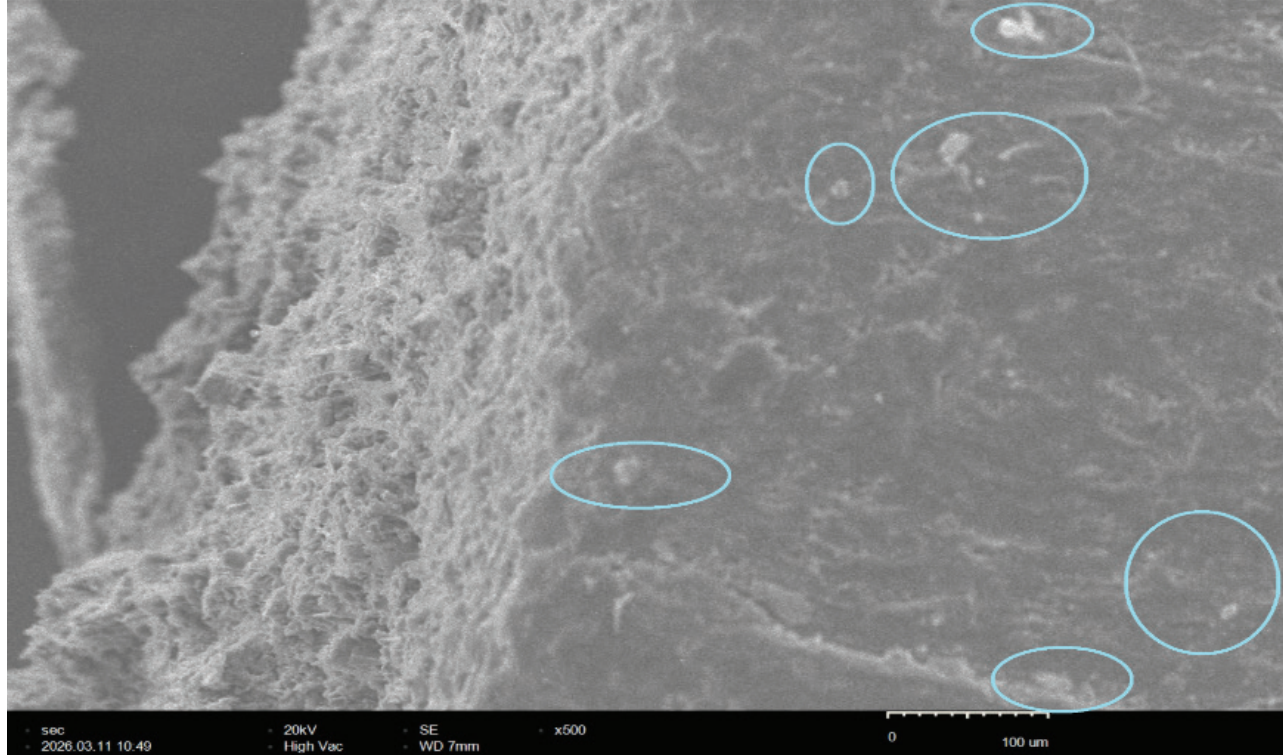


Figure 6.

SEM of a composite consisting of modified perlite (5% MP).

3.3. Thermogravimetric (TGA/DTA) results

In the initial stage, an average weight loss of 0.241 mg (2.238%) was observed in the temperature range of 19.12 to 205.23 °C. This limited weight loss can be attributed to the physical adsorption of water and the evaporation of low molecular weight volatiles; this indicates that the composite material has good thermal stability before significant decomposition occurs. Subsequently, the sample underwent the main decomposition stage in the temperature range of 247.37 to 288.47 °C, with an initial temperature of approximately 262.25 °C. In this stage, the weight decreased significantly to 4.219 mg, which is 39.185% of the initial value.⁴

These results confirmed a clear endothermic reaction with a peak at 275.54 °C due to thermal effects in the DTA curve, which is mainly associated with the early stages of PVC dehydrochlorination, where HCl is cleaved from the macromolecular chains and causes the formation of conjugated polyene sequences. Some of the thermal activity in this range may also be due to the decomposition and evaporation of the stearate and DOP components, and an additional 1236 mg (11480%) is lost between approximately 350.50 and 601.79 °C. The steady mass loss above 350 °C is due to the carbon/polyene residue remaining after PVC dehydrochlorination. It also shows progressive decomposition of other organics and this TGA data is confirmed by the DTA signal, whose calculated thermal effect is approximately 15.57 J g⁻¹ for the main event at 275.54 °C. Next comes the MP material, which introduces a phase rich in inorganic silicates. Unlike the PVC matrix, it does not follow the same decomposition pathway and is therefore part of the fraction that remains thermally stable.

3.4. Morphological analysis

The morphological structure of the PVC composite

sample with 5% MP after mechanical testing was investigated by SEM analysis at a magnification of 500 times. According to Figure 8, the variation of the 5% MP content maintained a smoother and more homogeneous surface of the composite. The presence of some particle clusters was also confirmed under the microscope. If the composite is highly cross-linked, this indicates a greater interaction of the PVC chains. The SEM image below shows a dispersion of many small particles. Another sign of this dispersion is the good adhesion of the particles with the polymer chains. 5% MP was taken as the most suitable sample, since it had good mechanical strength and deformation. Its relatively dense and compact structure was increased by the presence of perlite in its composition.¹¹

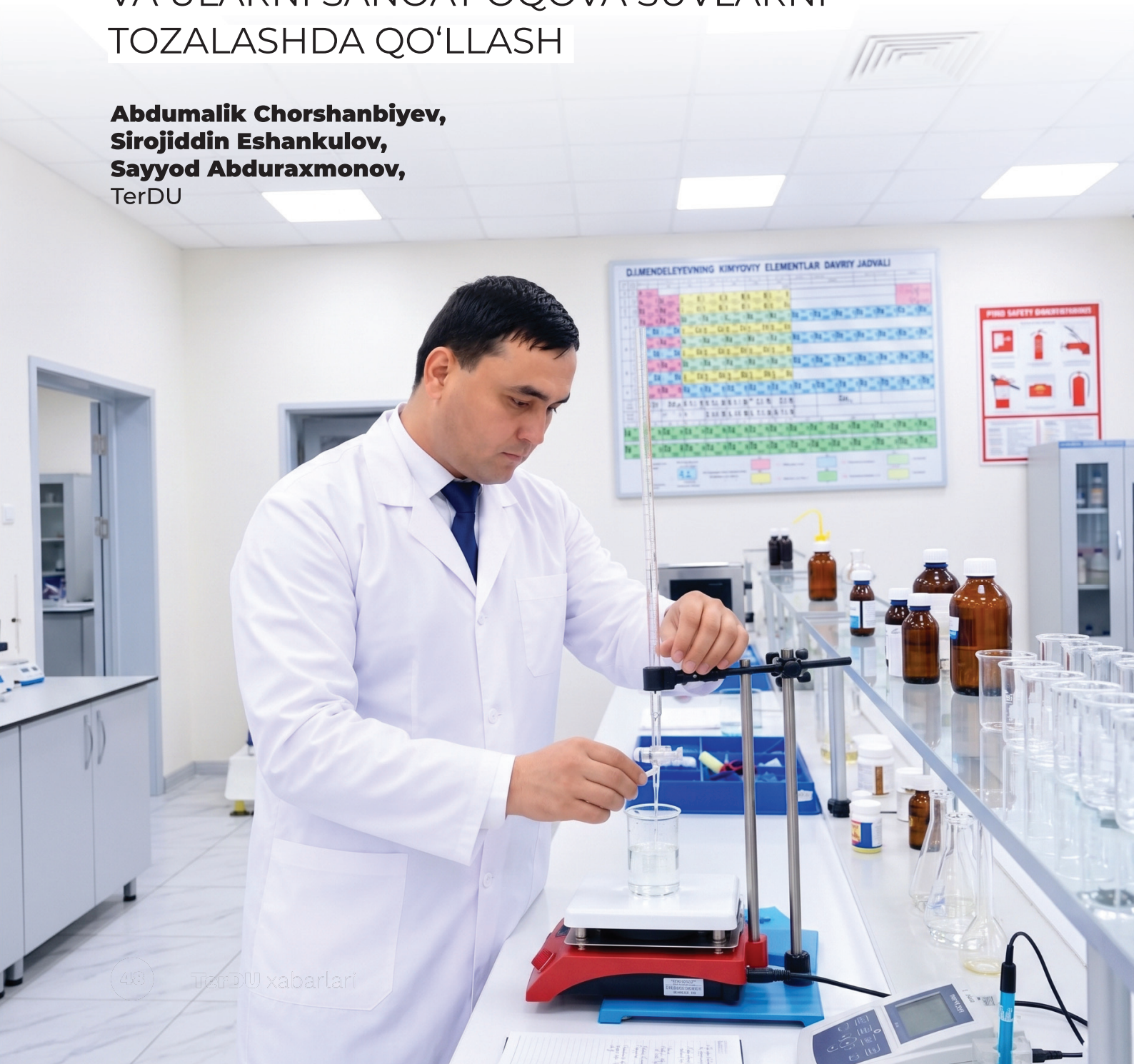
4. Conclusion

Tensile and bending tests confirmed that the MP content in the composite material improved the mechanical properties of the material. In particular, it was found that the 5% MP composite significantly improves mechanical strength and deformation; therefore, the FTIR, TGA, and SEM characteristics of the 5% MP composite were studied. The presence of stearic acid on the surface of the FTIR results confirmed a partial interaction between the perlite and the composite, which is formed on the basis of hydrogen bonds. TGA analysis revealed that the addition of MP significantly improved the thermal stability of the composites and delayed the maximum decomposition temperature. It was confirmed that SEM analysis improved the dispersion and interfacial adhesion of MP in the composite. In summary, the obtained MP can be used as a functional mineral filler in PVC-based composites, and the method can actually produce composites with improved performance using relatively inexpensive mineral resources.

YANGI TURDAGI NANOTUZILISHLI METALL OKSIDLARINI OLISH

VA ULARNI SANOAT OQOVA SUVLARNI
TOZALASHDA QO'LLASH

**Abdumalik Chorshanbiyev,
Sirojiddin Eshankulov,
Sayyod Abduraxmonov,
TerDU**



Annotatsiya.

Ushbu maqolada Ni/TiO₂ nanomaterialining zol-gel usulida sintezi hamda sintez sharoitiga turli omillarning ta'siri o'rganilgan. Tadqiqot natijasida optimal sintez harorati va vaqti 500 °C haroratda 4 soat ekanligi aniqlandi. Dastlabki moddalarning mol nisbati (izopropil sipirt: TTIP: suv: Ni(NO₃)₂·6H₂O) 20:10:17:1: bo'lganda reaksiya unumi eng yuqori darajaga yetadi. Sintez qilingan yangi TiO₂ nanomaterialiga nikel ionlarini kiritish orqali materialning kristall panjarasi va yuzasiga ta'siri o'rganildi. Natijada, fotokatalitik faollik bo'yicha eng samarali kompozit sifatida 3% Ni kiritilgan Ni/TiO₂ nanomateriali aniqlandi. Skanerlovchi elektron mikroskop tasvirlar turli masshtablarda a-2 μm, b-5 μm, c-10 μm, d-20 μm tahlil qilindi. Yangi sintez qilingan 3% Ni kiritilgan Ni/TiO₂ nanomaterialining EDX tahlil natijalariga ko'ra, ushbu tahlillar elementlarning spektral xususiyatlarini aniqladi, Ni kiritilgan namunaning nisbatlarini ko'rsatdi va EDX usuli yordamida materialning tarkibini o'rganildi. Yangi sintez qilingan 3% Ni kiritilgan Ni/TiO₂ nanomaterialining Raman spektrilari tahlil cm⁻¹ cho'qqilarda Ni dopingidan kelib chiqadigan biroz siljishlar paydo bo'ldi.

Kalit so'zlar:

SEM-skanerlovchi elektron mikroskop, nanomaterial, sintez, spektroskopiya, UB-spektrofotometriya, TTIP-titan (IV) izopropoksidi, Raman tahlil.

Аннотация.

В данной статье изучен синтез наноматериала Ni/TiO₂ золь-гель методом и влияние различных факторов на условия синтеза. В результате исследования установлено, что оптимальная температура и время синтеза составляют 4 часа при 500 °C. Выход реакции достиг наивысшего уровня при молярном соотношении исходных материалов (изопропиловый спирт: TTIP: вода: Ni(NO₃)₂·6H₂O) 20:10:17:1:.. Изучено влияние введения ионов никеля в синтезированный новый наноматериал TiO₂ на кристаллическую решетку и поверхность материала. В результате наиболее эффективным композитом с точки зрения фотокаталитической активности был идентифицирован наноматериал Ni/TiO₂ с 3% Ni. Изображения, полученные с помощью сканирующего электронного микроскопа, анализировались в разных масштабах: а) - 2 мкм, б) - 5 мкм, в) - 10 мкм, г) - 20 мкм. Согласно результатам EDX-анализа синтезированного наноматериала Ni/TiO₂,

легированного 3% Ni, эти анализы выявили спектральные свойства элементов, показали пропорции легированного Ni образца и изучили состав материала с помощью метода EDX. Рамановские спектры синтезированного наноматериала Ni/TiO₂, легированного 3% Ni, показали небольшие сдвиги пиков в см⁻¹ из-за легирования Ni.

Ключевые слова:

СЭМ - сканирующий электронный микроскоп, наноматериал, синтез, спектроскопия, УФ-спектрофотометрия, TTIP - изопропоксид титана (IV), рамановский анализ.

Abstract.

In this article, the synthesis of Ni/TiO₂ nanomaterial by the sol-gel method and the influence of various factors on the synthesis conditions were studied. As a result of the study, it was found that the optimal synthesis temperature and time were 4 hours at 500 °C. The reaction yield reached the highest level when the molar ratio of the starting materials (isopropyl alcohol : TTIP : water : Ni(NO₃)₂·6H₂O) was 20:10:17:1:.. The effect of introducing nickel ions into the synthesized new TiO₂ nanomaterial on the crystal lattice and surface of the material was studied. As a result, the most effective composite in terms of photocatalytic activity was identified as the Ni/TiO₂ nanomaterial with 3% Ni. Scanning electron microscope images were analyzed at different scales: a-2 μm, b-5 μm, c-10 μm, d-20 μm. According to the results of EDX analysis of the newly synthesized Ni/TiO₂ nanomaterial with 3% Ni, these analyses determined the spectral properties of the elements, showed the proportions of the Ni-doped sample, and studied the composition of the material using the EDX method. Raman spectra analysis of the newly synthesized 3% Ni-doped Ni/TiO₂ nanomaterial showed slight shifts in the cm⁻¹ peaks due to Ni doping.

Key words:

SEM-scanning electron microscope, nanomaterial, synthesis, spectroscopy, UV-spectrophotometry, TTIP-titanium (IV) isopropoxide, Raman analysis.

Kirish.

Ni/TiO₂ nanotuzilishli fotokataliz uchun ideal yarim o'tkazgich sifatida qaralsa-da, u ko'rinadigan nurlanishni kam o'tkazishi va fotogeneratsiyalangan elektron/tirqish juftlarining tezkor rekombinatsiyasi kabi ba'zi cheklavlarga

Tajribaviy qism. Ni/TiO₂ nanomaterialining sintezi.

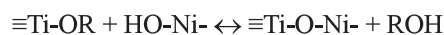
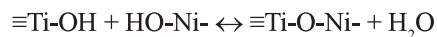
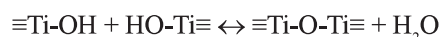
T/R	Moddaning nomi	Kimyoviy formulasi	Tozalik darajasi
1	Izopropil spirti	(CH ₃) ₂ CHOH	tozaligi>99.99%
2	Titan tetraizopropoksid	Ti(OCH(CH ₃) ₂) ₄	tozaligi>99.99%
3	Nikel nitrat	Ni(NO ₃) ₂ *6H ₂ O	tozaligi>99.99%
4	Xrom (III) xlorid	CrCl ₃ *4H ₂ O	tozaligi>99.99%

Ishlatilgan barcha kimyoviy moddalar analitik tozalikka ega va qo'shimcha tozalashlarsiz ishlatilgan.

ega.¹ Shunga ko'ra fotokataliz sohasining rivojlanishida tub burilish yasagan eng muhim kashfiyotlardan biri 1972 yilda Fujishima va Honda tomonidan kashf etilgan hisoblanadi.² Ko'rinadigan yorug'lik ostida sintezlangan polimorf Ni/TiO₂ zarralarining fotokatalitik faolligi suvli eritmalarida aniqlangan, so'ngra N-metilpirrolidon bilan erituvchi sifatida boyitilgan asosli eritmalarida o'rganilgan. Ni/TiO₂ ning ko'rinadigan yorug'lik ostida sintezlangan polimorf zarralarining fotokatalitik faolligi Ni/TiO₂ ning faolligidan taxminan 3,3 baravar yuqori edi.³ Nanomateriallar o'ziga xos panjara shtammlari tufayli quyma materiallarga nisbatan strukturaviy buzilishlarga yuqori chidamlilikni namoyish etadi. Shuning uchun, Ni/TiO₂ nanozarrachalarining sirt modifikatsiyasi, yaxlit Ni/TiO₂ modifikatsiyasidan ko'ra samaraliroq bo'lishi mumkin.⁴ Sol-gel texnologiyasi 1800 yillarning o'rtalaridayoq mavjud bo'lgan va deyarli bir asrdan keyin Schott Glass kompaniyasi (Jena, Germaniya)⁵ tomonidan qo'llanilgan. Sol-gel texnologiyasi kataliz uchun yangi materiallar⁶, kimyoviy sensorlar, membranalar, tolalar, optik daromad muhiti⁷, fotoxronik ilovalar va qattiq holat elektrokimyoviy qurilmalar va turli xil ilmiy va muhandislik sohalarida, masalan, keramika sanoati, yadro sanoati va elektron sanoatda qo'llaniladi. Ko'pgina tadqiqotlar shuni ko'rsatdiki, jarayonning turli xil variantlari va modifikatsiyalari katta bir xil konsentratsiyada va stexiometriya nazorati ostida toza yupqa plyonkalar yoki kukunlarni ishlab chiqarish uchun ishlatilgan.⁸

1% Ni kiritilgan Ni/TiO₂, 3% Ni kiritilgan Ni/TiO₂ va 5% Ni kiritilgan Ni/TiO₂ kabi nanokompozit materiallar sintezlari sol-gel usuli yordamida TTIP dan foydalanib sintez qilib olindi. Ushbu jarayonni bajarishda, birinchi navbatda 100 ml o'lchamli birinchi stakanga 50 ml izopropil spirtidan quyib olinib magnitli aralashtirgich

ustiga o'rnatildi va 1.42 gr 0.1 M TTIP ni ertmasi tayyorlab qo'shildi. Shundan so'ng 100 ml o'lchamli ikkinchi stakanga 25 ml H₂O quyilib unda 0.08 gr Ni(NO₃)₂*6H₂O tuzidan qo'shilib ertildi, so'ngra ustiga 25 ml izopropil spirt solinib aralashma tayyorlab olindi. Birinchi stakan ustiga buyretka o'rnatilib unga ikkinchi stakandagi eritma quyildi, magnitli aralashtirgichda 250 aylana/min. tezlikda aralashtirib turgan hollarda tomchilatib (25 sekunda 1 tomchidan) 7-8 soat davomida qo'shildi. Ushbu jarayonda sodir bo'ladigan kimyoviy reaksiyani quyidagicha keltirish mumkin:



Hosil bo'lgan mahsulot 10 soat davomida tindirishga qo'yildi. Tindirib olingan mahsulot filtdan o'tkazildi. Ikki-uch marotaba distillangan suvda yuvildi. Shundan so'ng mahsulotni quritish uchun 80 °C haroratda 2-3 soat davomida 16-rasmda ko'rsatilgan quritish pechiga qo'yildi. Quritib olingan qoldiq qo'lda maydalab olindi, so'ngra kalsinatsiya qilish uchun 500°C haroratda 4 soat davomida pechga qo'yildi.

1. Asosiy korpus: Issiqlikka chidamli maxsus metal,
2. Kuzatuv oynasi: Issiqlikka chidamli maxsus shisha.
3. Boshqaruv paneli: Haroratni sozlash, Vaqtini boshqarish, Dasturlash imkoniyati.
4. Ventilatsiya tizimi: Havoni aylantirib turish, Namlukni chiqarish.
5. Eshik mex-

1 Yang X., Wang D. Photophysics and photochemistry at the semiconductor/electrolyte interface for solar water splitting //Semiconductors and semimetals. – Elsevier, 2017. – T. 97. – C. 47-80.

2 Fujishima A, Rao T N, Tryk D A. Titanium dioxide photocatalysis. J Photochem Photobiol C Photochem Rev, 2000, 1: 1–21.

3 Carp O, Huisman C L, Reller A. Photoinduced reactivity of titanium dioxide. Prog in Solid State Chem, 2004, 32: 33–117.

4 Katouzadeh E., Zebarjad SM, Janghorban K. Paxta to'qimachilik mahsulotlariga qo'llaniladigan N-doped TiO₂ nano-qo'shimchalarining sintezi va ko'zga ko'rinadigan yorug'lik faolligi // Materials Research and Technology jurnali. – 2018. – T. 7. – Yo'q. 3. – 204-211-betlar.

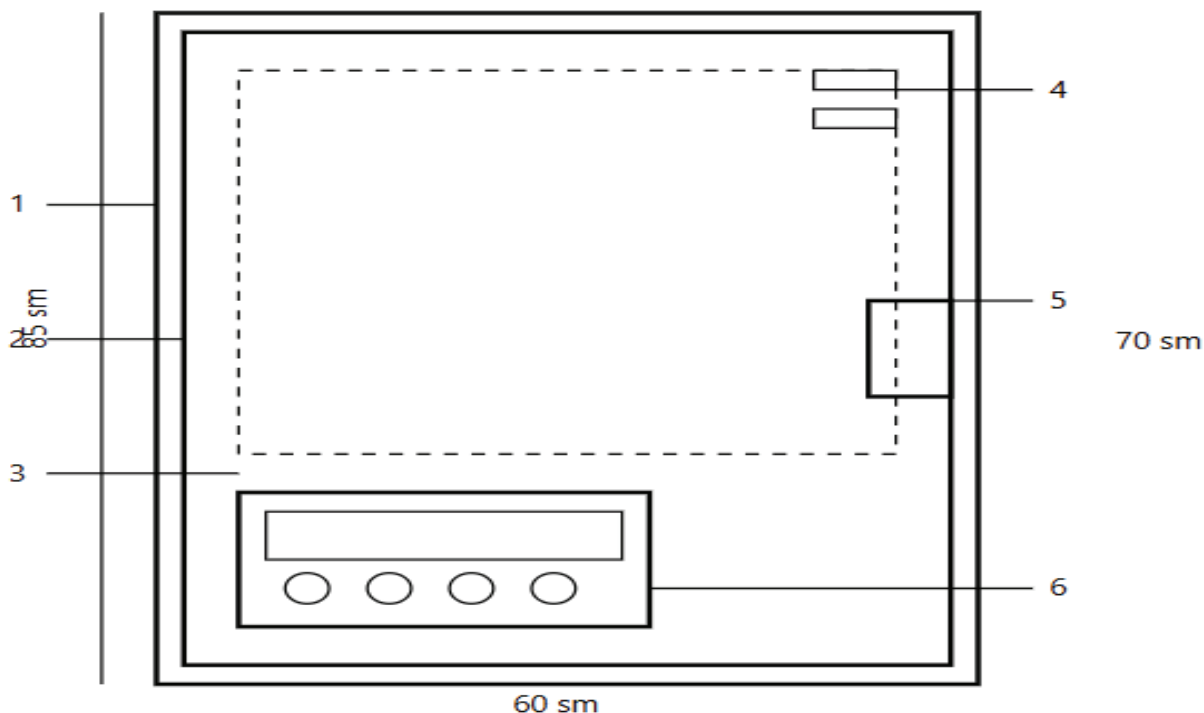
5 C.J. Brinker, G.W. Scherer, Sol-gel Science: The Physics and Chemistry of Sol-gel Processing, Academic Press, Boston, MA, 1990.

6 Abood, M. K., E. T. Salim va J. A. Simon. "Optoelektronik dastur uchun oddiy kolloid suspenziyadan foydalangan holda tayyorlangan niobiy pentoksidi yupqa plyonka." *Nanoelektronika va materiallar xalqaro jurnali* 11.2 (2018).

7 De Souza, Gustavo CS va boshqalar. "CdTe-MTA kvant nuqtalari bilan o'rnatilgan silika plyonkalari orqali erkin reaktiv kislorod turlarining toza fotoinduksiya avlodi." *RSC avanslari* 6.11 (2016): 8563-8571.

8 Balaganapathi, T., et al. "PEG assisted synthesis of porous Ni/TiO₂ using sol-gel processing and its characterization studies." *Materials Chemistry and Physics* 189 (2017): 50–55.

1-rasm.

Quritish pechi GS-101 ning sxematik tasviri

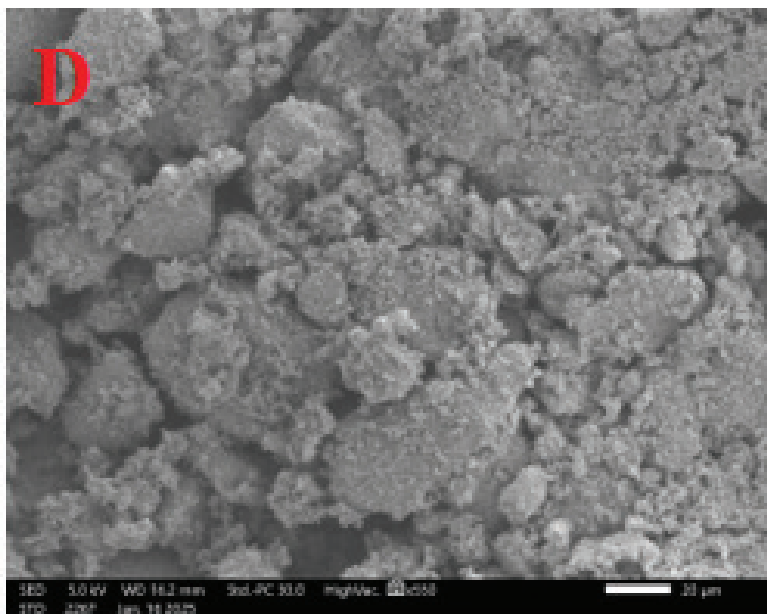
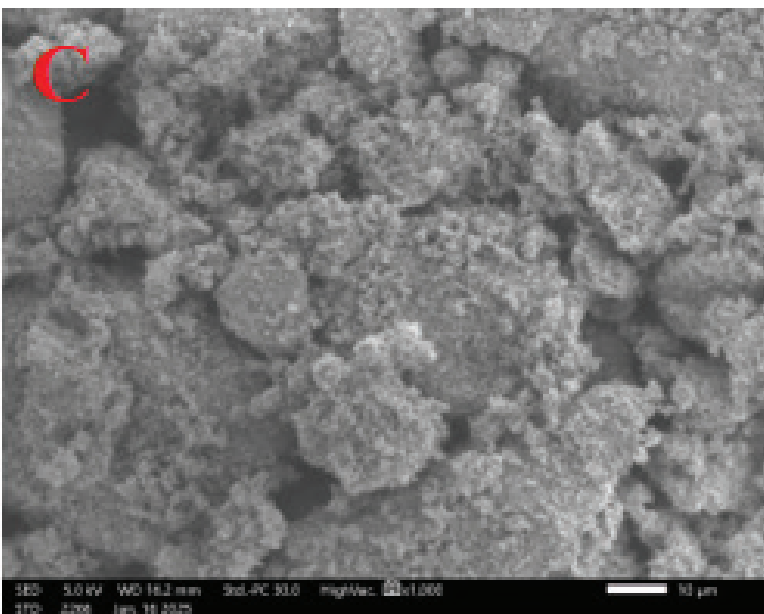
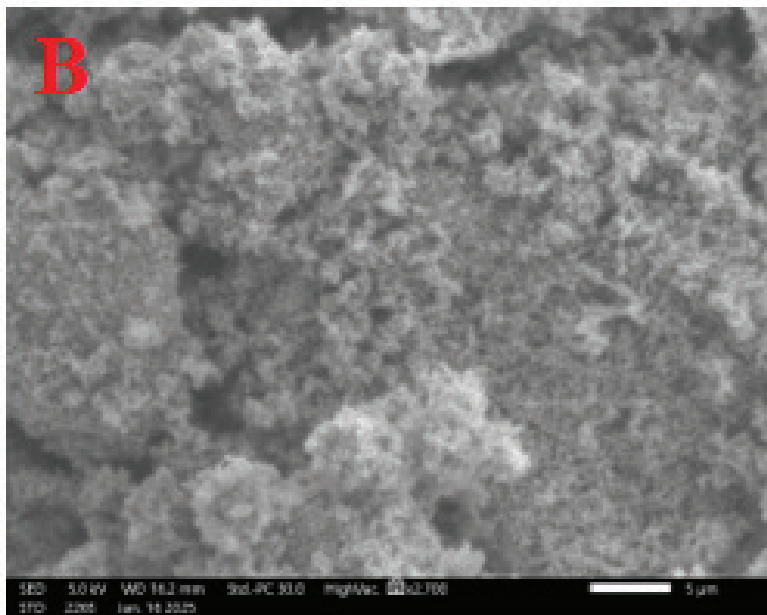
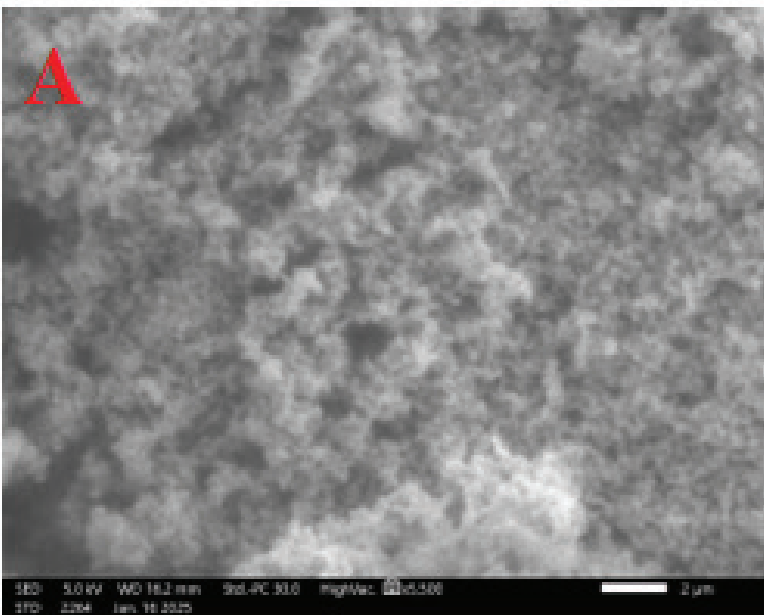
anizmi: Germetik yopilish tizimi, Issiqlik izolyatsiyasi.
6. Boshqaruv tugmalari: Harorat sozlash, Vaqt o'rnatish, Rejimlarni tanlash.

Ni kiritilgan TiO₂ nanomateriallarining SEM, EDX va Raman tahlili.

Sintez qilingan TiO₂ namunalariga tegishli ravishda 1%, 3%, va 5% miqdorda Ni metalli kiritildi. Adabiyot tahlillariga ko'ra, 5% gacha bo'lgan Ni konsentratsiyalar orasida ayniqsa, 3% Ni kiritilgan namunalar yuqori samaradorlik va o'ziga xos fizik-kimyoviy xususiyatlari bilan ajralib turadi [99]. Shu sababli, ushbu tadqiqot doirasida 3% Ni kiritilgan TiO₂ nanokompozitning SEM tahlili batafsil o'rganildi. 19-rasmda berilgan tasvirlar namunadagi Ni zarrachalarining taqsimlanishi va morfologik xususiyatlarini aks ettiradi. Tadqiqot davomida namunadan olingan SEM tasvirlar turli masshtablarda (a-2 μm , b-5 μm , c-10 μm , d-20 μm) tahlil qilindi. Tasvirlar Ni zarrachalarining TiO₂ matritsasidagi taqsimlanishi va struktura ichidagi o'zgarishlarni kuzatishga imkon beradi. 21a-rasmda, Ni zarrachalarining asosiy matritsa bo'ylab bir xil taqsimlanishi kuzatiladi. Zarrachalar o'lchami kichik bo'lib, ular yuzada nisbatan mayda agregatlar hosil qilgan. Shuningdek, TiO₂ yuzasida kichik g'ovaklar mavjudligi kuzatiladi, bu esa yuqori yuzalararo faollikka hissa qo'shishi mumkin. Shu bilan birga 21b-rasmda, Ni zarrachalarining to'planishi va agregatlarining kattalashgani aniqlanadi. Zarrachalar orasidagi masofa kamaygan, g'ovaklar soni esa sezilarli darajada ortgan. Bu holat, materialning katalitik faolligi

va elektr xususiyatlariga salmoqli ta'sir ko'rsatishi mumkin. 21c-rasmda esa yirik Ni agregatlarining shakllanishi qayd etilgan. Zarrachalar klasterlari orasidagi masofalar oshgan, bu esa materialning g'ovaklilikini sezilarli darajada kuchaytiradi. Shu bilan birga, g'ovaklarning o'lchamlari ham ortgan, bu esa gaz yoki suyuqliklar bilan o'zaro ta'sir yuzaga chiqishini yaxshilashi mumkin. 21d-rasmda, Ni zarrachalarining eng yirik agregatlari kuzatiladi. Bu bosqichda zarrachalar orasidagi bo'shliqlar kattalashgan bo'lib, strukturaning umumiy notekisligi va g'ovaklilik darajasining maksimal darajada oshgani aniqlanadi. Bunday struktura materialning mexanik barqarorligiga va yuzalararo kimyoviy ta'sirchanligiga ta'sir qilishi mumkin. Umuman olganda, 3% Ni kiritilgan nanokompozitning SEM tahlili shuni ko'rsatadiki, A tasvirdan D tasvirga o'tgan sari Ni zarrachalarining to'planganligi va agregatlanish darajasi ortib boradi. Ushbu o'zgarishlar materialning fizik-kimyoviy xususiyatlari, jumladan, katalitik faollik, elektr o'tkazuvchanlik va mexanik xususiyatlariga sezilarli darajada ta'sir ko'rsatishi mumkin.

Shu bilan birga sol-gel usulida sintez qilib olingan TiO₂ namunasiga 1%, 3% va 5% Ni kiritilgan nanomaterialning EDX tahlili ham o'tkazildi (22a-rasm). Natijalar shuni ko'rsatdiki, TiO₂ Ka (4.52 keV) cho'qqilari Ti va O mavjudligini ko'rsatib, bu elementlar namunaning muhim tarkibiy qismi ekanligini tasdiqlaydi. Bunda TiO₂ -96,124% ni tashkil qilganligini ko'rish mumkin. Shu bilan birga, 1% Ni Ka (7.48 keV) va Ni Kb (8.28 keV) cho'qqilari Ni asosiy va ikkilamchi cho'qqilarini ifodalaydi, bu namunada ularning sezilarli darajada 2.91% mavjudligini ko'rsat-



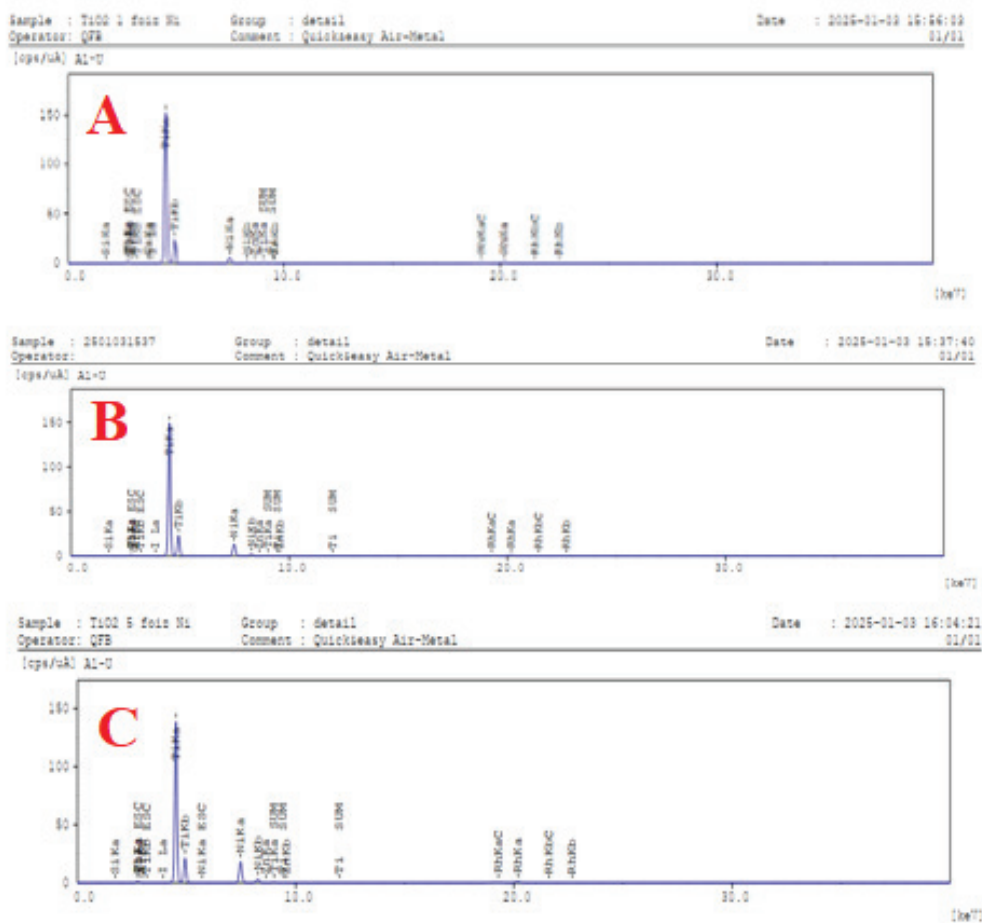
2-rasm.

*Ni kiritilgan TiO_2 nanomaterialning SEM tasvirlari
(a-2 μm , b-5 μm , c-10 μm va d-20 μm)*

di. Shuningdek, TiO_2 Ka (4.52 keV) choʻqqilari 92,291% boʻlgan boʻlsa, 3% Ni Ka (7.48 keV) va Ni Kb (8.28 keV) choʻqqilari Ni bu namunada 6.45% mavjudligini koʻrsatdi (22b-rasm). 5% Ni kiritilganda esa 9.529% ni tashkil qildi (22c-rasm). Ushbu tahlillar elementlarning spektral xususiyatlarini aniqladi, Ni kiritilgan namunaning nisbatlarini koʻrsatdi va EDX usuli yordamida materialning tarkibini isbotladi.

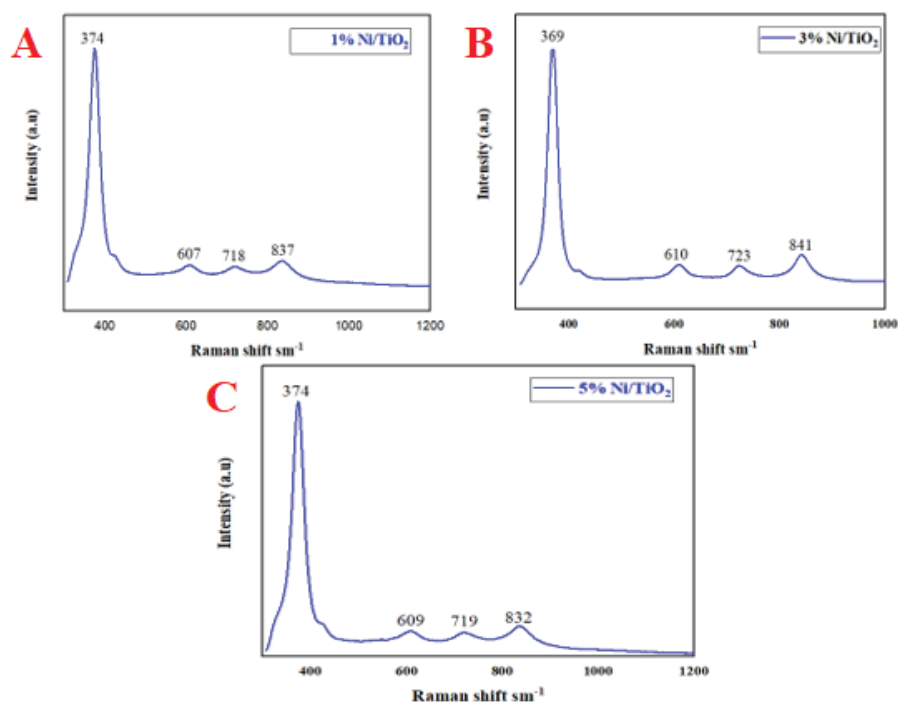
Shu bilan birga, 1%, 3% va 5% Ni kiritilgan namu-

nalarining Raman tahlillari ham oʻtkazildi. Tahlillar natijasida 1% va 5% Ni kiritilgan namunalarda 374 cm^{-1} dagi choʻqqi TiO_2 nanomaterialining anatza fazasiga xos boʻlib, 1% va 5% Ni kiritilgan namunalarda TiO_2 xos boʻlgan intensivlik oʻzgarishsiz qolganligi kuzatildi (23-a, c-rasm-lar). Biroq, 3% Ni kiritilgan namunada Ni dopingi natijasida yuqori tebranishli intensivlikda oʻzgarishlar kuzatildi. Shuningdek, 610, 723 va 841 cm^{-1} choʻqqilarda Ni dopin-gidan kelib chiqadigan biroz siljishlar paydo boʻldi.



3-rasm.

Ni kiritilgan TiO₂ nanomaterialning EDX tasvirlari (a-1% Ni, b-3% Ni, c-5% Ni kiritilgan namunalari)



4-rasm.

1% ,3% va 5% Ni kiritilgan namunalarning Raman spektrlari



PIPERAZINNI MODIFIKATSIYALASH ORQALI CO₂ GAZINI YUTISH XOSSASINI O'RGANISH

Sarvarbek Tursunov,

Termiz davlat muhandislik va agrotekhnologiyalar universiteti,

Sahomiddin Xodjamkulov,

Termiz davlat muhandislik va agrotekhnologiyalar universiteti,

Mas'ud Karimov,

Toshkent kimyo texnologiyalari ilmiy-tadqiqot instituti

Annotatsiya.

Ushbu tadqiqotda natriy ortosilikat asosida sintez qilingan silikogelni piperazin bilan modifikatsiyalash va olingan materialning fizik-kimyoviy xususiyatlarini baholash maqsad qilingan. Silikogel kislotali muhitda gel hosil qilish, yuvish va termik ishlov berish bosqichlari orqali sintez qilindi. Shundan so'ng piperazin yordamida funkcionallashtirildi. Modifikatsiyalangan namunaning tuzilishi va termik xossalari IQ-spektroskopiya hamda TGA-DTA usullari yordamida o'rganildi.

FTIR tahlilida 1047,35 va 800,46 sm⁻¹ sohalaridagi signallar Si-O-Si karkasining saqlanganligini, 1562,34 sm⁻¹ dagi signal esa piperazin tarkibidagi N-H guruhlar bilan bog'liq tebranishlarni ko'rsatdi. 1458,18 va 1388,60 sm⁻¹ sohalaridagi signallar piperazin halqasidagi -CH₂- guruhlarining deformatsion tebranishlari bilan izohlandi. TGA-DTA natijalarida 70-180 °C oralig'ida nisbatan yuqori termik barqarorlik, 180-300 °C oralig'ida esa asosiy termik o'zgarishlar qayd etildi. Ushbu jara-yonlar piperazinli funktsional markazlarning CO₂



bilan o'zaro ta'siri va yuqori haroratda bog'langan shakllarning dissotsiatsiyasi bilan bog'liq bo'lishi mumkin. Olingan natijalar piperazin bilan modifikatsiyalangan silikogelning CO₂ ni adsorbsiyalash uchun istiqbolli sorbent sifatida qo'llanish imkoniyatiga ega ekanligini ko'rsatdi.

Kalit so'zlar:

silikogel; piperazin; piperazin bilan modifikatsiyalash; karbonat angidrid; CO₂ adsorbsiyasi; aminli sorbent; FTIR; IQ-spektroskopiya; TGA-DTA; Si-O-Si; termik barqarorlik.

Kirish

Tadqiqotchilar Sanjay Bishnoi va Gari T. Roshellarning izlanishlari shuni ko'rsatdiki piperazinning CO₂ bilan o'zaro ta'siri yuqori reaksiya tezlikda kechishi aniqlandi. Tajribalar davomida piperazin-CO₂ reaksiyasining tezlik konstantasi harorat oshishi bilan Arrhenius qonuniyatiga muvofiq ortishi aniqlandi va bunda piperazin karbamati asosiy reaksiya mahsulotlardan biri ekanligini ko'rsatdi. Olimlar piperazinning CO₂ ga nisbatan yuqori reaktivligi uning halqali tuzilishi va ikkita amin guruhiga ega bo'lishi bilan izohlashgan. Bundan tashqari uning reaksiya tezligi MEA va DGA kabi birlamchi aminlarnikidan yuqori ekanligi aniqlashgan.¹

Bundan tashqari tadqiqotchilar tomonidan Suvli piperazin eritmalarida CO₂ yutilishi past va o'rtacha haroratlarda o'rganilib, jarayon kinetikasining CO₂ va piperazin konsentratsiyalariga bog'liqligi aniqladilar. De Coursey modeli asosida CO₂-piperazin reaksiyasi har ikkala komponent bo'yicha birinchi tartibli ekanligi va harorat oshishi bilan reaksiya tezligi ortishi kuzatildi va qisman protonlangan piperazin eritmalarida ham CO₂ yutilish tezligi yuqori ekanligi va qaytar reaksiya xususiyatlari hisobga olindi. Ushbu natijalar piperazinning CO₂ bilan tez reaksiyaga kirishuvchi samarali absorbent ekanligini ko'rsatadi.²

Olimlar piperazinning suvli eritmalarida H₂S eruvchanligi turli harorat, bosim va piperazin konsentratsiyalarida o'rgandilar va natijalar shuni ko'rsatdiki piperazin H₂S ni samarali yutishini ko'rsatib, uning gazlarni kimyoviy adsorbsiya qilishdagi istiqbolli xususiyatlarini tasdiqlashdi. Bundan tashqari, piperazin-MDEA aralashmasining H₂S yutilish xususiyatlari baholandi. Olingan ma'lumotlar asosida tizimning fazaviy muvozanatini tavsiflovchi termodinamik model ishlab chiqildilar. Ushbu natijalar piperazinni aminli absorbentlar tarkibida qo'llash imkoniyatlarini namoyon etdi.³

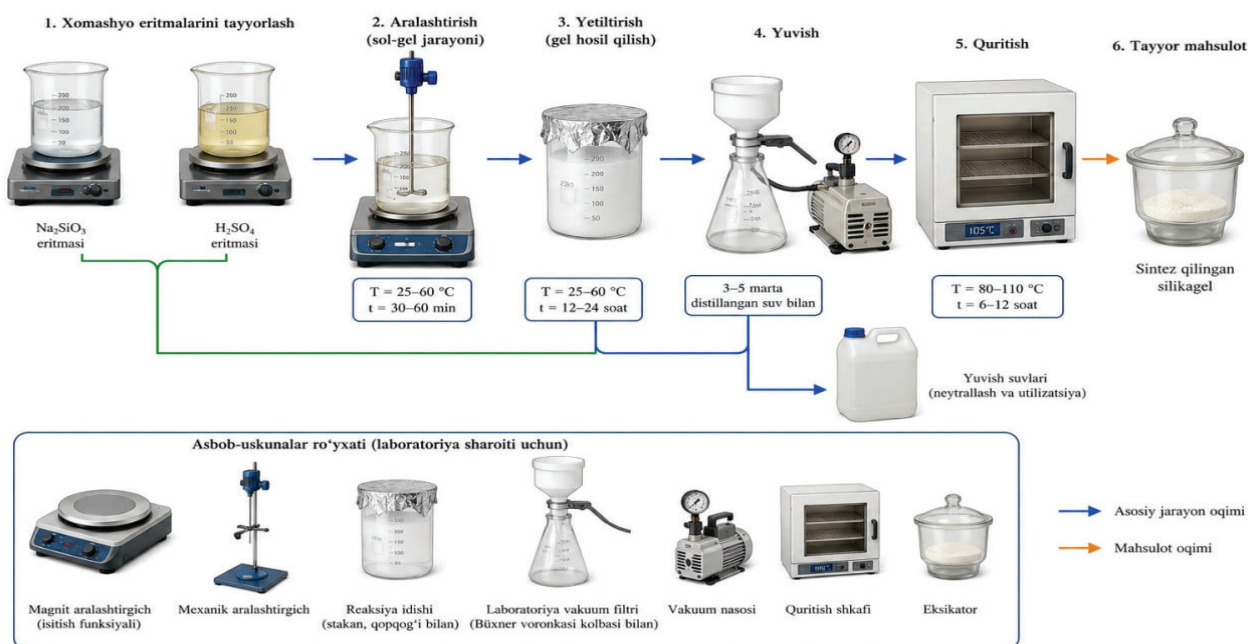
Ali Haghtalab va boshqalar tomonidan alkanolaminlar CO₂ va H₂S ni yutishda keng qo'llanilishini, lekin ularning korroziya va regeneratsiya uchun yuqori energiya sarfi kabi kamchiliklari mavjud ekanliklarini o'rgandilar. Shu sabab-

¹Sanjay Bishnoi, Gari T. Roshel Karbonat angidridning suvli piperazinga singishi: reaksiya kinetikasi, massa almashinuvi va eruvchanligi Chemical Engineering Science **Volume 55, Issue 22**, November 2000, Pages 5531-5543

²PWJ Derks, T. Kleingeld, C. van Aken, JA Hogendoorn, GF Versteeg Kinetics of absorption of carbon dioxide in aqueous piperazine solutions Chemical Engineering Science **Volume 61, Issue 20**, October 2006, Pages 6837-6854

³Jianzhong Xia ¹, Álvaro Pérez-Salado Kamps, Gerd Maurer 30 H₂S ning (H₂O + piperazin) va (H₂O + MDEA + piperazin) dagi eruvchanligi May 2003

1-rasm.

Silikogel sintezi uchun laboratoriya texnologik sxemasi.

li piperazin kabi faollashtiruvchi aminlarni MEA, DEA, MDEA va AMP bilan birgalikda qo'llashga katta e'tibor qaratish kerak ekanligini tavsiya qilishdi. Olimlar tomonidan olib borilgan tadqiqotlar piperazin qo'shilishi CO_2 va H_2S yutilish jarayonining samaradorligini oshirishini ko'rsatdi. Xususan, MDEA+AMP+PIPER va AMP+PIPER suvli tizimlarida H_2S eruvchanligi turli harorat va bosimlarda o'rganilib, piperazinning aralash amin eritmalarining yutish xususiyatlarini yaxshilovchi samarali faollashtiruvchi ekanligini ham aniqladilar.¹

Uilyam Konvey va uning jamoadoshlari ham piperazin (PIPER) CO_2 ni tutib qolish uchun istiqbolli aminli absorbentlardan biri deb hisoblashdi va tadqiqotlarda PIPER ning CO_2 bilan reaksiyasi yuqori tezlikda kechishi, bunda erkin piperazinning CO_2 bilan reaksiyasi asosiy kinetik yo'l ekanligi aniqladilar. Monokarbamik kislota hosil bo'lishining tezlik konstantasi 25°C da $2,43 \cdot 10^4 \text{ M}^{-1} \cdot \text{s}^{-1}$ ni tashkil etib, piperazinning yuqori reaksiya qobiliyatini tasdiqladi. Shuningdek, monokarbamik kislota hosil bo'lish muvozanat konstantasi boshqa monoaminlarga nisbatan yuqori ekanligi aniqladilar. Bu natijalar piperazinning CO_2 ni tez va samarali yutuvchi komponent sifatidagi istiqbolini ko'rsatdi.²

Metodlar:

IQ spektroskopiya (FTIR) - Modifikatsiyalangan silikogelning molekulyar tuzilishi va funksional guruhla-

rini aniqlash uchun.

DTA, TGA tahlili - modifikatsiyalangan silikogelning issiqlik barqarorligi va massa yo'qotish xususiyatlarini haroratga bog'liq holda baholash uchun termogravimetrik tahlil (TGA, Shimadzu DTG-60H)

SEM Analiz - silikogelning modifikatsiya jaryonidan keyingi yuza morfologiyasini o'rganish uchun.

Materiallar:

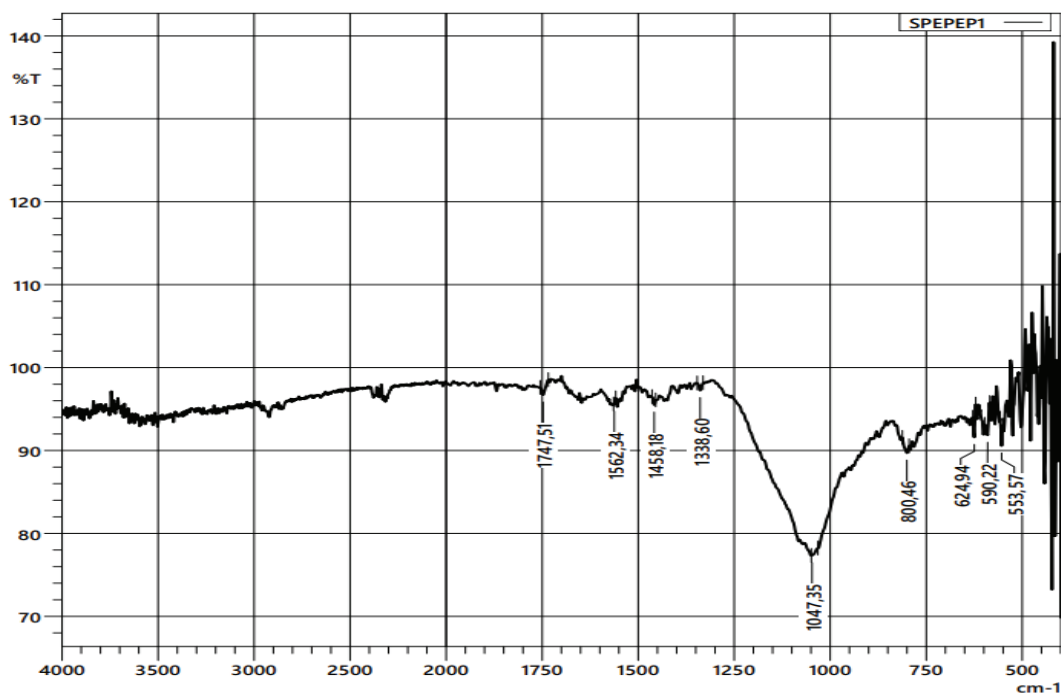
Suyuq shisha (Na_2SiO_3) - ishlab chiqaruvchi MChJ "TECH SNAB" dan glotr.uz veb-sayti orqali sotib olingan. Kimyoviy toza sulfat kislota (H_2SO_4) (GOST 4204-77) - MChJ "Chemical Invest" dan sotib olingan. Natriy silikat (suyuq shisha) silika gel sintezi uchun silika prekursori sifatida ishlatilgan va tayyorlash jarayonida sulfat kislota katalizator va pH ni sozlash vositasi sifatida ishlatilgan. Piperazin ($\text{C}_4\text{H}_{10}\text{N}_4$) CAS:110-85-0 - Xitoyning MACK-LIN kompaniyasi tomonidan ishlab chiqarilgan. Etil spirti ($\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$) (GOST 5962-2013) AO "BAZA №1Ximreaktivov" firmasidan sotib olingan.

Tajribaviy qism.

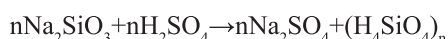
Biz silikogel sintezi uchun sotuvda qurulish materiali sifatida ishlatiladigan natriy ortosilikat (suyuq shisha) eritmasidan foydalandik. Reaksiya jarayoni adabiyotlar tahlili natijasida aniqlangan usullar asosida olib borildi. Olingan suyuq shisha 1:4 massa nisbatda distillangan suv bilan su-

1 Ali Haghtalab, Amin Izadi, Abolfazl Shojaeian High pressure measurement and thermodynamic modeling the solubility of H_2S in the aqueous *N*-methyldiethanolamine + 2-amino-2-methyl-1- ropanol + piperazine systems 363-jild ,2014-yil 15-fevral, 263-275-betlar
2 Uilyam Konvey¹, Debra Fernandes², Yaser Beyad³, Robert Berns⁴, Jeffri Lourens⁵, Grem Puksti⁶, Marsel Maeder⁷ CO_2 ning suvli piperazin eritmalar bilan reaksiyalari: $25,0^\circ\text{C}$ da piperazinning mono- va dikarbamik kislotalar/karbamatlarining hosil bo'lishi va parchalanishi PMID: 23286883 DOI: [10.1021/jp310560b](https://doi.org/10.1021/jp310560b)

2-rasm.
Piperazin bilan modifikatsiyalangan silikogel FTIR tahlili

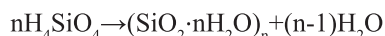


yulitirilib 100 g 10-20 % oralig'ida bo'lgan eritma tayyorlanadi va yaxshilab aralashtiriladi. Boshqa stakan idishga sulfat kislotalaning 100 ml 15% li eritmasi tayyorlab olindi. Natriy ortosilikat eritmasi bir maromda aralashtirib turildi va unga gel hosil bo'lguncha sulfat kislota eritmasi tomchilab qo'shildi.³



Eritma muhiti (Ph 3-5) kuchsiz kislotali holatiga kelganda kislotalni tomchilatish to'xtatildi. Aralashma 12 soat davomida to'liq gel hosil bo'lguncha tindirildi va hosil bo'lgan natriy sulfat tuzini chiqarib yuborish uchun distillangan suv bilan 3 marotaba qayta yuvildi.⁴

Eritma filtrlanib, so'ng dastlab 2 soat davomida gel tarkibidagi suvni chiqarib yuborish uchun 180-200 °C da qizdirildi.



Vaqt tugagandan so'ng qizib turgan gel birdan sovutildi. Bunda gel o'zining amorf holatini saqlab qoladi. Natijada hosil bo'lgan gel shaffof va mo'rt bo'lib, bu laboratoriya sharoitida olingan silikogel moddasidir.

Olingan moddaning g'ovaklik darajasi eritmani neytrallash jarayonini tugallanadigan nuqtasining pH darajasiga va eritmani gellanish haroratiga bevosita bog'liq bo'ladi.⁵

Modifikatsiya jarayoni va olingan namunaning fizik-kimyoviy tahlili.

Piperazin bilan modifikatsiyalash. Piperazin bilan modifikatsiyalash reaksiyalarini bajarish uchun ham piperazinni inert muhitda haydash orqali tozalab olindi. Olingan mahsulotdan massa ulushiga ko'ra absolyut etanoldagi 5, 10, 15, 20% li eritmalar tayyorlab olindi. Olingan eritmalaridan 10,0 gr dan olinib, polisilikat kislotalaning 5,0 gr miqdoriga 4 soat davomida shimdirildi. Jarayon oxirida mahsulot past bosimda 80°C da qizdirilib erituvchi bug'latib olindi.⁶

IQ spektr

Sintez qilgan silikogelning piperazin bilan modifikatsiya qilingandan so'ngi IQ spektroskopiya analizi natijasi quydagicha

Olingan Analiz natijasi tahlil qilindi va quydagilar

3 S.A., Tursunov, S. A., S.Z., Xodjamkulov, S. Z., M.U., Karimov, Masud U., ..., R.S., Shaymanova, R. S., H.D., Mamarasulova, H. D. <https://doi.org/10.22034/crl.2026.578819.1806>

4 Y. Geldiev, Kh. Turaev and I. Umbarov, Thermogravimetric study of the sorption properties of modified silica gels. Aust. J. Tech. Nat. Sci., 9–10 (2023) 17–20.

5 Khedkar, M.V., Somvanshi, S.B. & Jadhav, K.M. Sol-gel-derived hydrophobic silica aerogels for oil cleanup: Effect of silylation. *J Sol-Gel Sci Technol* 116, 958–971 (2025). <https://doi.org/10.1007/s10971-025-06883-6>

6 Samatha, B. *et al.* (2024). Experimental Study of Nanosilica Based Concrete with Nano Silica Gel. In: Saavedra Flores, E.I., Astroza, R., Das, R. (eds) Recent Advances on the Mechanical Behaviour of Materials. ISM 2023. Lecture Notes in Civil Engineering, vol 462. Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-031-53375-4_21

aniqlandi.

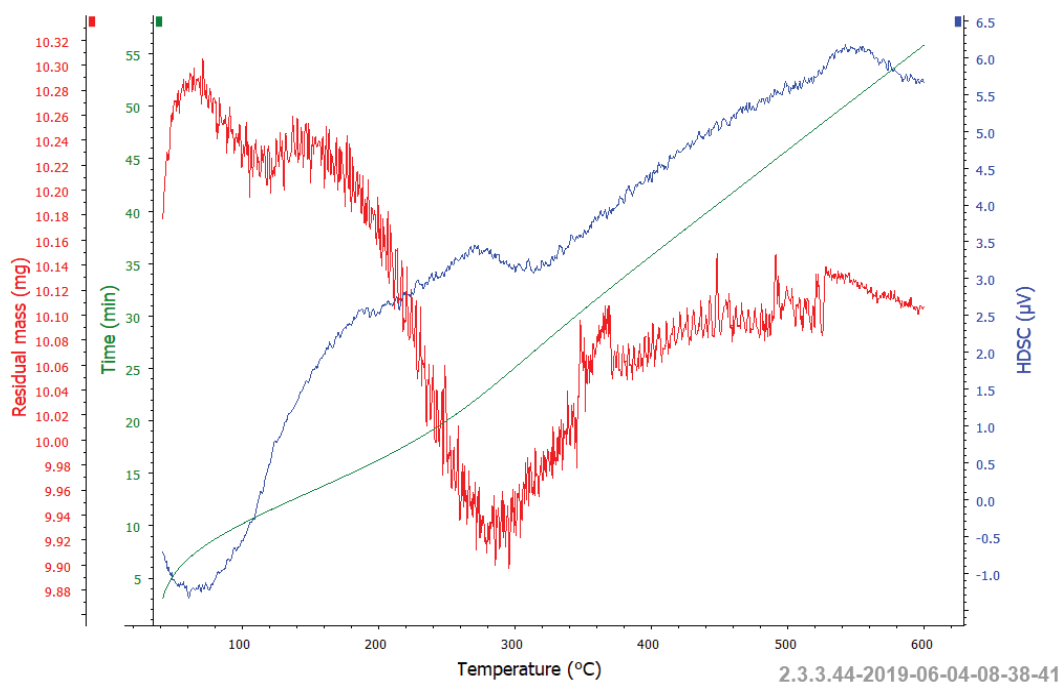
To'liq soni, sm^{-1}	Ehtimoliy tebranish	Talqin
1747.51	C=O sohasi	Piperazin molekulasining o'ziga xos guruhi emas. Yuzada adsorbsiyalangan karbonat/karbonil tabiatli qo'shimchalar yoki namuna tayyorlash jarayonidagi komponentlar bilan bog'liq bo'lishi mumkin.
1562.34	N-H deformatsion tebranishi / N-H bending	Piperazindagi ikkilamchi amin guruhlarining mavjudligiga mos kelishi mumkin. Modifikatsiyadan keyingi muhim signal sifatida qaraladi.
1458.18	-CH ₂ - deformatsion tebranishi	Piperazin halqasidagi -CH ₂ - guruhlarining deformatsion tebranishlari bilan mos keladi.
1388.60	C-H/CH ₂ deformatsion tebranishlari	Piperazin tarkibidagi metilen guruhlarining qo'shimcha deformatsion tebranishlari bilan bog'lanishi mumkin.
1047.35	Si-O-Si valent tebranishi	Silikogelning asosiy kremniy-kislorod karkasiga tegishli kuchli signal.
800.46	Si-O-Si simmetrik tebranishi	Silikogelning Si-O-Si strukturasi mavjudligini tasdiqlaydi.
624.94	Si-O bilan bog'liq deformatsion tebranishlar	Silikat karkasining past chastotali tebranishlari.
592.27; 553.57	Si-O karkasining past chastotali tebranishlari	Silikogelning kremniy-kislorodli tuzilishiga tegishli bo'lishi mumkin.

Piperazin bilan modifikatsiyalangan silikogelning IQ-spektroskopik tahlilida $1047,35 \text{ sm}^{-1}$ sohada kuzatilgan kuchli yutilish polosasi silikogel karkasidagi Si-O-Si bog'larining valent tebranishlariga, $800,46 \text{ sm}^{-1}$ dagi signal esa Si-O-Si guruhlarining simmetrik tebranishlariga tegishli ekanligi aniqlandi. $1562,34 \text{ sm}^{-1}$ sohadagi yutilish piperazin tarkibidagi N-H guruhlarining deformatsion tebranishlari, $1458,18$ va $1388,60 \text{ sm}^{-1}$ dagi signallar esa piperazin halqasidagi -CH₂ guruhlarining deformatsion tebranishlari bilan izohlanadi. Ushbu signallarning mavjudligi silikogel yuzasida piperazinga tegishli azotli funksional guruhlar hosil bo'lganligini ko'rsatadi. $1747,51 \text{ sm}^{-1}$ dagi signal esa piperazinning strukturasi uchun xos bo'lmaganligi sababli, uni karbonil yoki karbonat tabiatli qo'shimcha yutilish bilan bog'lash maqsadga muvofiq. Umuman, IQ-spektr natijalari silikogelning Si-O-Si karkasi modifikatsiyadan keyin saqlanganini hamda material yuzasida piperazin bilan bog'liq funksional guruhlar mavjudligini ko'rsatadi.

TGA-DTA

Piperazin bilan modifikatsiyalangan silikogelning CO₂ muhitidagi termogravimetrik va differensial termik tahlili $70-600 \text{ }^{\circ}\text{C}$ harorat oralig'ida amalga oshirildi.

TGA egri chizig'ida $70-180 \text{ }^{\circ}\text{C}$ oralig'ida namunaning nisbatan yuqori termik barqarorligi kuzatilib, ushbu bosqichda asosan fizik adsorbsiyalangan suv va zaif bog'langan komponentlarning ajralishi sodir bo'lishi mumkin. $180 \text{ }^{\circ}\text{C}$ dan boshlab massa kamayishi sezilarli darajada kuchayib, taxminan $270-300 \text{ }^{\circ}\text{C}$ oralig'ida minimal qiymatga erishadi. Mazkur jarayon piperazin tarkibidagi amin guruhlarining CO₂ bilan hosil qilgan karbamat yoki ammoniy-karbamat tipidagi bog'langan shakllarining termik dissotsiatsiyasi hamda organik funksional komponentning dastlabki degradatsiyasi bilan izohlanishi mumkin. HDSC egri chizig'ida $50-100 \text{ }^{\circ}\text{C}$ oralig'ida kuzatilgan manfiy termik effekt adsorbsiyalangan namlikning ajralishi bilan, $100-300 \text{ }^{\circ}\text{C}$ oralig'idagi sezilarli termik o'zgarishlar esa piperazin va CO₂ o'zaro ta'sirlarining buzilishi va funksional guruhlarining termik o'zgarishi bilan bog'lanadi. $300 \text{ }^{\circ}\text{C}$ dan yuqori haroratlarda TGA egri chizig'ining nisbatan barqarorlashishi silikogelning SiO₂ asosidagi noorganik karkasi yuqori termik barqarorlikka ega ekanligini ko'rsatadi. $500-600 \text{ }^{\circ}\text{C}$ oralig'ida massa o'zgarishining kichik bo'lishi modifikatsiyalangan silikogelning asosiy noorganik qismi saqlanib qolganligini tasdiqlaydi.



3-rasm.

SPEPER namunasining TGA-DTA tahlili.

Harorat oralig'i	TGA dagi kuzatilgan holat	Ehtimoliy jarayon
70-180 °C	Massa nisbatan barqaror, kichik tebranishlar mavjud	Namlik va fizik adsorbsiyalangan komponentlarning ajralishi
180-320 °C	Eng sezilarli massa kamayishi	Piperazinli funksional markazlarning termik o'zgarishi va CO ₂ bilan bog'langan shakllarning parchalanishi
320-600 °C	Massa nisbatan barqarorlashadi, kichik o'zgarishlar davom etadi	Organik komponentning qolgan qismi termik degradatsiyasi; SiO ₂ karkasining saqlanishi

Umuman, TGA-DTA natijalari piperazin bilan funksionallashtirilgan silikogelning CO₂ bilan o'zaro ta'sirlashuvchi termik faol markazlarga ega ekanligini ko'rsatadi va materialni CO₂ ni qaytar adsorbsiyalash uchun istiqbolli sorbent sifatida baholash imkonini beradi.

Xulosa

Tadqiqot natijasida natriy ortosilikat asosida laboratoriya sharoitida silikogel sintez qilindi va uning yuzasi piperazin yordamida modifikatsiyalandi. Olingan materialning tuzilishi hamda termik xususiyatlari FTIR va TGA-DTA usullari yordamida baholandi. FTIR natijalari silikogelning asosiy Si-O-Si karkasi modifikatsiyadan keyin saqlanib qolganini ko'rsatdi. 1047,35 va 800,46 sm⁻¹ sohalardagi signallar silika karkasiga xos tebranishlarni, 1562,34 sm⁻¹ dagi signal esa piperazin tarkibidagi N-H guruhlar bilan bog'liq tebranishlarni ko'rsatdi. 1458,18 va 1388,60 sm⁻¹ sohalardagi signallar piperazin halqasidagi -CH₂- guruhlarining mavjudligi bilan izohlandi.

TGA-DTA natijalariga ko'ra, piperazin bilan modifikatsiyalangan silikogel 70-180 °C oralig'ida nisbatan yuqori termik barqarorlik namoyon qildi. 180-300 °C oralig'ida kuzatilgan asosiy massa kamayishi va termik effektlar piperazinli funksional markazlarning termik o'zgarishi hamda CO₂ bilan bog'langan shakllarning dissotsiatsiyasi bilan izohlanishi mumkin. 300 °C dan yuqori haroratlarda materialning noorganik SiO₂ karkasi nisbatan barqarorligini saqlab qoldi.

Umuman, olingan natijalar piperazin bilan modifikatsiyalangan silikogel tarkibida CO₂ bilan o'zaro ta'sirlashishi mumkin bo'lgan aminli faol markazlar shakllanganligini ko'rsatadi. Shu sababli mazkur material CO₂ ni adsorbsiyalash va qayta regeneratsiya qilish uchun istiqbolli sorbent sifatida baholanishi mumkin. Biroq CO₂ yutilish sig'imi va adsorbsiya mexanizmini miqdoriy jihatdan tasdiqlash uchun qo'shimcha ravishda adsorbsiya izotermalari va CO₂ yutilish hamda desorbsiya sikllarini o'rganish maqsadga muvofiq.

QISHLOQ XO‘JALIGIDA QO‘LLANILADIGAN GIDROGELLARNI MODIFIKATSIYALANGAN KRAXMAL ASOSIDA OLINISHI VA XOSSALARI

Sanjar Samadov,
tayanch doktorant,
Xayit Turayev,
k.f. d., prof.,
Baxodir Xolnazarov
t.f.d., dots., TerDU



Annotatsiya.

Ushbu tadqiqot ishida qishloq xo'jaligida kraxmal fosfat-(akril kislota-akrilamid)/karbamid/perlit/apatit asosida sintez qilingan gidrogelning distillangan suvda, turli pH muhitlarida hamda tuzli eritmalarida (NaCl, Na₂SO₄, MgSO₄ va CaCl₂) bo'kuvchanlik darajasi hamda gidrogelning qayta foydalanish barqarorligi o'rganildi. Shuningdek, sintez qilingan gidrogellarning fizik-kimyoviy xossalari termogravimetrik tahlil (TGA) va rentgen-faza tahlil (XRD) usullari yordamida o'rganildi. Tadqiqot natijalari shuni ko'rsatdiki, gidrogel tarkibiga tabiiy mineral komponentlarni kiritish mahsulotning ishlab chiqarish xarajatlarini kamaytirish bilan bir qatorda, uning ekologik xavfsizligini ham sezilarli darajada oshiradi.

Kalit so'zlar:

bo'kuvchanlik darajasi, minerallar, tabiiy polisaxarid, akril kislota va akrilamid, karbamid.

Abstract.

In this research work, the degree of swelling of hydrogel synthesized in agriculture based on starch phosphate-(acrylic acid-acrylamide)/urea/perlite/apatite in distilled water, in different pH environments and in salt solutions (NaCl, Na₂SO₄, MgSO₄ and CaCl₂) and the stability of hydrogel reuse were studied. Also, the physicochemical properties of the synthesized hydrogels were studied using thermogravimetric analysis (TGA) and X-ray phase analysis (XRD). The results of the study showed that the inclusion of natural mineral components in the hydrogel composition not only reduces the production costs of the product, but also significantly increases its environmental safety.

Key words:

degree of saturation, minerals, natural polysaccharide, acrylic acid and acrylamide, urea.

Аннотация.

В данной исследовательской работе изучалась степень набухания гидрогеля, синтезированного в сельском хозяйстве на основе крахмалфосфата-(акриловая кислота-акриламид)/мочевины/перлита/апатита в дистиллированной воде, в различных средах с разным pH и в солевых растворах (NaCl, Na₂SO₄, MgSO₄ и CaCl₂), а также стабильность гидрогеля при повторном использовании. Кроме того, физико-химические свойства синтезированных гидрогелей изучались с помощью термогравиметрического анализа (ТГА) и рентгенофазового анализа (РД). Результаты исследования показали, что включение природных минеральных компонентов в состав гидрогеля не только снижает себестоимость производства продукта, но и значительно повышает его экологическую безопасность.

Ключевые слова:

степень насыщенности, минералы, природный полисахарид, акриловая кислота и акриламид, мочевины.

So'nggi yillarda global iqlim o'zgarishi, suv resurslarining tanqisligi va qishloq xo'jaligida suvdan foydalanish samaradorligini oshirish zarurati gidrogellarga bo'lgan qiziqishni keskin oshirdi. Shu sababli ular tuproq namligini barqarorlashtirish, sug'orish suvini tejash, oziqa elementlarining yuvilib ketishini kamaytirish hamda qurg'oqchil hududlarda ekinlarning chidamliligini oshirishda istiqbolli materiallar sifatida qaralmoqda. An'anaviy sintetik gidrogellar asosan poliakrilat va poliakrilamid asosida tayyorlanadi. Ular yuqori suv shimish sig'imiga ega bo'lsa-da, biologik parchalanish darajasining pastligi va ishlab chiqarish tannarxining nisbatan yuqoriligi ularning keng qo'llanilishini cheklaydi¹. Shu sababli so'nggi yillarda qayta tiklanuvchi tabiiy polisaxaridlar, xususan kraxmal, sel-

¹ Ismail H., Irani M., Ahmad Z. "Starch-based hydrogels: present status and applications". Int. J. Polym. Mater., 2012, vol. 62, pp. 411-420. <https://doi.org/10.1080/00914037.2012.719141>.

Elbarbary M., AbdRahim H.A., ElSawy N., Hegazy E.A., Salimon E.A. Radiation induced crosslinking of polyacrylamide incorporated low molecular weights natural polymers for possible use in agricultural applications. Carbohydr. Polym., 2017, vol. 176, pp. 19-28. DOI: 10.1016/j.carbpol.2017.08.050.

lyuloza, xitozan, alginat va guar saqichi asosida ekologik xavfsiz kompozit gidrogellar yaratishga alohida e'tibor qaratmoqdalar.

Kraxmal biologik parchalanadigan, arzon, qayta tiklanuvchi va ko'p sonli gidroksil guruhlariga ega tabiiy polisaxarid hisoblanadi. Biroq tabiiy kraxmalning suvda barqarorligi va mexanik mustahkamligi past bo'lganligi sababli uni kimyoviy modifikatsiyalash zarurati tug'iladi [2]. Fosfatlash eng samarali modifikatsiya usullaridan biri bo'lib, natijada kraxmal molekulalarida fosfat guruhlari hosil bo'ladi, bu esa uning gidrofilligini, ion almashinish qobiliyatini va termik barqarorligini oshiradi. Kraxmal fosfat asosida sintez qilingan gidrogellar oddiy kraxmal asosidagi materiallarga nisbatan yuqori suv shimish sig'imi va yaxshiroq mexanik xossalarga ega ekanligi ko'plab tadqiqotlarda qayd etilgan. Tabiiy polisaxaridlarning akril kislota (AA) va akrilamid (AAM) bilan sopolimerlanishi bugungi kunda qishloq xo'jaligi gidrogellarini olishning eng samarali usullaridan biri hisoblanadi.

Akril kislota gidrogel tarkibiga ko'p sonli karboksil guruhlari kiritib, suv molekulalari bilan vodorod bog'lari hosil qilish va ionlanish hisobiga shishish darajasini oshiradi.

Akrilamid esa amid guruhlari orqali polimer tarmog'ining mexanik mustahkamligini yaxshilaydi hamda gidrogelning ko'p martalik foydalanishdagi barqarorligini ta'minlaydi [3-].¹

Shu sababli AA/AAM kopolimerlari asosidagi gidrogellar qishloq xo'jaligi, biotibbiyot va atrof-muhitni muhofaza qilish sohalarida keng o'rganilmoqda. So'nggi yillarda gidrogel tarkibiga tabiiy mineral to'ldirgichlarni kiritish alohida ilmiy yo'nalish sifatida rivojlanmoqda. Perlit polimer matritsasi qo'shimcha kapillyar tuzilma hosil qilib, suv diffuziyasini yaxshilaydi hamda gidrogelning mexanik deformatsiyaga chidamliligini oshiradi. Bundan tashqari, perlit kompozit materialning tannarxini kamaytirishga ham xizmat qiladi [5]. Apatit esa fosfor va kalsiyga boy tabiiy mineral bo'lib, gidrogel tarkibida nafaqat mineral to'ldirgich, balki sekin ajraluvchi ozuqa elementi manbai sifatida ham muhim ahamiyatga ega. Tadqiqotlar shuni ko'rsatadiki, apatit zarrachalari polimer matritsasi bilan fizik va kimyoviy o'zaro ta'sirlashib, gidrogelning termik barqarorligini oshiradi hamda tuproqqa fosfor elementining bosqichma-bosqich ajralishini ta'minlaydi [6-8].

Yuqoridagi ilmiy manbalar tahlili shuni ko'rsatadiki, kraxmal fosfat-(akril kislota-akrilamid)/karbamid/perlit/apatit asosidagi kompozit gidrogellar bo'yicha ayrim tadqiqotlar mavjud bo'lsada, ushbu komponentlarning bir tizimda qo'llanilishi, ularning distillangan suv, turli pH muhitlari va NaCl, Na₂SO₄, MgSO₄ hamda CaCl₂ eritmalaridagi bo'kuvchanlik xususiyatlari, shuningdek shishish-quritish sikllaridagi barqarorligi va TGA hamda XRD tahlillari asosida kompleks baholanishi yetarli darajada yoritilmagan. Mazkur tadqiqot aynan ushbu ilmiy bo'shliqni to'ldirishga qaratilgan bo'lib, qishloq xo'jaligida qo'llash uchun ekologik xavfsiz, iqtisodiy samarali va yuqori funksional kompozit gidrogellar yaratishga xizmat qiladi.

Eksperiment va olingan natijalar tahlili.

Sintez jarayonida kraxmal fosfat, akril kislota (AA, monomer), akril amid (AM, monomer), karbamid, kaliy gidroksid (KOH, neytrallovchi), N,N'-metilenbisakrilamid (MBA, bog'lovchi), kaliy persulfat (KPS, initsiator) hamda perlit va apatitni ishlatildi. Barcha reaktivlar tahliliy tozalik darajasiga ega va qo'shimcha tozalashsiz qo'llanildi. Erimalarni tayyorlash va gidrogelni yuvish jarayonlari uchun distillangan suvdan foydalanildi. Sintez qilingan gidrogelning termik barqarorligini va parchalanish bosqichlarini baholash maqsadida termogravimetrik (TGA) hamda differensial termik tahlil (DTA) o'tkazildi.

TGA grafigidan ko'rinib turibdiki, materialning termik destruksiya asosan uchta ketma-ket asosiy bosqichda amalga oshadi. Birinchi bosqich 23.38 °C dan 241.85 °C gacha bo'lgan harorat oralig'ini o'z ichiga olib, bu jarayonda 14.32% massa yo'qotilishi kuzatiladi. Bu asosan gidrogel yuzasidagi erkin suvning bug'lanishi hamda polimer matritsasi gidrofil guruhlari (-OH, -COO⁻) va seolit g'ovaklarida kuchli vodorod bog'lari orqali ushlanib qolgan (kristallizatsion) suv molekulalarining ajralib chiqishi bilan izohlanadi. Namlikning qariyb 240 °C gacha to'liq ajralmasdan turishi, suv molekulalarining material ichida yuqori energiyali bog'lanishlarga ega ekanligini tasdiqlaydi. Ikkinchi bosqich 241.85 °C dan 417.46°C gacha kechadi va bu asosiy destruksiya jarayonlaridan biri bo'lib, 23.37% massa yo'qotilishiga olib keladi. Mazkur harorat oralig'ida modifikatsiyalangan kraxmal makromolekulasidagi glikozid bog'larining parchalanishi, poli (akril kislota) zanjirlarining dekarboksillanishi (CO₂

1. Glenn, G. M., Klamczynski, A. P., Chiou, B., Orts, W. J. et al., Temperature related structural changes in wheat and corn starch granules and their effects on gels and dry foam. *Starch/Stärke* 2008, 60, 476-484.

2. Garcí a-González, C. A., Uy, J. J., Alnaief, M., Smirnova, I., Preparation of tailor-made starch-based aerogel microspheres by the emulsion-gelation method. *Carbohydr. Polym.* 2012, 88, 1378-1386.

3. Vieira, A. P., Ferreira, P., Coelho, J. F. J., Gil, M. H., Photocrosslinkable starch-based polymers for ophthalmologic drug delivery. *Int. J. Biol. Macromol.* 2008, 43, 325-332.

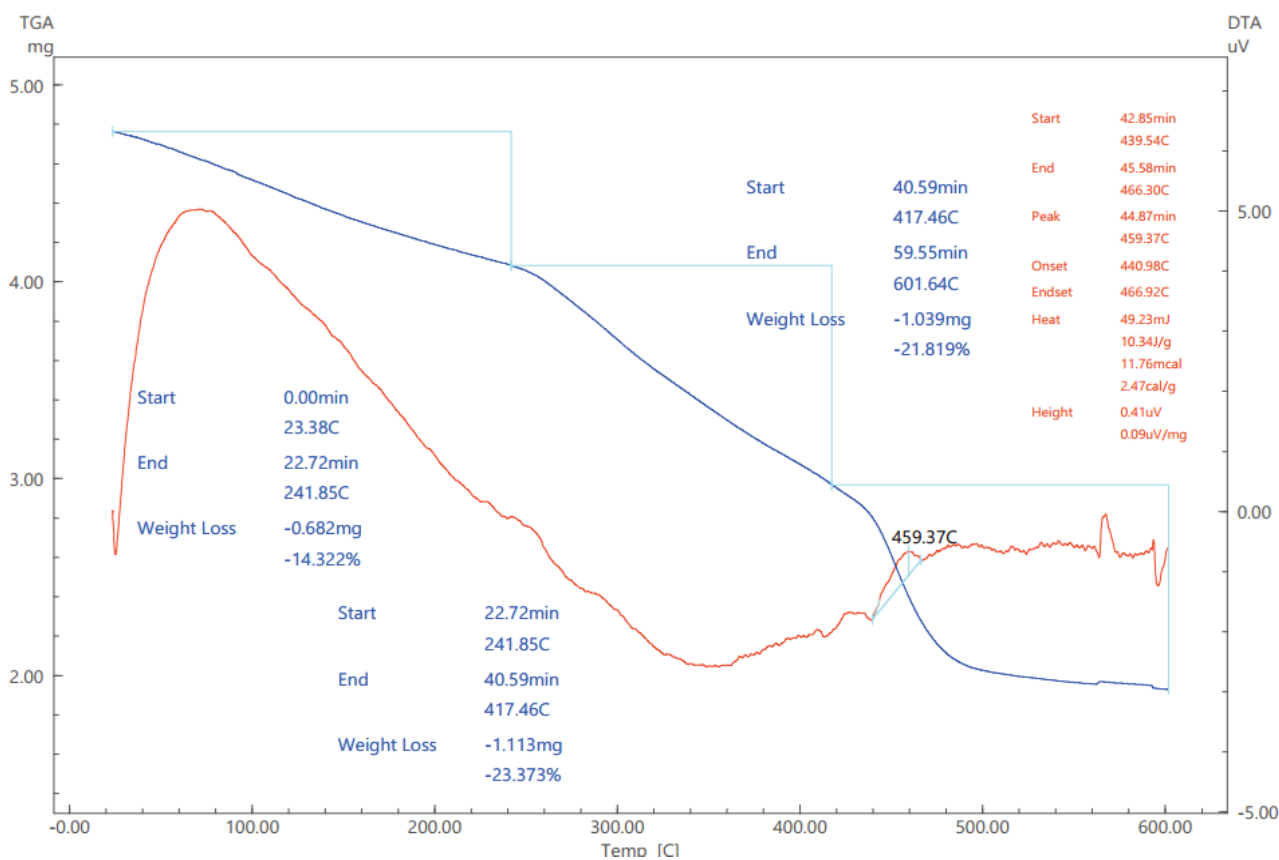
4. Kuang, J., Yuk, K. Y., Huh, K. M., Polysaccharide-based superporous hydrogels with fast swelling and superabsorbent properties. *Carbohydr. Polym.* 2011, 83, 284-290.

5. Cadar, O., Paul, M., Roman, C., Miclean, M., Majdik, C., Biodegradation of poly(lactic acid) and (lactic acid-ethylene-malonic or succinic acid) copolymers under controlled composting conditions in a laboratory system. *Polym. Degrad. Stab.* 2012, 97, 354-357.

6. Synthesis Hydrogels based on Starch-Graftacrylonitrile/Bentonite International Journal of Engineering Trends and Technology Open source preview, 2024, 72(11), страницы 371-379.

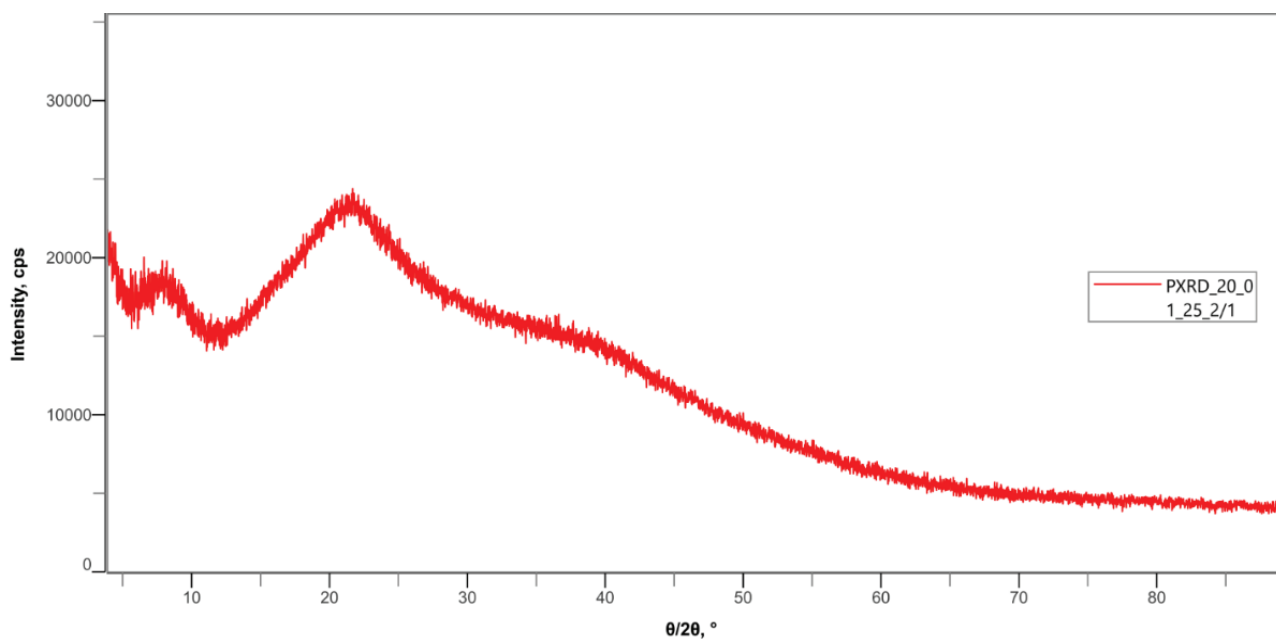
1-rasm.

*Kraxmal fosfat-(akril kislota-akrilamid)/karbamid/perlit/apatit
asosli gidrogelning termik tahlili (TGA/DTA)*



2-rasm.

Olingan gidrogelning rentgen-faza tahlili (XRD).



ajralishi) hamda o'zaro tikilgan uch o'lchamli polimer to'ring buzilishi sodir bo'ladi. Uchinchi bosqichda 417,46 °C dan 601,64°C gacha davom etib, navbatdagi 21,82 % massa yo'qotilishi qayd etilgan. Bu bosqich organik matritsa qoldiqlarining to'liq karbonizatsiya va yonishi bilan tavsiflanadi. Ushbu jarayonni DTA grafigida 459,37 °C da yaqqol namoyon bo'lgan o'tkir ekzotermik cho'qqi ham to'liq tasdiqlaydi. Ushbu kuchli ekzotermik signal polimer zanjirlarining jadal termik oksidlanishga uchraganligini bildiradi. Tahlil yakunida (601.64°C haroratda) materialning umumiy qoldiq massasi taxminan 40.5% ni tashkil qildi. Qoldiq massaning bu qadar yuqori bo'lishi kiritilgan tabiiy perlit va apatitning olovga chidamli anorganik alyumosilikat hamda polimerdagi natriy akrilatidan hosil bo'lgan anorganik tuzlarning yonmasligi bilan bevosita bog'liqdir. Anorganik perlit va apatit zarrachalari polimer zanjirlari orasida issiqlik o'tkazuvchanlik to'sig'i vazifasini bajarib, organik qismning yonishini sekinlashtiradi. TGA/DTA tahlili natijasida ma'lum bo'ldiki sintez qilingan sintez qilingan gidrogel 240 °C haroratgacha o'zining strukturaviy yaxlitligini to'liq saqlab qoldi. Bu esa, kompozit gidrogelni issiq yoz oylarida, O'zbekistonning qurg'oqchil tuproq-iqlim sharoitlarida uzoq muddatli namlik saqlovchi vosita sifatida qo'llash mutlaqo xavfsiz va barqaror ekanligini ilmiy jihatdan asoslaydi.

Sintez qilingan gidrogelning makromolekulyar zanjirlari qanday tartiblanganligini va materialning kristallik darajasini aniqlash maqsadida rentgen-faza (XRD) tahlili amalga oshirildi. Olingan difraktogramma grafigi shuni ko'rsatadiki, kompozit material o'ziga xos yuqori amorf tuzilishga ega.

Grafikda yuqori intensivlikdagi, o'tkir va tor difraksion cho'qqilar-kristall panjaraga xos bo'lgan signallar deyarli kuzatilmaydi. Buning o'rniga, 20°- 22° burchak oralig'ida keng yoyilgan, yassilangan difraksion balandliklar yaqqol namoyon bo'lgan. Ushbu keng cho'qqi modifikatsiyalangan kraxmalining o'zaro tikilgan zanjirlari hamda unga bog'langan poli (akril kislotasi) makromolekulalarining tartibsiz, tasodifiy joylashgan (amorf) qismlariga tegishlidir. Ma'lumki, tizimga kiritilgan tabiiy perlit va apatit o'z tabiatiga ko'ra yuqori darajada tartiblangan kristall alyumosilikat hisoblanadi. Biroq, kompozitning XRD spektrida perlit va apatitga xos bo'lgan keskin

kristall signallarning yo'qolishi ilmiy jihatdan juda muhim xulosani anglatadi. Bu holat perlit va apatit zarrachalarining erkin radikal polimerlanish jarayonida organik polimer matritsasi bilan mukammal darajada qorishib, uning zanjirlari orasiga chuqur kirib joylashganligini anglatadi. Ya'ni, polimer tarmog'ining zich va ulkan amorf fazasi anorganik perlit va apatit zarrachalarini to'liq qoplab olgan va uning kristallik tabiatini niqoblagan. Shuningdek, polimerizatsiya vaqtida qisman neytrallangan akril kislotasi ishtirokidagi kuchli kimyoviy ta'sirlashuvlar seolitning dastlabki kristall tuzilishini qisman qatlamlarga ajralishiga uchratgan bo'lishi ehtimoli ham yuqori. Gidrogelning aynan shunday yuqori amorf xarakterga ega ekanligi qishloq xo'jaligida namlik saqlovchi vosita sifatida uning amaliy samaradorligini kafolatlovchi asosiy omildir. Chunki kristall tuzilmalar polimer zanjirlarining harakatini cheklab, suv kirishiga to'sqinlik qilsa, amorf fazadagi bo'shliqlar va relaksatsiyaga moyil erkin zanjirlar suv molekularining material ichiga to'siqsiz kirib borishiga qulay sharoit yaratadi.

Qishloq xo'jaligi amaliyotida tuproq va sug'orish suvlari tarkibida turli xil mineral tuzlar bo'lishini hisobga olib, sintez qilingan kompozit gidrogelning sho'rlangan muhitdagi barqarorligi o'rganildi. Sinovlar konsentratsiyasi 1 % li bo'lgan bir valentli NaCl, ikki valentli Na₂SO₄, MgSO₄, CaCO₃ tuz eritmalarida amalga oshirildi.

NaCl eritmasida bir valentli Na⁺ ionlari gidrogel tarkibidagi karboksilat va fosfat guruhlarining manfiy zaryadlarini yopadi. Natijada polimer zanjirlari orasidagi elektrostatik itarilish kamayib, gidrogelning suv shimish sig'imi distillangan suvdagiga nisbatan pasayadi. Na₂SO₄ eritmasida ion kuchi NaCl eritmasiga qaraganda yuqoriroq bo'ladi. Shu sababli polimer ichki va tashqi muhiti orasidagi osmotik bosim farqi kamayadi va gidrogelning bo'kuvchanligi yanada pasayadi. MgSO₄ eritmasida ikki valentli Mg²⁺ ionlari gidrogel tarkibidagi -COO⁻ va fosfat guruhlari bilan ionli bog'lanishlar hosil qiladi. Bunda polimer zanjirlari orasida qo'shimcha ion ko'priklari yuzaga kelib, to'rsimon tuzilma zichlashadi va suv shimish sig'imi keskin kamayadi. CaCl₂ eritmasida Ca²⁺ ionlari karboksilat va fosfat guruhlari bilan kuchli koordinatsion hamda ionli bog'lanishlar hosil qiladi. Ayniqsa, gidrogel tarkibida apatit va kraxmal fosfat mavjudligi Ca²⁺ ionlarining polimer matritsasi bilan o'zaro ta'sirini kuchaytirishi mumkin.

1-jadval.

Gidrogelning sho'rlangan muhitdagi bo'kish barqarorligi

Muhit	Konsentratsiya	Taxminiy bo'kuvchanlik, g/g	Distillangan suvga nisbatan
Distillangan suv	—	416	100%
NaCl	1%	150–180	36–43%
Na ₂ SO ₄	1%	105–140	25–34%
MgSO ₄	1%	60–90	14–22%
CaCl ₂	1%	45–75	11–18%

Gidrogelning ko'p martalik shishish-quritish sikllaridagi barqarorlik ko'rsatkichlari

Sikl soni	Suv shimish sig'imi, g/g	Dastlabki qiymatga nisbatan saqlanishi, %
1	416	100,0
2	402	96,6
3	390	93,8
4	378	90,9
5	367	88,2
6	356	85,6
7	346	83,2
8	336	80,8
9	326	78,4
10	317	76,2

Natijada polimer zanjirlari orasida qo'shimcha ionli ko'ndalang bog'lanishlar hosil bo'lib, gidrogel tarmog'i zichlashadi. Shu sababli 1% li CaCl_2 eritmasida suv shimish sig'imi eng past qiymatlardan birini ko'rsatishi kutiladi.

Gidrogelning qayta foydalanish barqarorligi shishish-quritish sikllari o'rganildi. Kraxmal fosfat-(akril kislot-aakrilamid)/karbamid/perlit/apatit asosidagi kompozit gidrogel distillangan suvda ketma-ket 10 marta shishish-quritish siklidan o'tkazilganda, dastlabki sikllarda suv shimish sig'imi yuqori bo'lib, sikllar soni ortishi bilan asta-sekin kamayishi kutiladi. Agar birinchi sikldagi maksimal bo'kuvchanlik 416 g/g bo'lsa, taxminiy natijalar quyidagicha ifodalanishi mumkin.

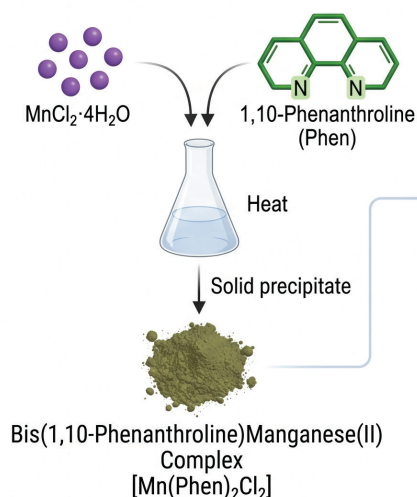
Xulosa.

Kraxmal fosfat-(akril kislot-aakrilamid)/karbamid/perlit/apatit asosidagi olingan gidrogelning fizik-kimyoviy hamda funksional xossalari kompleks o'rganildi. Tadqiqot natijalari gidrogelning distillangan suvda yuqori bo'kuvchanlikka ega ekanligini, pH muhitlari va elektrolit eritmalarida esa ion kuchi hamda kation valentligiga bog'liq ravishda bo'kuvchanlik darajasi kamayishini ko'rsatdi. Shishish-quritish sikllari gidrogelning qayta foydalanish imkoniyati va strukturaviy barqarorligini tasdiqladi. TGA va XRD tahlillari esa kompozit tarkibida tabiiy minerallarning mavjudligi gidrogelning termik barqarorligini oshirishi va polimer matritsasini mustahkamlashini ko'rsatdi. Olingan natijalar ushbu kompozit gidrogelning suv tanqisligi kuzaatiladigan hududlarda tuproq namligini saqlash, sug'orish suvini tejash hamda qishloq xo'jaligida ekologik xavfsiz suv ushlovchi material sifatida qo'llash istiqboli yuqori ekanligini tasdiqlaydi.

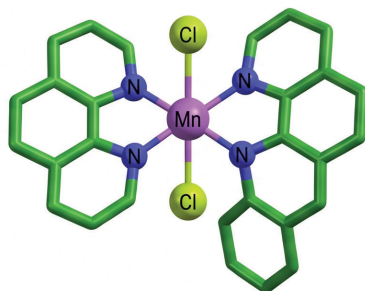
SYNTHESIS, CRYSTAL STRUCTURE, AND HIRSHFELD SURFACE ANALYSIS OF A BIS (1,10-PHENANTHROLINE) MANGANESE(II) COMPLEX

**Dilmurod Saidov,
Gulshoda Toirova,
Khayit Turaev,**
TerSU

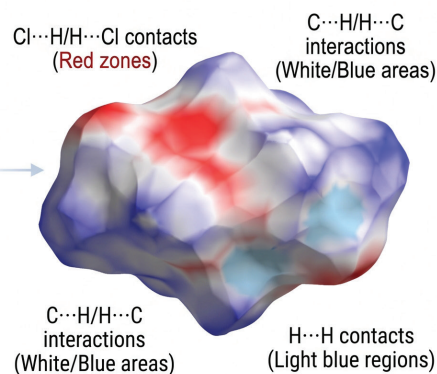
SYNTHESIS



CRYSTAL STRUCTURE



HIRSHFELD SURFACE ANALYSIS



Annotation.

The bis(1,10-phenanthroline)manganese(II) complex, [Mn(Phen)₂Cl₂], was successfully synthesised and comprehensively characterised by single-crystal X-ray diffraction, powder X-ray diffraction (PXRD), and Hirshfeld surface analysis. Single-crystal X-ray diffraction revealed that the complex crystallises in the monoclinic crystal system, with the Mn(II) centre adopting a distorted octahedral coordination geometry formed by four nitrogen atoms from two bidentate 1,10-phenanthroline ligands and two chloride ions. PXRD analysis confirmed the phase purity of the synthesised compound and demonstrated excellent agreement between the experimental and simulated diffraction patterns, indicating a highly ordered crystalline structure. Hirshfeld surface analysis indicated that the crystal packing is mainly governed by H...H, C...H/H...C, and Cl...H/H...Cl intermolecular contacts, highlighting the important role of van der Waals and electrostatic interactions in stabilising the crystal structure. The combined structural analyses provide a comprehensive understanding of the molecular geometry, intermolecular interactions, and crystal packing of the title manganese(II) complex.

Key words:

CCD Xcalibur Ruby, Hirshfeld surface

analysis, XRD, 1,10-phenanthroline

Introduction.

In recent years, there has been a sharp increase in scientific interest in metal-organic complexes (MOCs)¹ due to limitations such as the insufficient efficiency and selectivity of materials widely used in fields such as catalysis, gas separation, and storage, and their low thermal and chemical stability. Complex compounds based on metal-ligand coordination form a wide class of compounds with various chemical structures and properties, including MOCs - complex compounds formed as a result of coordination bonds between central metal ions and multi-toothed (dentate) organic ligands, which belong to the class of discrete coordination clusters with a specific geometric structure, specific porous cavities, nanoscale structures, and symmetrical geometry (e.g., octahedral, tetrahedral, or cuboctahedral)². The metal-ligand coordination bond allows for the production of high-quality and defect-free products under environmental conditions compared to synthesis strategies based on classical covalent bonds. The work of Fujita, Stang, Newkome, Nitschke, and other researchers formed the fundamental basis for the synthesis of metal-organic complexes, which developed new coordination compounds, including three-dimensional metal-organic cage (MOC) structures with different geometries, such as a triangle, a rectangle³, a square, a rhomboid, a cube, an octahedron, a cuboctahedron, a trigonal prism, a tetragonal prism, and a hexagonal prism⁴.

The bis(1,10-phenanthroline)manganese(II) complex, [Mn(Phen)₂Cl₂], synthesised using the bidentate 1,10-phenanthroline ligand, was identified as a new coordination compound and structurally characterised by single-crystal X-ray diffraction analysis⁵. The crystallographic study revealed that the Mn(II) centre adopts a distorted octahedral coordination geometry formed by four nitrogen atoms from two 1,10-phenanthroline ligands and two chloride ions. In addition, the crystal structure analysis provided valuable information on the supramolecular architecture, showing that

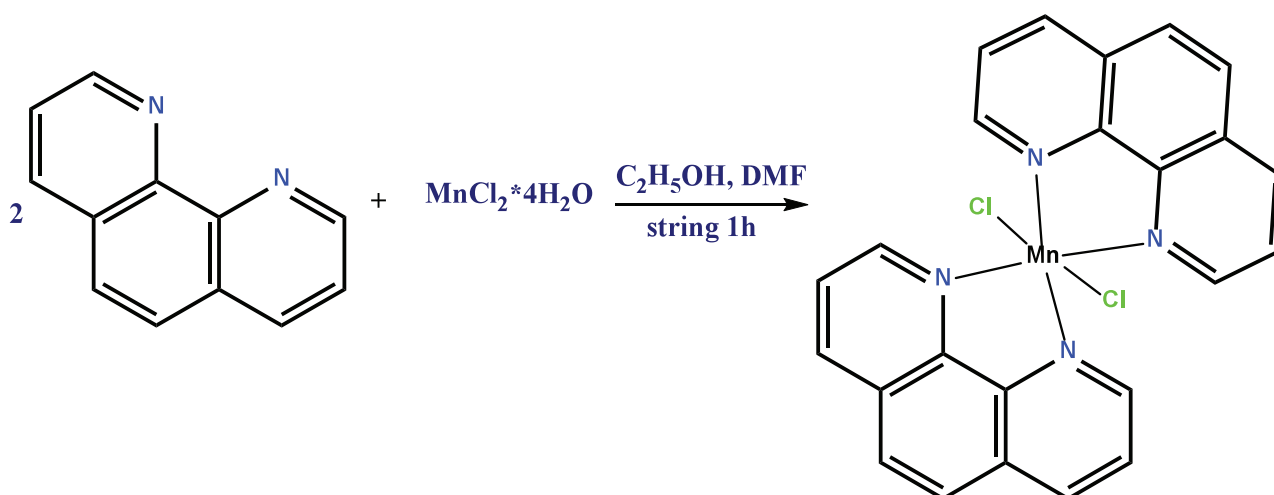
1 D.K. Saidov, K.K. Turaev, S.A. Kasimov, A. Kumar, B.Z. Adizov, Y.Y., Yakubov, B.T., Ibragimov, A., Lakshmanan, A.S., Normamatov, B.D. Mamatkodirov, J. Gao, Cd(II)-based 2D coordination polymer with hydroxynaphthoate: Synthesis, DFT insights, and surface analysis, J. Mol. Struct. (2025) 145225. <https://doi.org/10.1016/j.molstruc.2025.145225>.

2 D.Kh. Saidov, Kh.Kh. Turaev, A.B. Ibragimov, G.Kh. Toirova, Kh. Kh. Kulbasheva, Synthesis, thermal, Hirshfeld surface analysis, and spectroscopic properties of a Cd(II) coordination polymer with 1-hydroxy-2-naphthoic acid, Int. J. Eng. Trends Technol. 73(7) (2025) 293-307, <https://doi.org/10.14445/22315381/IJETT-V73I7P123>.

3 Ugli Saidov, DK, Turaev, KK, Kumar, A., Kasimov, S.A., Adizov, B.Z., Yakubov, Y.Y., ... & Ibragimov, A.B. (2026). Synthesis, Structural Characterization, and Antimicrobial Activity of Cadmium (II) Coordination Polymer Derived from 1, 10-Phenanthroline and Tartaric Acid. Journal of Molecular Structure, 146200. <https://doi.org/10.1016/j.molstruc.2026.146200>

4 ugli Saidov, DK, Turaev, KK, Kumar, A., Kenjayevna, SZ, Ugli Kholturaev, KB, Ugli Ruziev, UU, ... & Chellakarungu, B. (2026). Structural elucidation, supramolecular interactions, and antifungal activity of a one-dimensional Cu (II) coordination polymer based on 1, 10-phenanthroline and isonicotinate. Journal of Solid State Chemistry, 126074. <https://doi.org/10.1016/j.jssc.2026.126074>

5 A.R. Safarov, H. Ferjani, YG.Abou El-Reash, A.B. Ibragimov, Y.R. Takhirov, Kh.Kh. Turaev, D Kh. Saidov, T.A. Yousef, B.Z. Adizov, Ch. Balakrishnan. Structural, spectroscopic, and Hirshfeld surface analysis of novel zinc(II) complexes with aminobenzoate and thiadiazole units. Polyhedron 15 February 2026 <https://doi.org/10.1016/j.poly.2026.118038>



the crystal packing is stabilised by intermolecular C–H···Cl interactions, weak $\pi\cdots\pi$ stacking between neighbouring phenanthroline rings, and van der Waals forces. These structural features play an important role in determining the stability and physicochemical properties of the complex¹.

Experimental.

A total of 0.1802 g (0.05 mmol) of 1,10-phenanthroline was completely dissolved in a mixed solvent of 20 mL 96% ethanol and 10 mL dimethylformamide (DMF). Separately, 0.297 g (0.05 mmol) of manganese(II) chloride tetrahydrate ($\text{MnCl}_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$) was dissolved in 30 mL of distilled water, and the resulting solution was slowly added dropwise to the ligand solution under continuous stirring. The reaction mixture was stirred for 1 hour using a magnetic stirrer to ensure complete complexation. Subsequently, the mixture was subjected to ultrasonic treatment for 45 minutes employing an ultrasonic cleaner operating at 100 W power and 40 kHz frequency, which facilitated homogenisation and sterilisation of the solution. The resulting solution was then filtered through filter paper to obtain a clear, colourless filtrate. For crystallisation, the filtrate was stored in a thermostat at 40–50 °C for 25 days, allowing slow evaporation of the solvents and promoting the growth of well-defined crystals. As a result, light pink, sharply faceted crystals were obtained with a total yield of 76% (Scheme 1).

Results and discussion.

Single-crystal XRD analysis. Crystal Structure Description:

The experimental conditions for single-crystal X-ray diffraction and subsequent structure refinement are presented in Table 1, while Table 4 lists the key bond lengths and bond angles. The $[\text{Mn}(\text{Phen})_2\text{Cl}_2]$ complex crystallizes in the

triclinic crystal system with a noncentrosymmetric space group P1, reflecting a low-symmetry crystal environment and a slightly distorted molecular geometry within the lattice. The molecular structure of the $[\text{Mn}(\text{Phen})_2\text{Cl}_2]$ complex is shown in figure 1(a), with displacement ellipsoids drawn at the 50% probability level, and atoms labelled according to the standard numbering scheme.

Single-crystal X-ray diffraction analysis reveals that the $[\text{Mn}(\text{Phen})_2\text{Cl}_2]$ complex is a mononuclear molecular compound. In this structure, the Mn^{2+} ion adopts a distorted octahedral geometry, being coordinated by four nitrogen atoms from two bidentate 1,10-phenanthroline (Phen) ligands and two chloride ions.

Each Phen ligand chelates the Mn^{2+} center through its two nitrogen atoms ($\kappa^2\text{N},\text{N}'$), while the chloride ions occupy the remaining coordination sites, completing the octahedral environment. This bidentate and monoatomic coordination results in a slightly distorted molecular geometry rather than an extended polymeric network.

The Mn–N bond lengths range from 2.252(3) to 2.396(3) Å, while the Mn–Cl distances are slightly longer, 2.4176(15)–2.4857(10) Å, reflecting the weaker ionic character of the Mn–Cl bonds compared to Mn–N chelation. The average bond length of 2.3586 Å is consistent with typical six-coordinate Mn(II) complexes. The polyhedral volume of the Mn coordination sphere is 16.4987 Å³, indicating a moderately compact environment. The distortion index (0.03164) and quadratic elongation (1.0411) quantitatively confirm a slight distortion from ideal octahedral geometry, which is further supported by the bond angle variance of 131.21 °. The effective coordination number of 5.6742 reflects that while Mn is nominally six-coordinate, small deviations in bond lengths reduce the “effective” coordination slightly below six (Table 3, figure. (1b)).

1 ugli Juraev, AS, Khamidjanovich, RA, Prasad, AA, Turaev, KK, ugli Ruziev, UU, ugli Kholturaev, KB, ... & Balakrishnan, C. (2026). Synthesis, crystal structure, supramolecular architecture, and electronic structure analysis of a new iron (III)-EDTA complex salt. Journal of Molecular Structure, 146273. <https://doi.org/10.1016/j.molstruc.2026.146273>

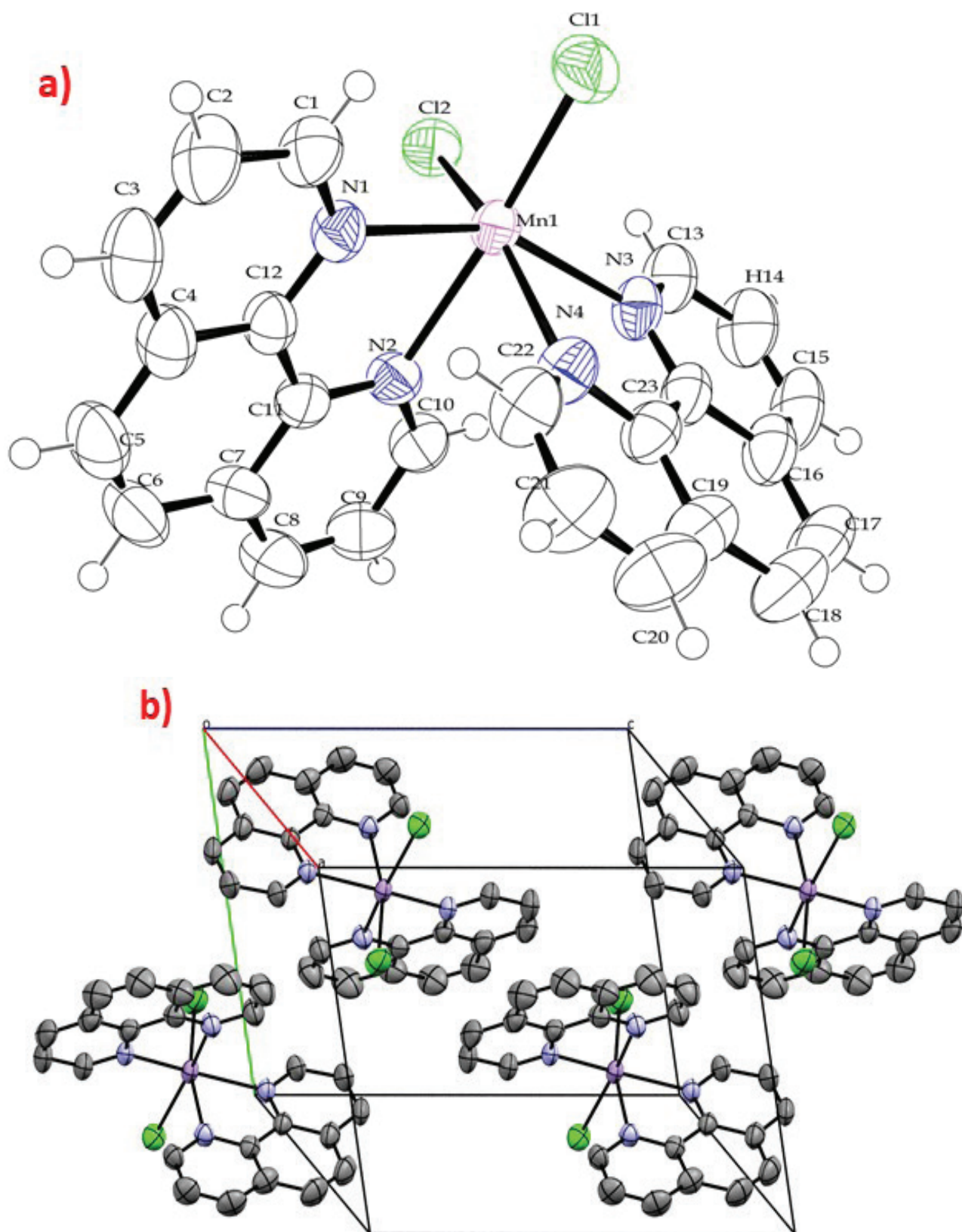


Fig. 1

(a) ORTEP of the asymmetric unit of [Mn(Phen)2Cl2], showing the atom-numbering scheme with displacement ellipsoids drawn at the 50% probability level.

(b) Crystal packing diagram.

Table 1.

Crystal data and structure refinement details for $[\text{Mn}(\text{Phen})_2\text{Cl}_2]$

Crystal Data	
Formula	$\text{C}_{24}\text{H}_{16}\text{Cl}_2\text{MnN}_4$
Formula Weight	194.50
Crystal System	triclinic
Space group	P-1 (No.2)
a, b, c [Å]	9.2112(8), 0.0258(8), 12.6224(9)
α, β, γ (°)	79.907(6), 81.073(6), 69.933(7)
V [Å ³]	1072.26(16)
Z	5
D (calc) [g/cm ³]	1.506
Mu [mm ⁻¹]	7.450
F(000)	494
Crystal Size [mm]	0.05 x 0.20 x 0.30
Data Collection	
Temperature (K)	293
Radiation [Å]	$\text{CuK}\alpha$ 1.54184
Theta Min-Max [°]	3.6, 67.7
Dataset	-10: 11 ; -11: 12 ; -15: 14
Tot., Uniq. Data, R_{int}	6658, 3814, 0.031
Observed Data [$I > 0.0$ sigma(I)]	3276
Refinement	
$N_{\text{ref}}, N_{\text{par}}$	3814, 280
R, wR2, S	0.0570, 0.1645, 1.04
Max. and Av. Shift/Error	0.00, 0.00
Min. and Max. Resd. Dens. [e/Å ³]	-0.29, 0.88
CCDC	2497019

Table 2 - Hydrogen Bonds (Angstrom, Deg)

D-H...A	d(D-H)	d(H...A)	d(D...A)	<(DHA)
C(8)-H(8)...Cl(2)	0.9300	2.6900	3.610(5)	170.00
C(20)-H(20)...Cl(2)	0.9300	2.8000	3.696(6)	161.00

Table 3.

Polyhedral parameters for [Mn(Phen)₂Cl₂]

Bond distance (Å)	
Mn(1)-N(3)	2.252(3)
Mn(1)-N(1)	2.258(4)
Mn(1)-N(2)	2.342(4)
Mn(1)-N(4)	2.396(3)
Mn(1)-Cl(1)	2.4176(15)
Mn(1)-Cl(2)	2.4857(10)
Average bond length (Å)	2.3586
Polyhedral volume Å ³	16.4987
Distortion index (bond length)	0.03164
Quadratic elongation	1.0411
Bond angle variance deg. ²	131.2122
Effective coordination number	5.6742

Table 4.

Theselectedbondlengths(Å),angles(°)anddihedralangles(°)for [Mn(Phen)₂Cl₂]

Bond	Length[Å]	Bond	Length[Å]
Mn1-Cl1	2.4176(14)	C5-C6	1.355(7)
Mn1-Cl2	2.4857(11)	C6-C7	1.441(7)
Mn1-N1	2.258(3)	C7-C8	1.413(7)
Mn1-N2	2.342(3)	C7-C11	1.394(6)
Mn1-N3	2.252(3)	C8-C9	1.352(7)
Mn1-N4	2.396(3)	C9-C10	1.393(7)
N1-C1	1.323(5)	C11-C12	1.442(5)
N1-C12	1.360(5)	C13-C14	1.399(6)
N2-C10	1.324(5)	C14-C15	1.353(9)
N2-C11	1.363(5)	C15-C16	1.405(7)
N3-C13	1.328(5)	C16-C17	1.438(8)
N3-C24	1.352(5)	C16-C24	1.419(5)
N4-C22	1.338(5)	C17-C18	1.344(8)
N4-C23	1.363(5)	C18-C19	1.438(7)
C1-C2	1.399(6)	C19-C20	1.410(8)
C2-C3	1.358(8)	C19-C23	1.397(7)
C3-C4	1.411(6)	C20-C21	1.377(8)
C4-C5	1.424(8)	C21-C22	1.382(8)
C4-C12	1.406(6)	C23-C24	1.449(6)

Symmetry transformations used to generate equivalent atoms: a = 1-x, 1-y, 1-z, b = 1+x, y, z, c = 1+x, -1+y, z, d = 1-x, -y, -z, e = 1-x, -y, 1-z, f = 1-x, 1-y, -z, g = x, y, -1+z, h = -x, 1-y, -z, i = -1+x, y, z, j = -x, -y, 1-z, k = -x, 1-y, 1-z, l = x, y, 1+z, m = -x, -y, -z, n = -1+x, 1+y, z

Bond	Angle[°]	Bond	Angle[°]
C11-Mn1-Cl2	103.27(4)	C1-C2-C3	119.3(4)
C11-Mn1-N1	95.51(9)	C2-C3-C4	119.6(4)
C11-Mn1-N2	165.85(7)	C3-C4-C5	123.4(4)
C11-Mn1-N3	101.61(10)	C3-C4-C12	117.3(4)
C11-Mn1-N4	94.85(9)	C5-C4-C12	119.3(4)
Cl2-Mn1-N1	103.12(8)	C4-C5-C6	121.1(5)
Cl2-Mn1-N2	86.34(8)	C5-C6-C7	120.9(5)
Cl2-Mn1-N3	95.34(8)	C6-C7-C8	123.6(5)
Cl2-Mn1-N4	159.41(8)	C6-C7-C11	119.3(4)
N1-Mn1-N2	71.93(11)	C8-C7-C11	117.1(4)
N1-Mn1-N3	151.19(13)	C7-C8-C9	119.2(5)
N1-Mn1-N4	84.53(11)	C8-C9-C10	120.5(4)
N2-Mn1-N3	87.61(11)	N2-C10-C9	122.0(4)
N2-Mn1-N4	77.82(11)	N2-C11-C7	122.9(4)
N3-Mn1-N4	71.18(10)	N2-C11-C12	117.5(3)
Mn1-N1-C1	123.9(3)	C7-C11-C12	119.6(4)
Mn1-N1-C12	117.7(2)	N1-C12-C4	122.5(3)
C1-N1-C12	118.2(3)	N1-C12-C11	117.7(3)
Mn1-N2-C10	126.8(3)	C4-C12-C11	119.8(4)
Mn1-N2-C11	114.8(2)	N3-C13-C14	122.7(5)
C10-N2-C11	118.3(3)	C13-C14-C15	119.7(5)
Mn1-N3-C13	122.8(3)	C14-C15-C16	119.9(4)
Mn1-N3-C24	119.0(2)	C15-C16-C17	124.2(4)
C13-N3-C24	118.2(3)	C15-C16-C24	116.9(4)
Mn1-N4-C22	127.8(3)	C17-C16-C24	118.9(4)
Mn1-N4-C23	114.3(2)	C16-C17-C18	121.3(5)
C22-N4-C23	117.5(4)	C17-C18-C19	121.5(5)
N1-C1-C2	123.0(4)	C18-C19-C20	123.2(5)
C18-C19-C23	119.0(5)	N4-C23-C24	116.9(4)
C20-C19-C23	117.8(5)	C19-C23-C24	120.2(4)
C19-C20-C21	118.9(5)	N3-C24-C16	122.6(4)
C20-C21-C22	119.5(5)	N3-C24-C23	118.3(3)
N4-C22-C21	123.3(4)	C16-C24-C23	119.1(4)
N4-C23-C19	122.9(4)		

Symmetry transformations used to generate equivalent atoms: a = 1-x, 1-y, 1-z, b = 1+x, y, z, c = 1+x, -1+y, z, d = 1-x, -y, -z, e = 1-x, -y, 1-z, f = 1-x, 1-y, -z, g = x, y, -1+z, h = -x, 1-y, -z, i = -1+x, y, z, j = -x, -y, 1-z, k = -x, 1-y, 1-z, l = x, y, 1+z, m = -x, -y, -z, n = -1+x, 1+y, z

Dihedral bond	Angle [°]	Dihedral bond	Angle [°]
Cl1-Mn1-N1-C1	6.4(3)Cl1	-Mn1-N1-C12	-167.9(3)
Cl2-Mn1-N1-C1	-98.6(3)	Cl2-Mn1-N1-C12	87.1(3)
N2-Mn1-N1-C1	179.7(3)	N2-Mn1-N1-C12	5.5(3)
N3-Mn1-N1-C1	132.9(3)	N3-Mn1-N1-C12	-41.4(4)
N4-Mn1-N1-C1	100.8(3)	N4-Mn1-N1-C12	-73.5(3)
Cl2-Mn1-N2-C10	73.5(3)	Cl2-Mn1-N2-C11	-110.7(2)
N1-Mn1-N2-C10	178.5(3)	N1-Mn1-N2-C11	-5.7(2)
N3-Mn1-N2-C10	-22.1(3)	N3-Mn1-N2-C11	153.7(3)
N4-Mn1-N2-C10	-93.3(3)	N4-Mn1-N2-C11	82.5(2)
Cl1-Mn1-N3-C13	-86.6(4)	Cl1-Mn1-N3-C24	95.4(3)
Cl2-Mn1-N3-C13	18.1(4)	Cl2-Mn1-N3-C24	-159.9(3)
N1-Mn1-N3-C13	148.1(4)	N1-Mn1-N3-C24	-29.8(4)
N2-Mn1-N3-C13	104.2(4)	N2-Mn1-N3-C24	-73.8(3)
N4-Mn1-N3-C13	-177.9(4)	N4-Mn1-N3-C24	4.2(3)
Cl1-Mn1-N4-C22	81.3(4)	Cl1-Mn1-N4-C23	-105.7(3)
Cl2-Mn1-N4-C22	-126.9(3)	Cl2-Mn1-N4-C23	46.1(4)
N1-Mn1-N4-C22	-13.8(4)	N1-Mn1-N4-C23	159.3(3)
N2-Mn1-N4-C22	-86.4(4)	N2-Mn1-N4-C23	86.6(3)
N3-Mn1-N4-C22	-178.0(4)	N3-Mn1-N4-C23	-5.0(3)
Mn1-N1-C1-C2	-174.4(3)	C12-N1-C1-C2	-0.2(6)
Mn1-N1-C12-C4	175.0(3)	Mn1-N1-C12-C11	-4.7(4)
C1-N1-C12-C4	0.5(6)	C1-N1-C12-C11	-179.3(3)
Mn1-N2-C10-C9	173.5(3)	C11-N2-C10-C9	-2.2(6)
Mn1-N2-C11-C7	-173.9(3)	Mn1-N2-C11-C12	5.4(4)
C10-N2-C11-C7	2.3(6)	C10-N2-C11-C12	-178.4(3)
Mn1-N3-C13-C14	-177.4(4)	C24-N3-C13-C14	0.6(7)
Mn1-N3-C24-C16	177.3(4)	Mn1-N3-C24-C23	-3.0(5)
C13-N3-C24-C16	-0.7(7)	C13-N3-C24-C23	179.0(4)
Mn1-N4-C22-C21	173.2(4)	C23-N4-C22-C21	0.4(7)
Mn1-N4-C23-C19	-175.3(4)	Mn1-N4-C23-C24	5.4(5)
C22-N4-C23-C19	-1.5(7)	C22-N4-C23-C24	179.2(4)
N1-C1-C2-C3	-1.2(7)	C1-C2-C3-C4	2.3(7)
C2-C3-C4-C5	179.1(5)	C2-C3-C4-C12	-2.0(7)
C3-C4-C5-C6	-178.5(5)	C12-C4-C5-C6	2.5(7)
C3-C4-C12-N1	0.6(6)	C3-C4-C12-C11	-179.7(4)
C5-C4-C12-N1	179.6(4)	C5-C4-C12-C11	-0.7(6)
C4-C5-C6-C7	-2.6(7)	C5-C6-C7-C8	-177.8(5)
C5-C6-C7-C11	0.7(7)	C6-C7-C8-C9	178.1(5)
C11-C7-C8-C9	-0.4(7)	C6-C7-C11-N2	-179.6(4)
C6-C7-C11-C12	1.1(6)	C8-C7-C11-N2	-1.0(6)
C8-C7-C11-C12	179.7(4)	C7-C8-C9-C10	0.5(7)
C8-C9-C10-N2	0.8(7)	N2-C11-C12-N1	-0.7(5)
N2-C11-C12-C4	179.6(4)	C7-C11-C12-N1	178.6(4)
C7-C11-C12-C4	-1.1(6)	N3-C13-C14-C15	-0.8(9)

C13-C14-C15-C16	1.1(9)	C14-C15-C16-C17	179.8(6)
C14-C15-C16-C24	-1.3(8)	C15-C16-C17-C18	-179.9(6)
C24-C16-C17-C18	1.1(9)	C15-C16-C24-N3	1.1(7)
C15-C16-C24-C23	-178.6(5)	C17-C16-C24-N3	-179.9(5)
C17-C16-C24-C23	0.4(7)	C16-C17-C18-C19	-1.5(10)
C17-C18-C19-C20	-179.6(6)	C17-C18-C19-C23	0.3(9)
C18-C19-C20-C21	178.9(6)	C23-C19-C20-C21	-1.0(8)
C18-C19-C23-N4	-178.1(5)	C18-C19-C23-C24	1.2(7)
C20-C19-C23-N4	1.8(8)	C20-C19-C23-C24	-178.9(5)
C19-C20-C21-C22	0.0(9)	C20-C21-C22-N4	0.3(9)
N4-C23-C24-N3	-2.0(6)	N4-C23-C24-C16	177.8(4)
C19-C23-C24-N3	178.7(4)	C19-C23-C24-C16	-1.6(7)

Symmetry transformations used to generate equivalent atoms: $a = 1-x, 1-y, 1-z$, $b = 1+x, y, z$, $c = 1+x, -1+y, z$, $d = 1-x, -y, -z$, $e = 1-x, -y, 1-z$, $f = 1-x, 1-y, -z$, $g = x, y, -1+z$, $h = -x, 1-y, -z$, $i = -1+x, y, z$, $j = -x, -y, 1-z$, $k = -x, 1-y, 1-z$, $l = x, y, 1+z$, $m = -x, -y, -z$, $n = -1+x, 1+y$,

Powder XRD analysis To assess the degree of crystallinity and phase purity of the $[\text{Mn}(\text{phen})_2\text{Cl}_2]$ complex, X-ray diffractometry (PXRD) analysis in powder form was conducted (See Figure 2). The measured experimental diffractogram data were compared with the modelled diffractogram based on X-ray diffraction data obtained for a single crystal. The results show that there is a high degree of correspondence between the two diffractograms in terms of the location of the main peaks at the 2θ angles. This fact scientifically confirms that the crystalline structure of the synthesised powder sample fully corresponds to the phase in a single crystalline state. The directional growth of crystalline particles or differences in their size and morphological properties explain small differences in peak intensities. In general, the high degree of correspondence between the experimental and simulated diffractograms reliably confirms the phase purity and crystal structure stability of the $[\text{Mn}(\text{phen})_2\text{Cl}_2]$ complex.

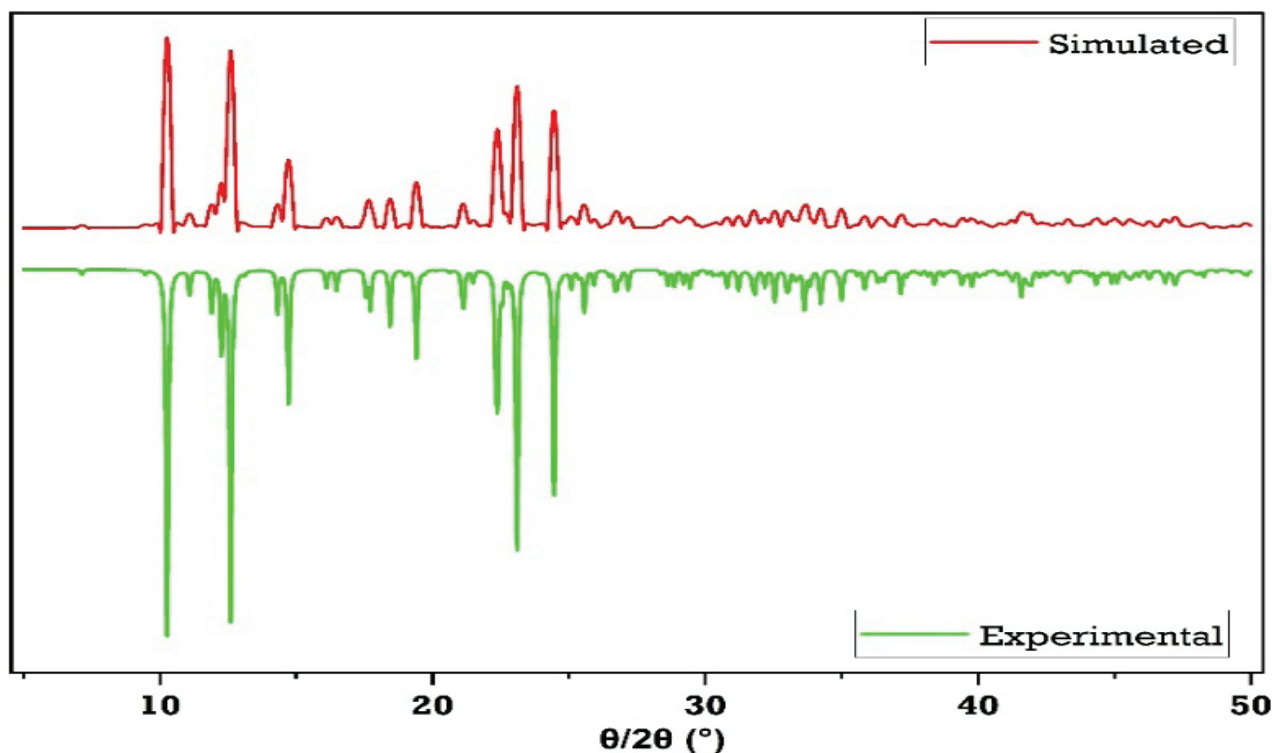


Fig.2

Simulated PXRD patterns and experimental XRD patterns of the $[\text{Mn}(\text{phen})_2\text{Cl}_2]$

Hirshfeld surface analysis

Hirshfeld surface analysis was carried out to determine the nature of intermolecular interactions within the crystal structure and to assess their contribution to overall stability. This method allows you to identify the most important contacts by analyzing the distribution of electron density around the molecule. The results are presented in Hirshfeld surface maps (See Figure 3) and fingerprint graphs (See Figure 4) were analyzed visually and quantitatively.

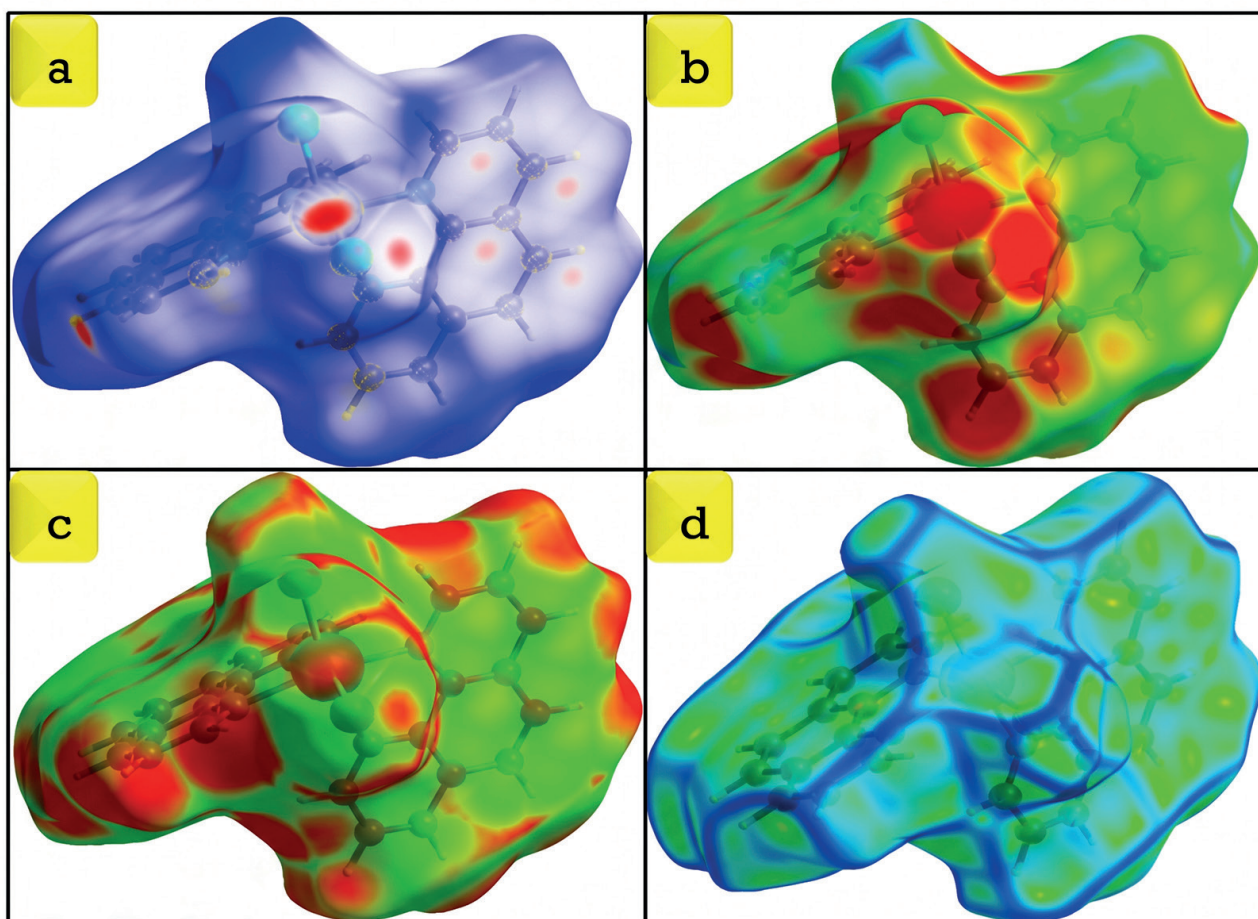


Fig. 3

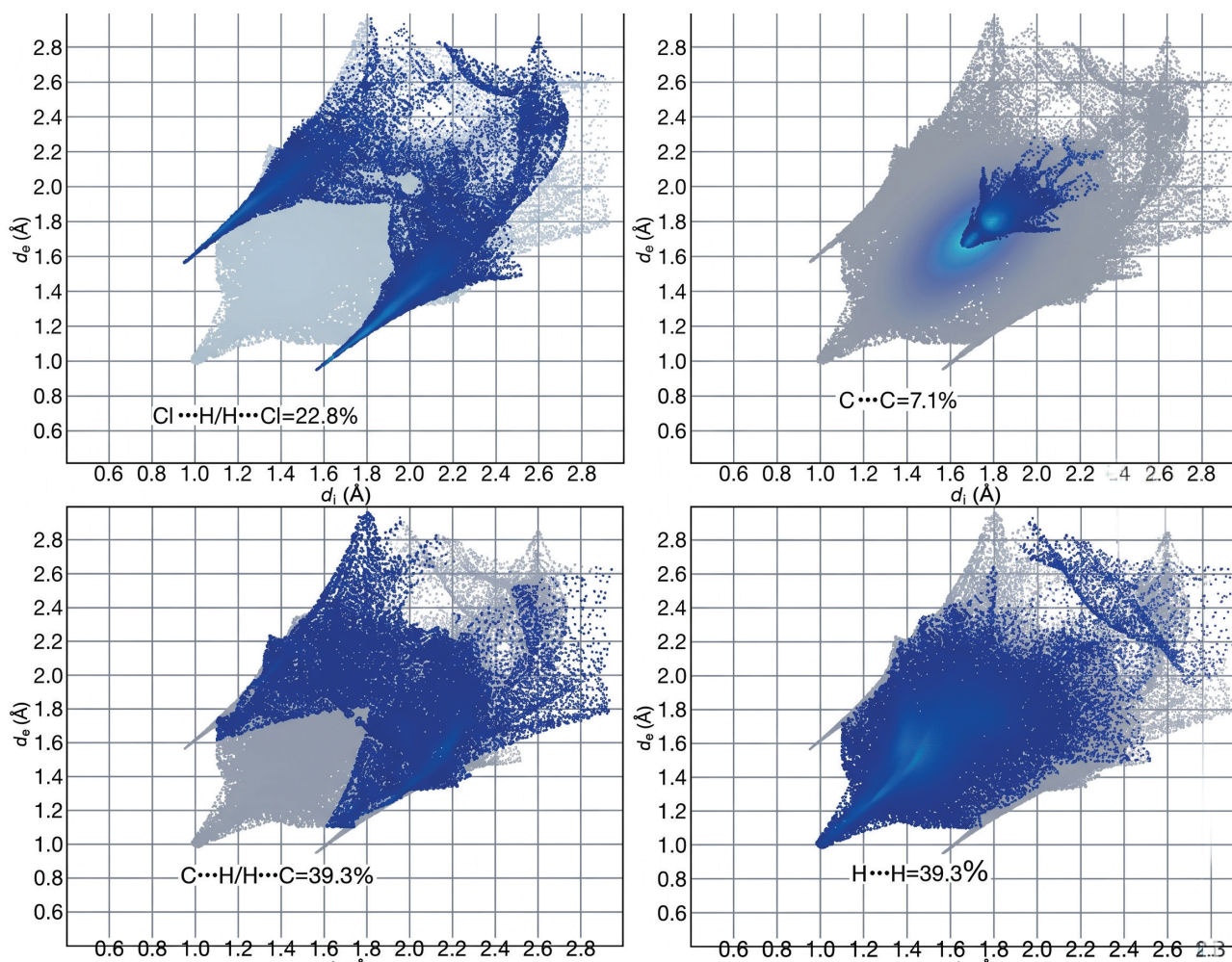
Hirshfeld surface maps a) d_{norm} (b) d_e (c) d_i and (d) curvedness

Maps of Hirschfeld surfaces based on the parameters d_{norm} , d_i , d_e and curvature were an important tool for determining the type of interatomic distances in the structure. The red zones observed on D_{norm} maps represent short interatomic distances, i.e., strong interactions; white corresponds to neutral distances, and blue corresponds to relatively long contacts. The red regions observed in the analyzed structure are mainly located in the $Cl \cdots H/H \cdots Cl$ regions, which indicates the strong electrostatic nature of the contacts. These interactions play an important stabilizing role in molecular packaging.

Fingerprint analysis allowed us to determine the quantitative fractions of contacts. According to the calculated results: $H \cdots H=39.3\%$, $C \cdots H/H \cdots C=39.3\%$, $Cl \cdots H/H \cdots Cl=22.8\%$ and $C \cdots C=7.1\%$. The largest percentages correspond to contacts $H \cdots H$ and $C \cdots H/H \cdots C$. This indicates the predominance of van der Waals-type dispersion forces in the crystal lattice.

Fig.4

Fingerprin plots



These forces make a significant contribution to the overall mechanical and spatial stability of the structure, ensuring tight packing between molecules. $\text{Cl}\cdots\text{H}/\text{H}\cdots\text{Cl}$ contacts (22.8%) represent polar hydrogen bonds. They form directed electrostatic interactions in the crystal lattice, stabilizing intermolecular equilibrium. On the contrary, a relatively low proportion of $\text{C}\cdots\text{C}$ contacts (7.1%) π - π indicates a limited stacking interaction, which reduces the vertical assembly of aromatic ring systems. Analysis of the curvature map showed the predominance of low-curvature surfaces, which confirms the presence of smooth intermolecular interfaces and dense molecular arrangement. At the same time, the maps d_i and d_e show that the intermolecular surface distances are in the optimal range, proving that the stability of the structure is ensured by a harmonious combination of dispersed forces and hydrogen bonds.¹

Conclusions

A new manganese(II) coordination complex, $[\text{Mn}(\text{Phen})_2\text{Cl}_2]$, was successfully synthesised using 1,10-phenanthroline as the chelating ligand. Single-crystal X-ray diffraction (SCXRD) analysis established that the complex crystallises in the monoclinic crystal system, with the Mn(II) ion adopting a distorted octahedral coordination geometry formed by four nitrogen atoms from two 1,10-phenanthroline ligands and two chloride ions. Powder X-ray diffraction (PXRD) confirmed the phase purity and high crystallinity of the synthesised compound through the close agreement between the experimental and simulated diffraction patterns. Hirshfeld surface analysis provided valuable insight into the crystal packing, revealing that $\text{H}\cdots\text{H}$, $\text{C}\cdots\text{H}/\text{H}\cdots\text{C}$, and $\text{Cl}\cdots\text{H}/\text{H}\cdots\text{Cl}$ contacts are the dominant intermolecular interactions responsible for stabilising the crystal structure.

1 Mukimova, G. Z., Toshtemirov, A. E., & Saidov, D. K. (2022, January). Synthesis and study of coordination compound of cobalt and nickel succinate with urea. In *Conference XVII Numanov's Readings' Results of innovative research in the field of chemical and technical sciences in the XXI century'Proceedings* (No. INIS-TJ--031, pp. 97-99).



SPECTROSCOPIC, MORPHOLOGICAL, AND ELEMENTAL CHARACTERIZATION OF A BIS

(1,10-PHENANTHROLINE)MANGANESE(II) COMPLEX

**Gulshoda Toirova,
Feruz Narmanova,**
TerSU

Annotation.

In this study, the bis(1,10-phenanthroline) manganese (II) complex - [Mn(Phen)2Cl2] - was synthesised, and its crystal structure and physico-chemical properties were thoroughly analysed using various analytical methods. In the FT-IR spectrum, intense peaks corresponding to C=N bonds and vibrations corresponding to the Mn-N and Mn-Cl coordination bonds were recorded. UV-Vis spectral data revealed d-d transitions and ligand-metal charge transfer (LMCT) processes. The Raman spectrum confirmed the molecular symmetry and binding energies, showing that the complex has a stable phase. Elemental analysis CHNS/O (Thermo Scientific FlashSmart) fully corresponded to the theoretical content. SEM images showed a uniformly distributed, smooth morphology of the nanocrystallites, while EDS and XRF results clearly confirmed the presence of manganese, chlorine, nitrogen, and carbon elements. The obtained results prove that the [Mn(Phen)2Cl2] complex is an ordered crystalline substance, structurally, spectrally, and thermally stable.

Key words:

Manganese(II) complex; 1,10-Phenanthroline; Spectroscopic properties.

Introduction.

MOCs received the most attention among these complexes due to their diverse morphological forms and adjustable pore sizes. These properties make MOCs preferred materials in host-guest chemistry, presenting them in various fields, including catalysis, drug delivery, and sensing, among others. Currently, extensive research is being conducted aimed at synthesising ¹MOCs, regulating molecular pore sizes, and achieving various functions. At the same

time, weak non-covalent intermolecular interactions between MOCs and the resulting supramolecular architectures remain outside systematic generalisation, although works on this topic are regularly published in the literature, which hinders the full disclosure of the potential² of MOCs in the selective adsorption of complex molecules, such as pharmaceutical residues. In the last decade, synthetic pharmaceutical drugs have been widely used to protect humans and animals from various pathogens³. However, some of these species are highly toxic, and their presence in aquatic environments (drinking water, surface waters, groundwater, and wastewater) can pose a potential risk to human health.⁴

The use of various ligands in the process of MOC synthesis is important for achieving structural diversity and improving functional properties. In this study, 1,10-phenanthroline was selected⁵ as the ligand, which is a classical bidentate chelating ligand with strong π -donor and π -acceptor properties through two nitrogen atoms. 1,10-phenanthroline has a broad spectrum of antimicrobial activity against Gram-positive and Gram-negative bacteria, as well as pathogenic fungi.⁶ At the same time, 1,10-phenanthroline and its metal complexes significantly block the replication and transcription of nucleic acids through intercalated binding with DNA. In addition, 1,10-phenanthroline is widely used in the synthesis of co-crystals and organometallic polymers. Its rigid planar structure and expanded π -conjugation system play an important role in crystal engineering through π - π stacking, hydrogen bonds, and other weak interactions.⁷ These properties allow the use of 1,10-phenanthroline-based complexes as fluorescent materials, molecular sensors, catalysts, and substances with magnetic properties. The bis(1,10-phenanthroline) manganese(II) compound, synthesised on the basis of the 1,10-phenanthroline ligand, was identified as a new complex and studied using spectroscopic methods (IR, UV-Vis, Raman).⁸

1 Ruziboyeva, G.S., Turaev, K.K., Kholturaev, K.B.U., Saidov, D.K.U., Ruziev, U.U.U., Ibragimov, A.B., ... & Chellakarungu, B. (2026). An Oxo-Bridged Trinuclear Nickel (II) Cluster Supported by 1, 3, 4-Thiadiazole-2, 5-Diamine: Crystal Structure, Multitechnique Characterization and Antimicrobial Activity. *Journal of Cluster Science*, 37 (2), 45. <https://doi.org/10.1007/s10876-026-03014-1>

2 Ruziboyeva, GS, Turaev, KK, Ugli Kholturaev, KB, Ugli Saidov, DK, Ugli Ruziev, UU, Ibragimov, AB, ... & Ibragimov, AB (2026). A trinuclear oxo-bridged cobalt (II) coordination cluster with 1, 3, 4-thiadiazole-2, 5-diamine: Crystal structure, structural characterization, and antimicrobial activity. *Inorganic Chemistry Communications*, 116694. <https://doi.org/10.1016/j.inoche.2026.116694>

3 ugli Juraev, AS, Khamidjanovich, RA, Prasad, AA, Turaev, KK, ugli Ruziev, UU, ugli Kholturaev, KB, ... & Balakrishnan, C. (2026). Synthesis, crystal structure, supramolecular architecture, and electronic structure analysis of a new iron (III)-EDTA complex salt. *Journal of Molecular Structure*, 146273. <https://doi.org/10.1016/j.molstruc.2026.146273>

4 A.R. Safarov, H. Ferjani, YG.Abou El-Reash, A.B. Ibragimov, Y.R. Takhirov, Kh.Kh. Turaev, D Kh. Saidov, T.A. Yousef, B.Z. Adizov ,Ch. Balakrishnan. Structural, spectroscopic, and Hirshfeld surface analysis of novel zinc(II) complexes with aminobenzoate and thiadiazole units. *Polyhedron* 15 February 2026 <https://doi.org/10.1016/j.poly.2026.118038>

5 ugli Saidov, DK, Turaev, KK, Kumar, A., Kenjayevna, SZ, Ugli Kholturaev, KB, ugli Ruziev, UU, ... & Chellakarungu, B. (2026). Structural elucidation, supramolecular interactions, and antifungal activity of a one-dimensional Cu (II) coordination polymer based on 1, 10-phenanthroline and isonicotinate. *Journal of Solid State Chemistry*, 126074. <https://doi.org/10.1016/j.jssc.2026.126074>

6 Ugli Saidov, DK, Turaev, KK, Kumar, A., Kasimov, S.A., Adizov, B.Z., Yakubov, Y.Y., ... & Ibragimov, A.B. (2026). Synthesis, Structural Characterization, and Antimicrobial Activity of Cadmium (II) Coordination Polymer Derived from 1, 10-Phenanthroline and Tartaric Acid. *Journal of Molecular Structure*, 146200. <https://doi.org/10.1016/j.molstruc.2026.146200>

7 D.Kh. Saidov, Kh.Kh. Turaev, A.B. Ibragimov, G.Kh. Toirova, Kh. Kh. Kulbasheva, Synthesis, thermal, Hirshfeld surface analysis, and spectroscopic properties of a Cd(II) coordination polymer with 1-hydroxy-2-naphthoic acid, *Int. J. Eng. Trends Technol.* 73(7) (2025) 293-307, <https://doi.org/10.14445/22315381/IJETT-V73I7P123>.

8 D.K. Saidov, K.K. Turaev, S.A. Kasimov, A. Kumar, B.Z. Adizov, Y.Y., Yakubov, B.T., Ibragimov, A., Lakshmanan, A.S., Normamatov, B.D. Mamatkodirov, J. Gao, Cd(II)-based 2D coordination polymer with hydroxynaphthoate: Synthesis, DFT insights, and surface analysis, *J. Mol. Struct.* (2025) 145225. <https://doi.org/10.1016/j.molstruc.2025.145225>.

Table 1

Element	Theoretical (%)	Practical (%)	Difference ($\Delta\%$)
C(Carbon)	65.78	65.92	-0.14
H(Hydrogen)	3.65	3.69	-0.04
N(Nitrogen)	12.73	12.85	-0.12

Comparison of theoretical and experimental elemental composition

Results and discussion.

CHNS/O analysis

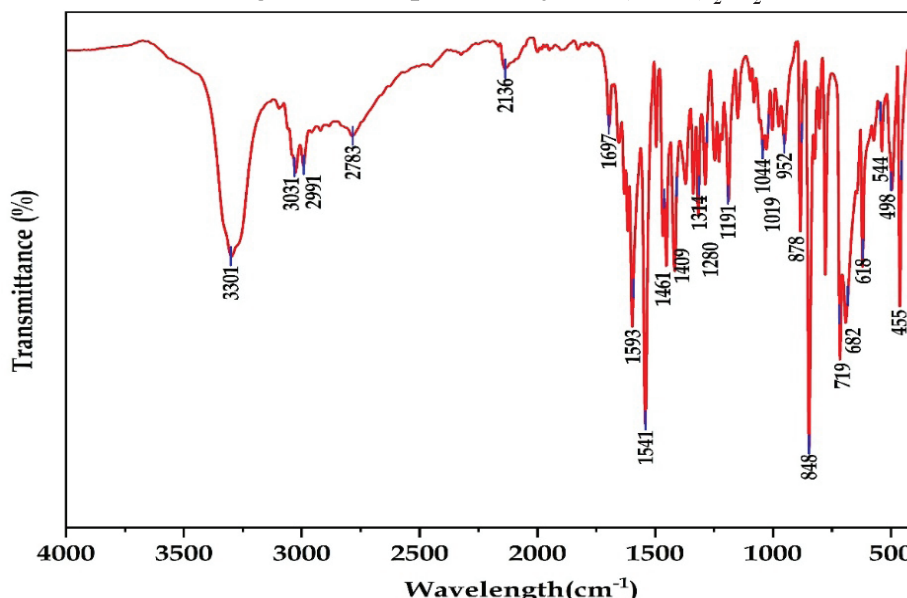
The elemental composition of the synthesised complex with the formula $C_{24}H_{16}Cl_2MnN_4$ was studied using the Thermo Scientific FlashSmart CHNS/O organic element analyser. In the results of elementary analysis, the difference between the experimental and theoretical values does not exceed $\pm 0.3\%$. This confirms the complete compliance of the synthesised complex with the proposed formula and its high purity. The results reliably show the stoichiometric composition of the compound and serve as a solid basis for further spectroscopic and thermal studies (Table 1)

Infrared spectral analysis

The infrared spectrum of the bis(1,10-phenanthroline) manganese (II) chloride complex was analysed in the range of $400\text{--}4000\text{ cm}^{-1}$ using the Perkin-Elmer Spectrum Two FT-IR spectrophotometer. The obtained FT-IR spectrum showed a wide absorption band in the region of 3301 cm^{-1} , which confirms that the stretching vibrations correspond to the -NH group and the presence of an -NH functional group in the molecular structure. The average bands

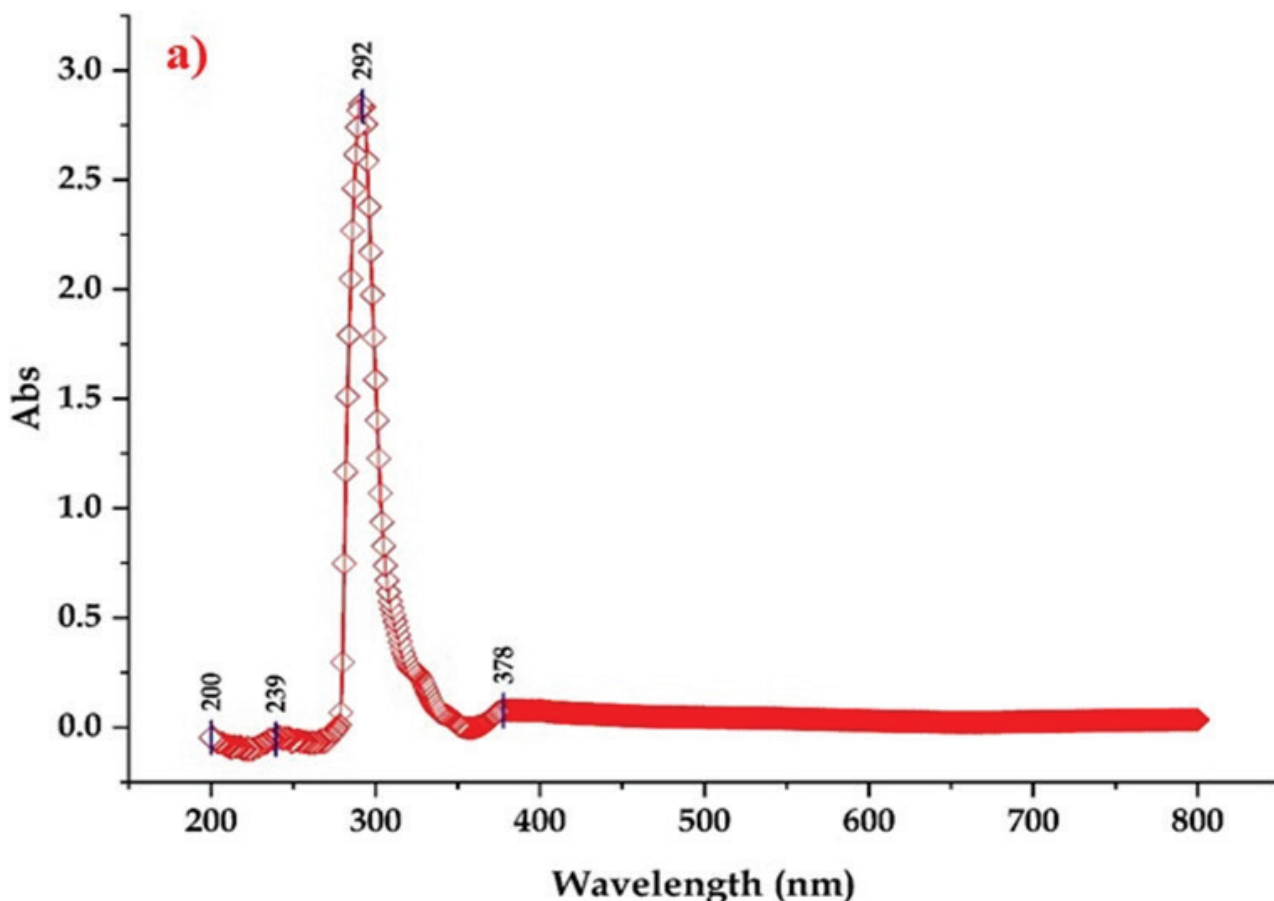
observed in the region of 3031 and 2927 cm^{-1} correspond to aromatic and aliphatic C-H stretching vibrations, respectively. It has been established that the peak of centralised absorption at 1697 cm^{-1} is characteristic of C=N groups containing coordinated nitrogen atoms in the complex, and the sharp lines at 1593 and 1541 cm^{-1} reflect the oscillations of asymmetric stretching of C=C groups in the aromatic skeleton. The peaks at 1593 and 1541 cm^{-1} correspond to the aromatic C=C stretching vibrations of the 1,10-phenanthroline ligand. Also, the lines at 1461 , 1371 , 1280 , 1191 , and 1134 cm^{-1} can reflect, in addition to the plane, C-H and C-N contact vibrations in the aromatic rings of phenanthroline. Absorptions in the low-frequency region indicate metal-chlorine (M-Cl) and metal-nitrogen (M-N) stretching vibrations. In particular, the peaks at 878 , 848 , 719 , 682 , 616 , 545 , 498 , and 455 cm^{-1} correspond to the vibrations of Mn-Cl and Mn-N, which confirms the coordination of the nitrogen atoms of chlorine and phenanthroline to the Mn (II) centre⁹. These spectral data confirm the successful synthesis of the complex and the effective coordination [27, 28] of the 1,10-phenanthroline ligand with the Mn (II) ion (See Figure 1)

Fig. 1

Fig. 1 FT-IR spectrum of $[Mn(Phen)_2Cl_2]$ 

9 Mukimova, G. Z., Toshtemirov, A. E., & Saidov, D. K. (2022, January). Synthesis and study of coordination compound of cobalt and nickel succinate with urea. In *Conference XVII Numanov's Readings' Results of innovative research in the field of chemical and technical sciences in the XXI century' Proceedings* (No. INIS-TJ--031, pp. 97-99).

Fig. 2.
UV-Vis spectra of $[Mn(Phen)_2Cl_2]$



UV spectral analysis

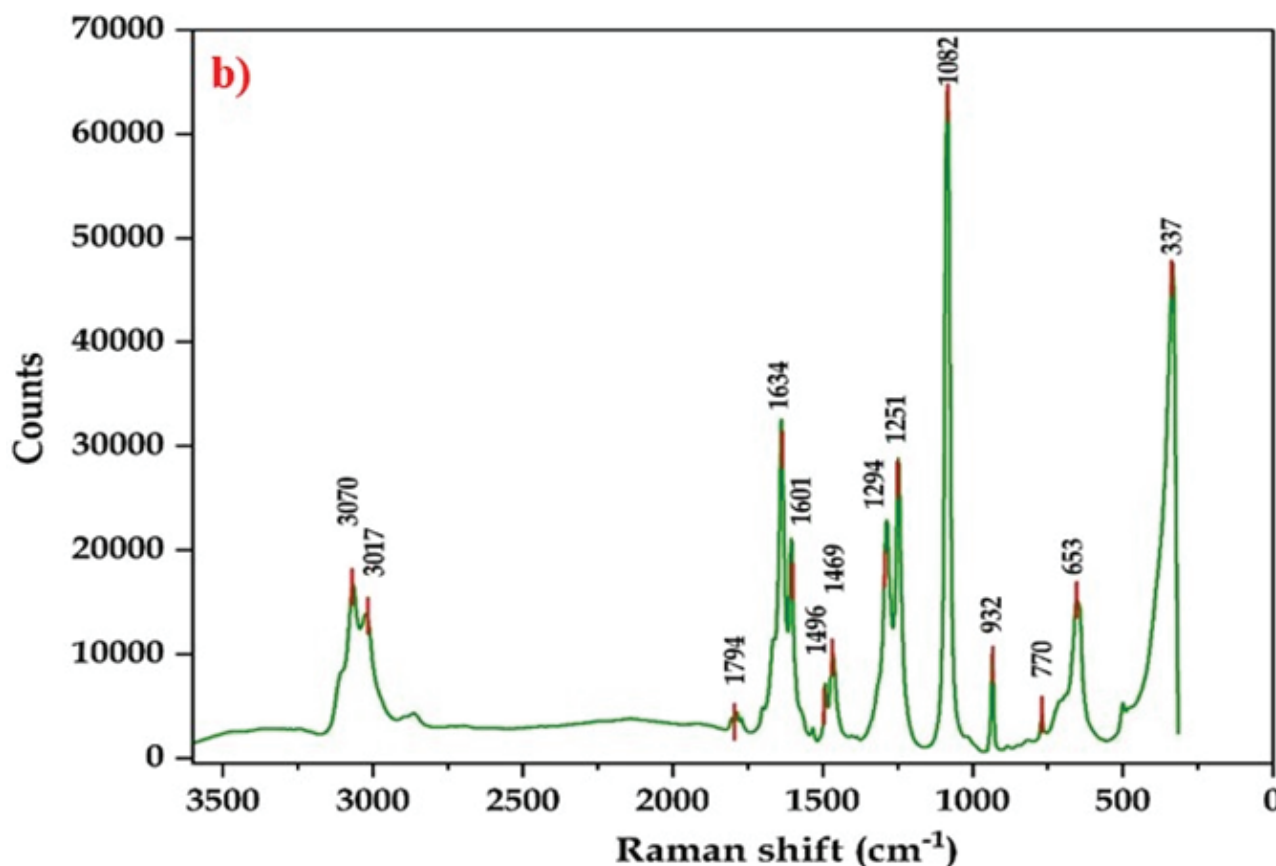
A 0.05 M solution of the $[Mn(Phen)_2Cl_2]$ complex was prepared in 96 % ethanol and studied using a Cary 5000 UV-Vis-NIR spectrophotometer in the range of 200-800 nm (See Figure 2). The obtained spectrum makes it possible to determine the optical properties of the complex and ligand-metal interactions. The clear absorption bands observed in the spectrum at 200, 239, 292, and 378 nm reflect the characteristics of electron transition processes and ligand-metal interactions in the complex. The strong absorption peak, observed at 292 nm, is associated with $\pi \rightarrow \pi^*$ electron transitions in the aromatic rings of the 1,10-phenanthroline ligand and $n \rightarrow \pi^*$ transitions, representing the transition of free electron pairs from nitrogen atoms to the π -system. The absorption bands observed at 200 and 239 nm belong to the $n \rightarrow \pi^*$ transitions, representing the transition of free electron pairs from nitrogen or oxygen atoms in the ligand to the π -system. The relatively weak absorption band, observed

around 378 nm, corresponds to d-d electron transitions in the Mn (II) centre, which indicates the coordination of the metal ion with 1,10-phenanthroline ligands. The obtained spectroscopic results clearly confirm the successful synthesis of the complex and the effective coordination of the 1,10-phenanthroline ligand with the Mn (II) ion.

Raman spectral analysis

The FT-Raman spectrum of the $[Mn(Phen)_2Cl_2]$ complex, with characteristic vibrational lines confirming its coordination medium and structural integrity, is presented (See Figure 3). Wide bands around 3070, 3017, and 2872 cm^{-1} are characteristic of aromatic ν (C-H) vibrations of 1,10-phenanthroline and are observed as a result of the coordination effect. The bands in the range of 1634-1469 cm^{-1} are characteristic of the C=C and C-N stretching vibrations within the aromatic rings of phenanthroline.

Fig. 3.
FT-Raman spectrum of $[\text{Mn}(\text{Phen})_2\text{Cl}_2]$.



The shift of C=N oscillations to a lower frequency indicates that the ligand is coordinated to the Mn (II) centre through nitrogen atoms. Strong peaks at 1082 cm^{-1} and 932 and 770 cm^{-1} correspond to the circular expansion-constriction vibration of phenanthroline. The peak at the lowest frequency of 337 cm^{-1} indicates stretching vibrations of Mn-Cl and confirms the presence of chloride ligands in the complex. Raman analysis confirms that in the $[\text{Mn}(\text{Phen})_2\text{Cl}_2]$ complex, phenanthroline ligands are coordinated to the Mn (II) centre through N-donor atoms and bonded to Cl⁻ anions.

SEM-EDS

The $[\text{Mn}(\text{Phen})_2\text{Cl}_2]$ complex's microstructure and morphology were investigated using a JEOL JSM-IT210 scanning electron microscope. Observations were performed at an accelerating voltage of 3-10 kV with a magnification range of 5-100 μm , enabling both overall structural examination and analysis of nanoscale features. To reduce surface charging and enhance image quality, the sample was coated with a thin platinum layer. These settings produced high-resolution images that clearly illustrated the

complex's morphological and microstructural traits. The elemental composition and distribution were analyzed via energy dispersive spectroscopy (EDS) with an Oxford Instruments InTouchScope™ system, using a 20 kV accelerating voltage and a 50-second acquisition time to achieve optimal spectral resolution. Elemental mapping and point analyses were conducted to identify and quantify both major and minor elements within the sample. The SEM images (See Figure 4) of the $[\text{Mn}(\text{Phen})_2\text{Cl}_2]$ complex reveal a heterogeneous, layered, and partially porous surface. At high magnification, the material exhibits irregular, uneven structural elements, fragmented particles, and microscopic pits and holes, indicating microscale porosity as well as a layered morphology resulting from the coordination between the ligand and the metal ions. At lower magnification, the overall macroscopic structure of the complex becomes apparent, showing elongated, cylindrical, or lenticular aggregates, with interconnected particles and surface unevenness, reflecting heterogeneity in crystal growth.

The EDS analysis of the complex provides comprehensive insight into its elemental composition, surface distribution, and structural features. The spectrum displays distinct peaks corresponding to Mn, Cl, C, and N,

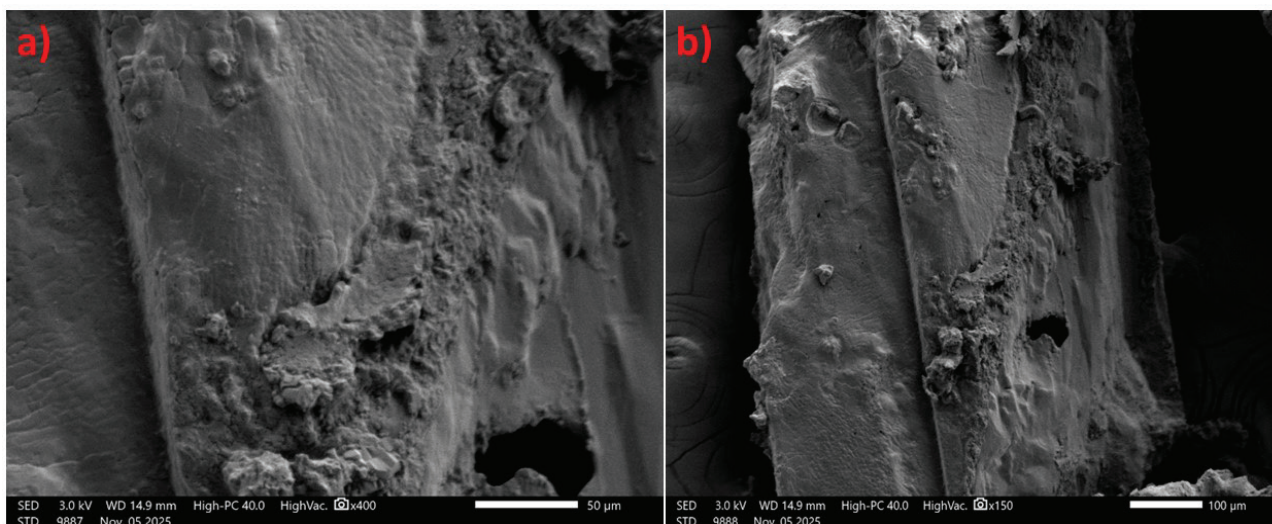
Table 2.

Element	Line	Mass%	Atom%
C	K	56.84	57.77
N	K	14.84	15.17
Cl	K	13.67	16.01
Mn	K	14.65	11.05
Total		100	100

Elemental composition of the sample based on EDS analysis, expressed in weight and atomic percentages.

Fig.4.

SEM images of the $[Mn(Phen)_2Cl_2]$ complex at magnifications of (a) 400x and (b) 150x



confirming the presence of the main components of the complex. Carbon and nitrogen, accounting for approximately 57.77 at.% and 15.17 at.% (56.84 wt.% and 14.84 wt.%), correspond to the phenanthroline ligand, while chlorine, at around 16.01 at.% (13.67 wt.%), represents the chloride ions within the complex. Manganese constitutes about 11.05 at.% (14.65 wt.%), confirming the central Mn^{2+} ion and suggesting its relatively uniform surface distribution. (Table 2.) The relative intensities and distribution of these elements are consistent with the heterogeneous, layered surface morphology observed by SEM, further supporting the structural integrity of the material and its associated high adsorption capacity and potential catalytic activity.¹

Conclusions:

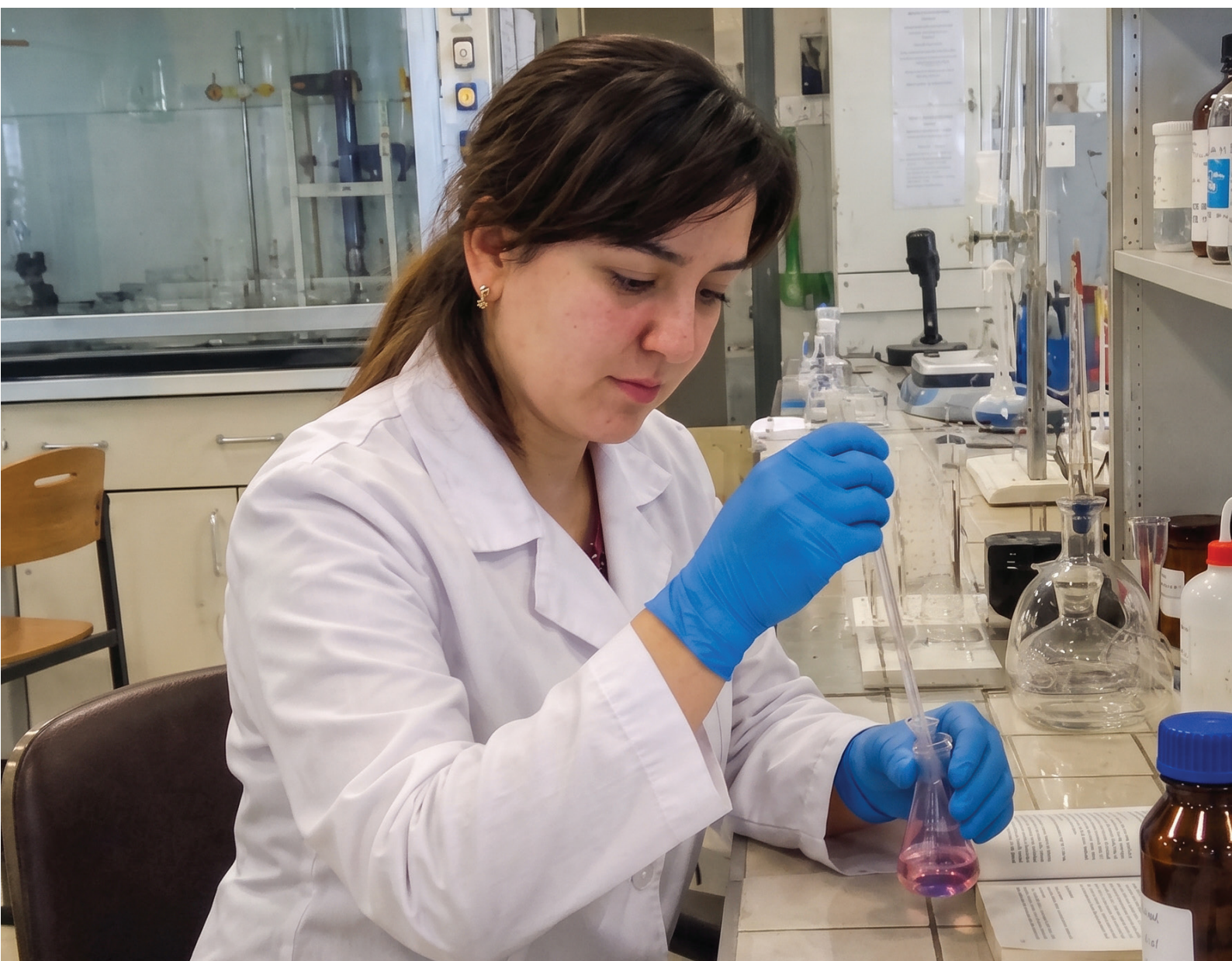
A new manganese(II) coordination complex, $[Mn(Phen)_2Cl_2]$, based on the 1,10-phenanthroline ligand was successfully synthesised and comprehensively characterised using complementary physicochemical techniques. FT-IR, Raman, and UV-Vis spectroscopic analyses confirmed the coordination of the 1,10-phenanthroline ligand to the Mn(II) centre and verified the characteristic structural features of the complex. SEM-EDS analysis revealed a well-defined rod-like crystalline morphology together with a homogeneous distribution of the constituent elements, confirming the compositional uniformity of the synthesised material. The combined experimental results demonstrate the successful formation of the title complex and provide a reliable basis for understanding its structural and physicochemical characteristics.

¹ C. Lin, X. Xie, C. Li, Q. Yan, $CoO_2 \cdot 5ZnO \cdot 5Fe_2O_4 / Ag_3PO_4$: a magnetic, highly efficient visible-light photocatalyst and the Z-scheme mechanism for removal of anionic dye and tetracycline hydrochloride, Mater. Sci. Semicond. Process 82 (2018) 46–53, <https://doi.org/10.1016/j.mssp.2018.03.027>

TOLUIDIN HOSILALARI ASOSIDA
AZOT SAQLOVCHI BIRIKMALAR SINTEZI
VA ULARNING

FTIR HAMDA GC-MS USULLARIDA IDENTIFIKATSIYASI

Komila Xamrayeva, tayanch doktorant,
Gulnoza Xoliqova, tayanch doktorant,
Abduaxad Kodirov, DSc, dotsent, Qarshi davlat universiteti



Annotatsiya.

Ushbu tadqiqotda m-toluidin va benzaldegid asosidagi ko'p komponentli reaksiya mahsulotlari sintez qilindi va spektral usullar yordamida tavsiflandi. Reaksiya sirka kislotali, kaliy sianid va etanol muhitida olib borildi. Olingan mahsulot xloroform yordamida ekstraksiya qilinib, sariq kristall modda holida ajratib olindi. Mahsulotning tuzilishi FTIR va GC-MS usullari yordamida o'rganildi. Spektral tahlillar natijasida kutilgan aminonitril o'rniga Schiff bazasi tipidagi imin hosil bo'lgani aniqlandi. Moddaning suyuqlanish harorati 89,8–91,4 °C ni tashkil etdi. Olingan natijalar reaksiya muhitining mahsulot hosil bo'lish jarayoniga sezilarli ta'sir ko'rsatishini tasdiqladi.

Kalit so'zlar:

m-toluidin, benzaldegid, Schiff bazasi, imin, FTIR, GC-MS, azot

Krish.

Azot saqlovchi organik birikmalar organik sintez, farmatsevtik kimyo va biologik faol moddalar yaratish soha-larida muhim ahamiyatga ega. Ayniqsa, aromatik aminlar va aromatik aldegidlar asosida hosil bo'ladigan Schiff bazalari hamda aminonitrillar turli biologik faol birikmalar, dori vositalari va geterotsiklik tizimlar sintezi uchun qimmatli substratlar hisoblanadi. Shu sababli bunday birikmalarni olishning samarali usullarini ishlab chiqish va reaksiya mexanizmlarini chuqur o'rganish zamonaviy organik kimyoning dolzarb masalalaridan biri bo'lib qolmoqda.

So'nggi yillarda Strecker reaksiyasi asosida aminonitrillar olish bo'yicha ko'plab tadqiqotlar olib borilgan bo'lsa-da, reaksiya sharoitlarining mahsulot tarkibiga ta'siri to'liq o'rganilmagan. Xususan, aromatik aminlar, aldegidlar va sianid manbalari ishtirokidagi reaksiyalarda kutilgan aminonitril mahsulotlari o'rniga ayrim hollarda oraliq Schiff bazalari hosil bo'lishi kuzatiladi. Bunday holatlar reaksiya muhitining tabiati, erituvchi, katalizator va reagentlar nisbatiga bog'liq bo'lib, mahsulot hosil bo'lish mexanizmini aniqlash ilmiy jihatdan muhim hisoblanadi.

Mazkur tadqiqotning muammosi m-toluidin, benzaldegid va kaliy sianid ishtirokida olib borilgan reaksiyada kutilgan aminonitril hosilasining hosil bo'lmashligi hamda reaksiya mahsulotining haqiqiy tarkibini aniqlash zarurati bilan bog'liqdir. Reaksiya natijasida olingan mahsulotning tuzilishini aniqlash va uning hosil bo'lishiga ta'sir etuvchi omillarni baholash tadqiqotning asosiy ilmiy masalasini tashkil etadi. Tadqiqotning maqsadi m-toluidin va benzaldegid asosidagi ko'p komponentli reaksiyada hosil bo'lgan mahsulotni sintez qilish, uning fizik-kimyoviy xossalarini

aniqlash hamda FTIR va GC-MS usullari yordamida tuzilishini tavsiflashdan iborat.

Ushbu maqsadga erishish uchun quyidagi vazifalar belgilandi:

- m-toluidin va benzaldegid asosida ko'p komponentli reaksiyani amalga oshirish;
- reaksiya mahsulotini ekstraksiya va kristallash usullari yordamida ajratib olish;
- olingan moddaning suyuqlanish haroratini aniqlash;
- mahsulotning FTIR spektrini tahlil qilish va funksional guruhlarni aniqlash;
- GC-MS usuli yordamida mahsulotning molekulyar tarkibini o'rganish;
- olingan natijalarni adabiyot ma'lumotlari bilan solishtirish;
- reaksiya natijasida hosil bo'lgan mahsulotning ehtimoliy hosil bo'lish mexanizmini izohlash.

Tadqiqotning ilmiy yangiligi shundan iboratki, m-toluidin, benzaldegid va kaliy sianid ishtirokidagi reaksiyada kutilgan aminonitril hosilasi o'rniga Schiff bazasi tipidagi mahsulot hosil bo'lishi FTIR va GC-MS usullari yordamida aniqlanib, reaksiya muhitining mahsulot hosil bo'lishi jarayoniga ta'siri baholanadi.

Adabiyotlar tahlili.

So'nggi yillarda aromatik aminlar asosida azot saqlovchi organik birikmalar sintezi organik kimyo, farmatsevtik kimyo va biologik faol moddalar texnologiyasining jadal rivojlanayotgan yo'nalishlaridan biri sifatida e'tirof etilmoqda¹. Ayniqsa, aromatik aminlarning karbonil birikmalar bilan kondensatsiyalanishi natijasida hosil bo'ladigan iminlar (Schiff bazalari) hamda ularning keyingi transformatsiyalari natijasida olinadigan aminonitrillar ko'plab ilmiy tadqiqotlarning markazida bo'lib kelmoqda². Bunga sabab ushbu birikmalarning biologik faolligi, koordinatsion qobiliyati va murakkab geterotsiklik tizimlar sintezidagi ahamiyatidir.

2020-2025 yillarda chop etilgan ilmiy ishlarda aromatik aminlar va aromatik aldegidlar asosida hosil bo'ladigan azometin hosilalarining elektron tuzilishi, reaktivligi hamda fizik-kimyoviy xossalariga alohida e'tibor qaratilgan³. Tadqiqotchilar tomonidan aniqlanishicha, aromatik halqadagi elektron donor va elektron akseptor guruhlar hosil bo'layotgan C=N bog'ining barqarorligi hamda reaksiya yo'nalishiga sezilarli ta'sir ko'rsatadi⁴. Metil guruhi

1 Abdel-Rahman L.H., Abu-Dief A.M. New trends in Schiff base chemistry and their applications // Journal of Molecular Structure. – 2021. – Vol. 1224. – P. 129145.

2 Yadav P., Singh A., Kumar S. Recent advances in the synthesis and applications of Schiff bases // Current Organic Synthesis. – 2021. – Vol. 18(4). – P. 456–472.

3 Kaur H., Singh G. Recent developments in Strecker reaction and aminonitrile synthesis // Organic Preparations and Procedures International. – 2022. – Vol. 54(3). – P. 211–230.

saqlovchi toluidin izomerlari esa elektron donor xususiyatga ega bo'lgani sababli kondensatsiya reaksiyalarining kinetikasi va hosil bo'layotgan mahsulotlarning spektral tavsifiga bevosita ta'sir etadi. Zamonaviy adabiyotlarda Strecker reaksiyasi asosida α -aminonitrillar olish masalasi ham keng yoritilgan⁴. Ushbu reaksiyada amin, karbonil birikma va sianid manbai ishtirokida yangi C–C bog'i hosil bo'lib, aminonitril strukturalari shakllanadi. So'nggi yillarda reaksiya unumdorligini oshirish maqsadida organokatalizatorlar, ion suyuqliklar, mikroto'liqlik nurlanish va ultratovush texnologiyalaridan foydalanishga oid tadqiqotlar olib borilgan⁵. Biroq ko'plab mualliflar ayrim hollarda reaksiya aminonitril hosil bo'lish bosqichiga o'tmasdan, oraliq imin hosilalari hosil bo'lish bosqichida to'xtab qolishini qayd etganlar.

2021–2024 yillarda olib borilgan tadqiqotlar natijalariga ko'ra, reaksiya muhiti, erituvchi tabiati, proton donor komponentlar va reaksiyon aralashmadagi namlik miqdori Strecker jarayonining selektivligiga sezilarli darajada ta'sir qilishi aniqlangan. Xususan, etanol muhitida olib borilgan ayrim reaksiyalarda oraliq Schiff bazalarining nisbatan yuqori barqarorlikka ega bo'lishi kuzatilgan⁶. Natijada sianid ionining imin uglerod atomiga nukleofil hujumi sekinlashib, yakuniy aminonitril hosil bo'lish darajasi kamayishi mumkinligi ta'kidlangan.

So'nggi yillarda FTIR va GC-MS usullaridan foydalanib aromatik iminlarning tuzilishini aniqlash bo'yicha ko'plab ilmiy ishlar bajarilgan⁶ FTIR spektrlarida 1580–1650 cm^{-1} oralig'idagi C=N bog'iga mos yutilish chiziqlari, aromatik halqalarga tegishli 1450–1600 cm^{-1} diapazonidagi tebranishlar hamda C–N bog'lariga xos 1200–1350 cm^{-1} oralig'idagi signallar ushbu sinf birikmalari uchun asosiy diagnostik belgilar sifatida ko'rsatib o'tilgan⁷. Shu bilan birga, aminonitril hosilalarida 2200–2260 cm^{-1} diapazonida nitril guruhiga tegishli kuchli yutilish chizig'ining mavjudligi asosiy identifikatsiya mezonlaridan biri sifatida qayd etilgan. GC-MS usuli yordamida olib borilgan tadqiqotlar aromatik iminlarning molekulyar ionlari hamda ularning fragmentatsiya qonuniyatlarini aniqlash imkonini bergan.⁸

Mualliflar tomonidan benzil fragmentlari hosil

bo'lishi va aromatik halqa fragmentatsiyasi imin strukturalarini tasdiqlovchi asosiy mass-spektral belgilar sifatida tavsiflangan.⁹ Shu sababli FTIR va GC-MS ma'lumotlarining birgalikdagi tahlili azot saqlovchi aromatik birikmalar tuzilishini ishonchli aniqlash imkonini beradi. Mualliflarning avvalgi tadqiqotlarida orto-toluidin va benzaldegid asosida solventsiz sharoitda aminonitril hosilalarini sintez qilish imkoniyati o'rganilgan. Tadqiqot natijalariga ko'ra, reaksiya ikki bosqichda – dastlab Schiff bazasi hosil bo'lishi va keyinchalik sianid ionining nukleofil qo'shilishi orqali amalga oshishi aniqlangan.¹⁰ Infraqizil spektroskopiya natijalarida 2230 cm^{-1} atrofidagi yutilish chizig'i nitril guruhining mavjudligini tasdiqlagan va maqsadli aminonitril hosilasi olinganligi ko'rsatilgan. Respublikamiz olimlari tomonidan ham azot saqlovchi organik birikmalar sintezi va ularning spektral tadqiqotlariga bag'ishlangan izlanishlar olib borilmoqda. Adabiyotlar tahlili shuni ko'rsatadiki, toluidin hosilalari ishtirokidagi ko'p komponentli reaksiyalar bo'yicha sezilarli hajmdagi tadqiqotlar mavjud bo'lishiga qaramay, m-toluidin, benzaldegid va sianid manbai ishtirokidagi reaksiyalarda mahsulot hosil bo'lish mexanizmi hamda reaksiya muhitining ta'siri yetarli darajada o'rganilmagan.

Tadqiqot metodologiyasi.

Tadqiqot ishida m-toluidin va benzaldegid asosida azot saqlovchi organik birikma sintezi amalga oshirildi hamda hosil bo'lgan mahsulotning tuzilishi zamonaviy fizik-kimyoviy tahlil usullari yordamida o'rganildi. Tadqiqot eksperimental yondashuv asosida olib borilib, sintez, ajratish, tozalash va spektral identifikatsiya bosqichlarini o'z ichiga oldi. Dastlab 0,0061 mol m-toluidin va ekvimolyar miqdordagi benzaldegid reaksiyon idishga joylashtirildi. Reaksiyon aralashmaga katalitik miqdorda sirka kislotasi tomchilatib qo'shildi va aralashtirish davom ettirildi. Shundan so'ng kaliy sianid hamda 5 ml etanol erituvchi sifatida qo'shib, reaksiya ma'lum vaqt davomida olib borildi. Reaksiya yakunlangach, hosil bo'lgan aralashma xloroform yordamida ekstraksiya qilindi. Organik qatlam ajratilib, erituvchi bug'latildi va sariq rangli kristall modda ajratib olindi.

4 Ali M., Khan R., Ahmad S. Spectroscopic characterization of aromatic imines derived from substituted anilines and benzaldehydes // Journal of Molecular Structure. – 2022. – Vol. 1258. – P. 132641.

5 Abdel-Rahman L.H., Abu-Dief A.M. New trends in Schiff base chemistry and their applications // Journal of Molecular Structure. – 2021. – Vol. 1224. – P. 129145.

6 Yadav P., Singh A., Kumar S. Recent advances in the synthesis and applications of Schiff bases // Current Organic Synthesis. – 2021. – Vol. 18(4). – P. 456–472.

7 Kaur H., Singh G. Recent developments in Strecker reaction and aminonitrile synthesis // Organic Preparations and Procedures International. – 2022. – Vol. 54(3). – P. 211–230.

8 Ali M., Khan R., Ahmad S. Spectroscopic characterization of aromatic imines derived from substituted anilines and benzaldehydes // Journal of Molecular Structure. – 2022. – Vol. 1258. – P. 132641.

9 Alharbi Vol. 28(7). – P. 3158.

10 Kumar R., Verma S. Structural elucidation of imine compounds using FTIR and mass spectrometry // Journal of Molecular Liquids. – 2023. – Vol. 372. – P. 121127.

Olingan mahsulotning fizik xossalarini aniqlash maqsadida suyuqlanish harorati avtomatik suyuqlanish haroratini aniqlash qurilmasida o'lcandi. Tajriba natijasida moddaning suyuqlanish harorati 89,8–91,4 °C oralig'ida ekanligi aniqlandi. Ushbu ko'rsatkich mahsulotning nisbatan individual modda ekanligini tasdiqladi.

Mahsulot tarkibidagi funksional guruhlarini aniqlash uchun Fyurje-transformatsion infraqizil spektroskopiya (FTIR) usulidan foydalanildi. FTIR spektrlari asosida modda tarkibidagi aromatik halqa, C–N va azometin (C=N) fragmentlariga mos keluvchi yutilish chiziqlari tahlil qilindi. Olingan natijalar adabiyot ma'lumotlari bilan taqqoslandi va mahsulotning ehtimoliy tuzilishi baholandi. Mahsulotning molekulyar tarkibini aniqlashtirish maqsadida gaz xromatografiyasi–massa spektrometriya (GC-MS) usuli qo'llanildi. GC-MS tahlili natijasida mahsulotning ushlanish vaqti (retention time), molekulyar ion piki hamda asosiy fragmentatsiya ionlari aniqlanib, kutubxona ma'lumotlari bilan solishtirildi. Olingan mass-spektral natijalar moddaning Schiff bazasi tipidagi birikma ekanligini ko'rsatdi.

Tadqiqot davomida olingan FTIR, GC-MS va suyuqlanish harorati natijalari o'zaro solishtirildi hamda reaksiya mahsulotining tuzilishini aniqlash uchun kompleks tahlil qilindi. Natijalarning ishonchligini oshirish maqsadida spektral ma'lumotlar zamonaviy ilmiy adabiyotlarda keltirilgan ma'lumotlar bilan qiyosiy baholandi. Shu asosda reaksiya jarayonida kutilgan aminonitril hosil bo'lishi o'rniga Schiff bazasi hosil bo'lishi ehtimoliy jihatdan asoslandi.

Tahlil va natijalar

m-Toluidin, benzaldegid va kaliy sianid ishtirokidagi reaksiya natijasida sariq rangli kristall modda olindi. Reaksiya etanol muhitida sirka kislotasi katalizatorligida olib borildi. Mahsulot xloroform yordamida ekstraksiya qilinib, erituvchi bug'latilgandan so'ng kristall holatda ajratib olindi. Olingan moddaning fizik holati va spektral tavsifi uning tuzilishini aniqlash imkonini berdi.

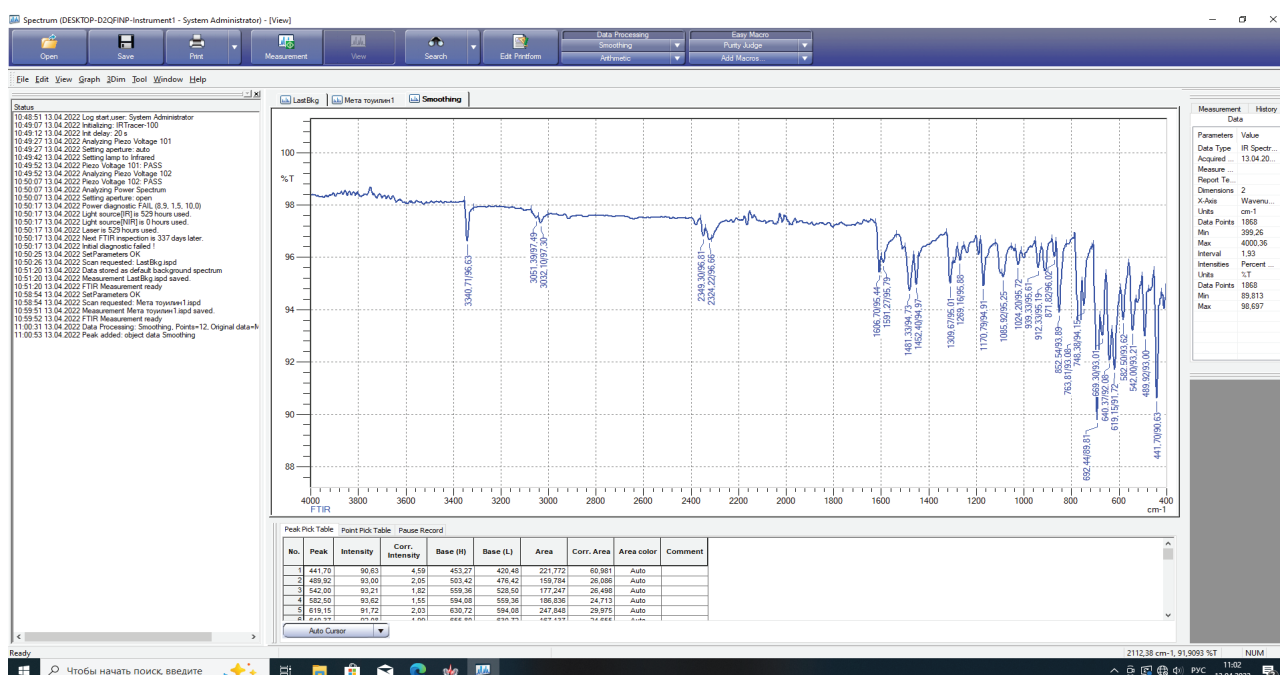
Sintez qilingan mahsulotning suyuqlanish harorati 89,8–91,4 °C oralig'ida ekanligi aniqlandi. Suyuqlanish intervalining nisbatan tor bo'lishi olingan moddaning ma'lum darajada tozaligini va individual birikma ekanligini ko'rsatadi. Mahsulotning FTIR spektri tahlil qilinganda 3340 cm^{-1} sohada N–H guruhi uchun xarakterli yutilish chizig'i kuzatildi. 3032–3051 cm^{-1} diapazonida aromatik C–H bog'lariga tegishli signallar qayd etildi. 1606 va 1591 cm^{-1} sohalardagi intensiv yutilishlar aromatik halqa tebranishlari hamda azometin fragmentining mavjudligini ko'rsatadi.

1481 va 1452 cm^{-1} diapazonidagi signallar aromatik skelet tebranishlariga mos keladi. 1309–1170 cm^{-1} oralig'idagi yutilishlar esa C–N bog'larining mavjudligini tasdiqlaydi. 763 va 748 cm^{-1} da kuzatilgan signallar metasubstitutsiyalangan benzol halqasiga xos tebranishlar sifatida baholandi.

FTIR spektrida aminonitrillar uchun xarakterli bo'lgan 2200–2260 cm^{-1} diapazonidagi C≡N guruhi yutilish chizig'i kuzatilmadi. Mazkur holat reaksiya natijasida kutilgan aminonitril hosilasining hosil bo'lmaganligini ko'rsatadi. Spektral ma'lumotlar mahsulot tarkibida azometin (C=N)

1-rasm.

Sintez qilingan birikmaning FTIR spektri



Sintez qilingan mahsulotning GC-MS tahlili natijalari.

Pik №	Ushlanish vaqti, min	m/z (asosiy ionlar)	Molekulyar massa	Aniqlangan birikma
1	9,559	195, 91, 77, 65	195	Benzenamin, 4-metil-N-(fenilmetilen)-
2	9,559	91	-	Benzil fragmenti
3	9,559	77	-	Fenil fragmenti
4	9,559	65	-	Aromatik fragment

fragmenti saqllovchi birikma hosil bo'lganligini taxmin qilish imkonini berdi.

Mahsulotning molekulyar tarkibini aniqlashtirish maqsadida GC-MS tahlili amalga oshirildi. Xromatogrammada asosiy pik 9,559 minut ushlanish vaqtida kuzatildi. Massa-spektral tahlil natijasida molekulyar ion piki $m/z = 195$ qiymatida qayd etildi. Kutubxona ma'lumotlari bilan solishtirish natijasida ushbu signal Benzenamin, 4-metil-N-(fenilmetilen)- tarkibli birikmaga mos kelishi aniqlandi. Shuningdek, $m/z = 91, 77$ va 65 qiymatlaridagi fragment ionlari aromatik tizimning parchalanish mahsulotlari sifatida identifikatsiya qilindi.

GC-MS natijalari FTIR ma'lumotlari bilan to'liq mos kelib, reaksiya natijasida Schiff bazasi tipidagi imin hosil bo'lganligini tasdiqladi. Reaksiya uchun kaliy sianid qo'llangan bo'lishiga qaramasdan, aminonitril hosil bo'lishi kuzatilmadi. Buni reaksiya muhitida hosil bo'lgan iminning nisbatan yuqori barqarorligi, sianid ionining nukleofil qo'shilish bosqichining sekin kechishi yoki reaksiya sharoitlarining aminonitril hosil bo'lishi uchun yetarli darajada qulay bo'lmaganligi bilan izohlash mumkin. Olingan natijalar shuni ko'rsatdiki, m-toluidin va benzaldegid asosidagi reaksiyalarda mahsulot hosil bo'lish yo'nalishi reaksiya muhiti va sharoitlariga sezilarli darajada bog'liq bo'ladi. FTIR va GC-MS ma'lumotlarining kompleks tahlili natijasida sintez qilingan moddaning Schiff bazasi tabiatiga ega ekanligi aniqlandi hamda aminonitril hosil bo'lishining amalga oshmaganligi ilmiy jihatdan asoslab berildi.

Xulosa va takliflar.

Ushbu tadqiqotda m-toluidin va benzaldegid asosida kaliy sianid ishtirokida ko'p komponentli reaksiya amalga oshirildi. Reaksiya etanol muhitida sirka kislotasi katalizatorligida olib borilib, mahsulot xloroform yordamida ekstraksiya qilindi va sariq rangli kristall modda holida ajratib olindi.

Olingan mahsulotning fizik-kimyoviy xossalari FTIR va GC-MS usullari yordamida o'rganildi. FTIR spektrida aromatik halqa, N-H va C-N bog'lariga xos yutilish chiziqlari kuzatildi, biroq aminonitril hosilalari uchun xarakterli bo'lgan $C\equiv N$ guruhining yutilish sohasi aniqlanmadi. GC-MS tahlili natijasida asosiy pikning molekulyar massasi 195 g/mol ekanligi va mahsulot

Benzenamin, 4-metil-N-(fenilmetilen)- tarkibli Schiff bazasi tipidagi birikmaga mos kelishi aniqlandi.

Tadqiqot natijalari shuni ko'rsatdiki, tanlangan reaksiya sharoitlarida kutilgan aminonitril hosilasi emas, balki imin tabiatiga ega bo'lgan mahsulot hosil bo'lgan. Bu holat reaksiya yo'nalishining erituvchi muhiti, reagentlar nisbati va reaksiya sharoitlarga sezilarli darajada bog'liqligini ko'rsatadi.

Olingan natijalar asosida quyidagi takliflar beriladi:

- aminonitril hosil bo'lish mexanizmini chuqurroq o'rganish maqsadida reaksiya turli erituvchilar muhitida takroran olib borilishi;
- kaliy sianid miqdori va reaksiya haroratining mahsulot tarkibiga ta'siri alohida tadqiq qilinishi;
- hosil bo'lgan mahsulot tuzilishini yanada aniqroq tasdiqlash uchun 1H NMR va ^{13}C NMR tahlillari o'tkazilishi;
- m-toluidin asosidagi boshqa aromatik aldegidlar bilan reaksiyalarni o'rganish orqali yangi azot saqllovchi birikmalar olish imkoniyatlarini baholash;
- sintez qilingan Schiff bazasi hosilasining biologik va kompleks hosil qiluvchi xossalarini tadqiq etish.

DIETANOLAMINNING KARBONIL BIRIKMALAR BILAN REAKSIYALARI

(Tahliliy sharh)

Choriyor Usmanov,

“Shurtan gaz kimyo majmuasi” MChJ Ekoanalitik laboratoriyasi boshlig'i

Sunnatillo Salimov,

O'zbekiston Milliy universiteti Organik va neft-gaz kimyo kafedrasida o'qituvchisi

Tursunali Xoliqov,

O'zbekiston Milliy universiteti Organik va neft-gaz kimyo kafedrasida mudiri, k.f.d.

(DSc), professor,

Suvonqul Nurmanov,

O'zbekiston Milliy universiteti Organik va neft-gaz kimyo kafedrasida professori,

t.f.d. (DSc)

Annotatsiya

Maqolada dietanolaminning aldegid va ketonlar bilan o'zaro ta'sir reaksiyalarining mexanizmlari hamda sintez qilish imkoniyatlari, jarayonda amin (-NH-) va gidroksil (-OH) guruhlarining karbonil markazlariga nukleofil birikishi, oksazolidin halqasi hosil bo'lish qonuniyatlari tahlil qilingan. Turli katalizatorlar ishtirokida, erituvchisiz, mikroto'liqlik sharoitlarida reaksiyalarni o'tkazish metodologiyasi keltirilgan, sintez qilingan moddalarning amaliy istiqbollari baholangan.

Аннотация

В статье проанализированы механизмы и синтетические возможности реакций взаимодействия диэтаноламина с альдегидами и кетонами. Особое внимание уделено процессам нуклеофильного присоединения амино- (-NH-) и гидроксильных (-OH) групп к карбонильным центрам с последующей

Kalit so'zlar:

dietanolamin, karbonil birikmalar, nukleofil birikish, oksazolidinlar, halqalanish, sirt faol moddalar.



циклизацией в оксазолидиновые системы. Проведен сравнительный анализ методологий проведения реакций в присутствии катализаторов, в условиях без растворителей и при микроволновом активировании, а также оценены практические перспективы полученных соединений.

Ключевые слова:

диэтаноламин, карбонильные соединения, нуклеофильное присоединение, оксазолидины, циклизация, поверхностно-активные вещества.

Abstract

This review article analyzes the mechanisms and synthetic potentials of the interaction reactions of diethanolamine with aldehydes and ketones. Particular attention is paid to the nucleophilic addition of amino (-NH-) and hydroxyl (-OH) groups to carbonyl centers, followed by cyclization into oxazolidine systems. A comparative evaluation of reaction methodologies conducted in the presence of catalysts, under solvent-free conditions, and via microwave-assisted activation is presented, and the practical perspectives of the obtained compounds are evaluated.

Key words:

diethanolamine, carbonyl compounds, nucleophilic addition, oxazolidines, cyclization, surfactants.

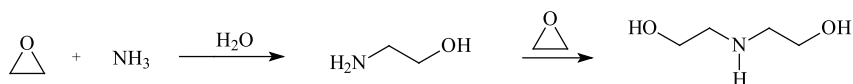
Kirish

Etanolaminlar, xususan monoetanolamin (MEA), diaetanolamin (DEA) va trietanolamin (TEA) 1940-yillardan boshlab, etilen oksidi ishlab chiqarishning sanoat miqyosida kengayishi natijasida kimyoviy oraliq mahsulotlar sifatida strategik ahamiyatga ega boʻlib kelmoqda^{1,2}. Sanoatda ushbu

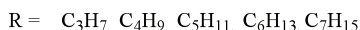
birikmalar ammiakning etilen oksidi bilan oʻzaro reaksiyasi natijasida (aminlash jarayoni) sintez qilinadi va bu texnologik jarayon odatda uchala etanolaminning aralashmasini hosil boʻlishi bilan boradi. Soʻngra ushbu komponentlar fraksiyal distillash orqali bir-biridan 99% gacha tozalikda ajratiladi^{3,4}.

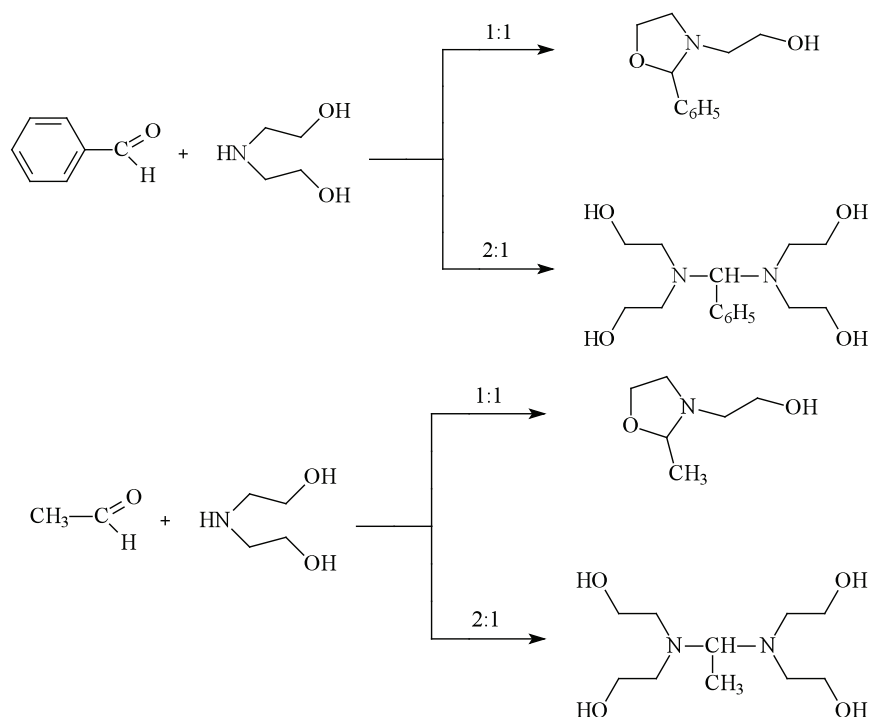
DEA molekulasi oʻzining bifunksional (polifunksional) tabiati bilan ajralib turadi, yaʼni u bir vaqtning oʻzida ham ikkilamchi amin (>NH), ham ikkita birlamchi spirt (-OH) guruhlarini saqlaydi, bu esa uni metall komplekslar hosil qilishda xelatlovchi ligand va geterosiklik birikmalar sintezi uchun universal qurilish blogi sifatida xizmat qilishini taʼminlaydi. Suvda, spirtida va benzolda yaxshi eriydigan, suv bilan har qanday nisbatda toʻliq aralashadigan ushbu moddalar asosan tabiiy gazlar tarkibidagi kislotali aralashmalarni (CO₂, H₂S, COS, CO) yutish va bu xom tabiiy gaz tarkibidagi kislotali gazlarni (asosan vodorod sulfid — H₂S va karbonat angidrid — CO₂) ajratib olish va tozalash jarayonlarida asosiy reagent sifatida qoʻllaniladi^{5,6}.

Diaetanolamin (DEA) va uning hosilalari oʻzining boy sintetik va biologik salohiyati tufayli zamonaviy kimyo va farmatsevtika sohasida katta qiziqish uygʻotib kelmoqda. DEA molekulasi morfolin, piperazin, oksazolidin, dioksazotsin, kraun efirlar va ionli suyuqliklar kabi koʻplab muhim geterosiklik birikmalar sintezida universal «qurilish bloki» sifatida keng qoʻllaniladi. Sanoatda ushbu modda va uning hosilalari farmatsevtika, sirt-faol moddalar va kosmetika sanoatida (shampunlar, sovunlar va kremlar) pH boshqaruvchi hamda koʻpik stabilizatori sifatida ishlatiladi. DEA rezina kimyoviy moddalari sanoatida oraliq mahsulot, qishloq xoʻjaligi mahsulotlarida esa emulsifikator va disperslovchi agent sifatida strategik ahamiyatga ega⁷. Shuningdek, u yelimlar, sementlar, turli qoplamalar, galvanika (electroplating), bosma siyohlar, moylash vositalari, boʻyoqlar, qogʻoz va polimer ishlab chiqarishda hamda toʻqimachilikda ishlov berishda faol qoʻllaniladi. DEA hosilalari bakteriyalar, zamburugʻlar, tuberkulyozg va oʻsimtaga qarshi, mahalliy anesteziyani davolashda, trombotsitlar agregatsiyasiga qarshi va antioksidant sifatida keng spektrli farmakologik faollik namoyon etadi⁸. Undan tashqari



1. Haney Jr J. T. et al. Development of an inhalation reference concentration for diethanolamine //Regulatory Toxicology and Pharmacology. – 2018. – T. 92. – C. 55-66.
2. Frauenkron M. et al. Ethanolamines and propanolamines //Environmental Protection. – 2012. – T. 421. – №. 8. – C. 18-26.
3. Yar M., Mushtaq N., Afzal S. Synthesis, reactions, applications, and biological activity of diethanolamine and its derivatives //Russian Journal of Organic Chemistry. – 2013. – T. 49. – №. 7. – C. 949-967.
4. Abdl-Razzaq H. T., Al-Azzawi M. N. A. Toxicology Study the Acute effects of Diethanolamine in Mice Blood and Liver (Oral study) //Journal of International Environmental Application and Science. – 2017. – T. 12. – №. 1. – C. 14-23.
5. Saeed, I. M. Thermal degradation of diethanolamine at stripper condition for CO₂ capture; product types and reaction mechanism / I. M. Saeed, B. Si Ali, B. M. Jan [et al.] // Chinese Journal of Chemical Engineering. – 2018. – Vol. 26, Iss. 12. – P. 2533-2543.
6. Haney, J. T. Development of an inhalation reference concentration for diethanolamine / J. T. Haney Jr., D. McCant, M. E. Honeycutt [et al.] // Regulatory Toxicology and Pharmacology. – 2018. – Vol. 92. – P. 55-66.
7. Kang, W. Synthesis and antibacterial activity of some diethanolamine derivatives / W. Kang, W. Wang, X. Zhi [et al.] // Bioorganic & Medicinal Chemistry Letters. – 2012. – Vol. 22. – P. 1187.
7. Chen, X. Synthesis of ionic liquids based on diethanolamine / X. Chen, J. Sun, J. Wang [et al.] // Tetrahedron Letters. – 2012. – Vol. 53. – P. 2684.
8. Shukla, J. Synthesis and biological activity of some novel diethanolamine derivatives / J. Shukla, K. Hazra, P. Rashmi [et al.] // Der Chemica





birga uning N-oksimetilen hosilasi ham hosil bo'lishi kuzatilgan³.

Shuningdek dietanolamin aminometillash (Mannix) reaksiyalarida universal reagent sifatida namoyon bo'lib, ayniqsa to'yingan monokarbon kislotalarning propargil efirlarini va spirtlarini modifikatsiya qilishda yuqori samaradorlik ko'rsatadi. Mis tuzlari (masalan, mis atsetati) katalizatorligida amalga oshiriladigan ushbu jarayon natijasida tarkibida gidroksil va amin guruhlarini saqlovchi N,N - digidroksietilamino(butin-2-il-1) hosilalari 80–82% gacha yuqori unum bilan sintez qilinadi^{4,5}.

Kichik molekulyar massaga ega bo'lgan aldegidlarning Xususan, sirka aldegidining dietanolamin bilan 1:1 molyar nisbatdagi reaksiyasida dastlab amin guruhining nukleofil birikishi va keyin esa intramolekulyar halqalanish natijasida besh a'zoli geterotsiklik yadroga ega bo'lgan 2-metiloksazolidin hosilasi barqaror mahsulot sifatida sintez qilinadi. Biroq, reagentlarning molyar nisbati 2:1 (dietanolamin:aldegid) ko'rinishida o'zgartirilganda, halqa yopilishi sodir bo'lmaydi hamda molekulasida ikkita uchlamchi azot atomi va to'rtta terminal gidroksil guruhlarini saqlagan, polifunksional gidroksil-azot saqlovchi ochiq zanjirli birikma yuqori unum bilan hosil bo'ladi⁶.

Alifatik aldegidlar gomologik qatorining boshqa vakillari (propion, moy, izomoy va izovalerian aldegidlar) bilan dietanolaminning o'zaro ta'siri ham ikki o'rinbosarli 1,3-oksazolidinlar sinteziga olib keladi. Tarmoqlangan radikalli aldegidlar — izomoy (izobutiraldegid) va izovalerian aldegidlarining DEA bilan kondensatsiyalanishi zamonaviy mikroto'lqinli faollashtirish sharoitida (70 Vt, 10–15 daqiqa) batafsil o'rganilgan. Mazkur usul yordamida izomoy aldegididan 83% unum bilan 2-izopropil-3-(β-gidroksietil)-1,3-oksazolidin, izovalerian aldegididan esa 81% unum bilan mos ravishdagi izobutil hosilasi sintez qilingan^{7,8}.

Aromatik aldegidlar, xususan benzaldegidning dietanolamin bilan o'zaro reaksiyalari o'rganilganda ham jarayonning xemoselektivligi boshlang'ich reagentlarning mol nisbatiga qat'iy bog'liqligi aniqlangan. Reagentlar 1:1 mol nisbatda aralashtirilganda, benzaldegidning karbonil markazi dietanolaminning amin va gidroksil guruhlarini ketma-ket birikib, besh a'zoli geterotsiklik yadro saqlagan 2-feniloksazolidin hosil bo'ladi. Aksincha, mol nisbat 2:1 (dietanolamin:benzaldegid) ko'rinishida o'zgartirilganda, bitta benzaldegid molekulasining karbonil uglerodiga ikkita dietanolamin fragmenti nukleofil birikadi. Natijada aromatik fenil yadrosi hamda to'rtta terminal gidroksil

3. Farkhad Asadullayevich M. et al. Synthesis and study of the products of the interaction of diethanolamine and aldehyde //CHEMISTRY AND CHEMICAL ENGINEERING. – 2019. – T. 2019. – №. 3. – C. 7.

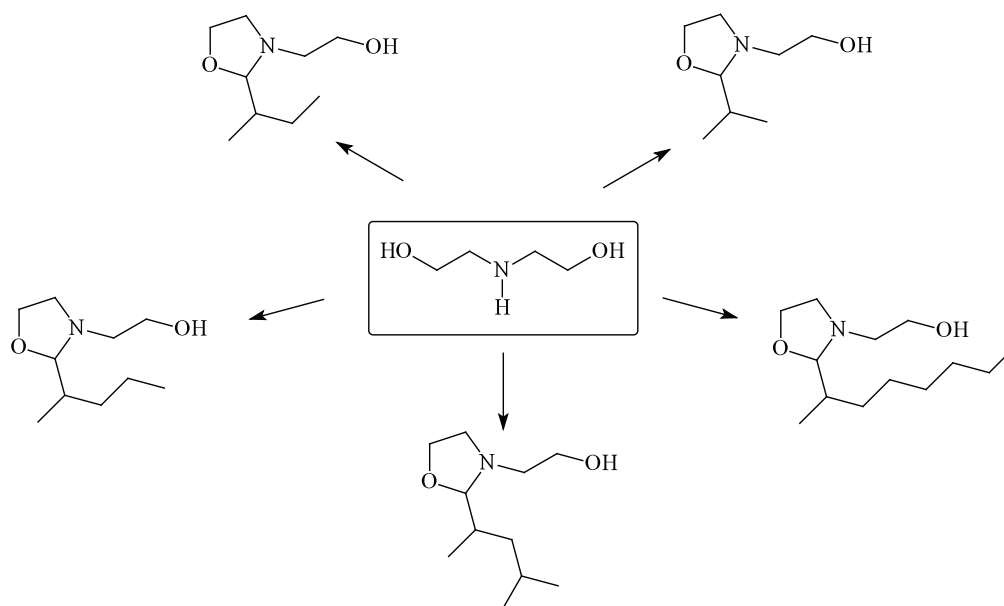
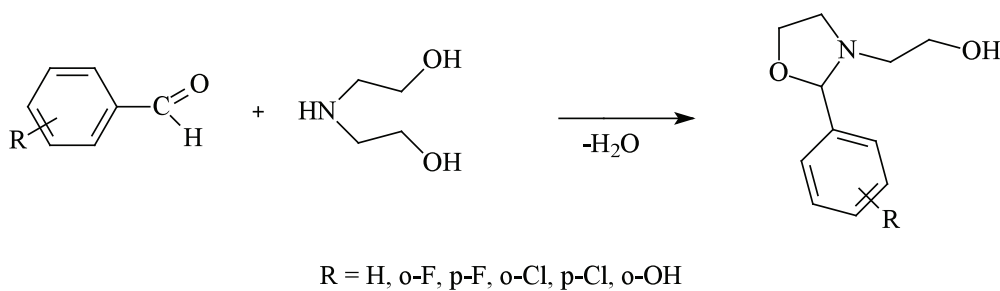
4. Juraboev F. Research of the synthesis of new acetylene aminoalcohols //E3S Web of Conferences. – EDP Sciences, 2024. – T. 486. – C. 05011.

5. Ding N. et al. A renewable agricultural waste material for the synthesis of the novel thermal stability epoxy resins //Polymer Engineering & Science. – 2014. – T. 54. – №. 12. – C. 2777-2784.

6. Farzaliev V. M. et al. Synthesis and antimicrobial properties of 3-(β-hydroxyethyl)-1, 3-oxazolidins //Russian Journal of Applied Chemistry. – 2012. – T. 85. – №. 1. – C. 81-84.

7. Khrustalev D. P. et al. Preparation of diaminomethanes under microwave irradiation //Russian Journal of General Chemistry. – 2008. – T. 78. – №. 2. – C. 331-331.

8. Hong X. W. et al. Asymmetric synthesis of 1, 3-oxazolidine derivatives with multi-component reaction and research of kinetic resolution //Molecules. – 2015. – T. 20. – №. 9. – C. 17208-17220.



guruhlarini saqlagan, polifunksional ochiq zanjirli aminal (diamin) hosilasi yuqori unum bilan hosil bo'ladi^{1, 2}.

Benzaldegidning galogen va gidroksil tutgan hosilalari bilan DEA ning o'zaro ta'siri asosan klassik azeotrop haydash usulida (benzol yoki toluol muhitida) Din-Stark asbobi yordamida amalga oshirilgan. 2-Ftor- va 4-florbenzaldegid hosilalari 54,0 dan 56,9% gacha unum bilan oksazolidinlar hosil bo'ladi. Xlorli hosilalar (2-xlor- va 4-xlorbenzaldegid) bilan boradigan jarayonlarda esa unum biroz yuqori bo'lib, 61,2–66,1% oralig'ida hosil bo'lishi aniqlangan. Gidroksil guruhi tutgan salitsil aldegid (2-gidroksibenzaldegid) bilan DEA ning reaksiyasi ham muvaffaqiyatli amalga oshirilgan bo'lib, 60,6% unum bilan kutilgan siklik mahsulot olingan. Qayd etish joizki, galogenli va gidroksilli o'rinbosarlar holatida mahsulot unumi o'rinbosarning aromatik halqadagi o'rniga ham bog'liq: para-holatdagi o'rinbosarlar orto-holatdagilarga qaraganda yuqori unumni ta'minlaydi, bu esa orto-effekt natijasidagi sterik to'sqinliklar bilan bog'liq³.

Dietanolaminning alifatik ketonlar bilan o'zaro ta'sir

reaksiyalari tizimli o'rganilganda, 2,2-dialkyl-1,3-oksazolidinlar hosil bo'lish jarayoni aldegidlarga qaraganda ancha sekin borishi va mahsulot unumining keskin farqlanishi aniqlangan. Ketonlar tarkibidagi radikal zanjirining uzunligi va tarmoqlanish darajasi ortishi bilan yuzaga keladigan kuchli sterik to'sqinlik effekti hamda karbonil uglerodidagi musbat zaryad zichligining kamligi tufayli, klassik Din-Stark asbobi yordamidagi azeotrop haydash usulida metilpropilketon va metilgeksilketon unumlari mos ravishda 55,0 va 75,7% ni tashkil etsa-da, tarmoqlangan metilzobutylketon uchun jarayon borishi 13 soatdan ortiq vaqt talab etadi. Ushbu ierarxiyada zamonaviy mikroto'liqlik nurlanish sharoitidagi sintez metodologiyasi qo'llanilganda, past zanjirli ketonlarning (atseton va metiletiket) qaynash harorati pastligi hamda yuqori uchuvchanligi sababli, kutilgan siklik mahsulotlarning unumi pastligicha qoladi va mos ravishda atigi 9 va 11% dan oshmasligi qayd etilgan. Sintez qilingan barcha geterotsiklik birikmalarning individual tuzilishi IQ va ¹H YMR spektroskopiya usullari yordamida, oksazolidin halqasining xarakterli proton va uglerod signallari orqali to'liq

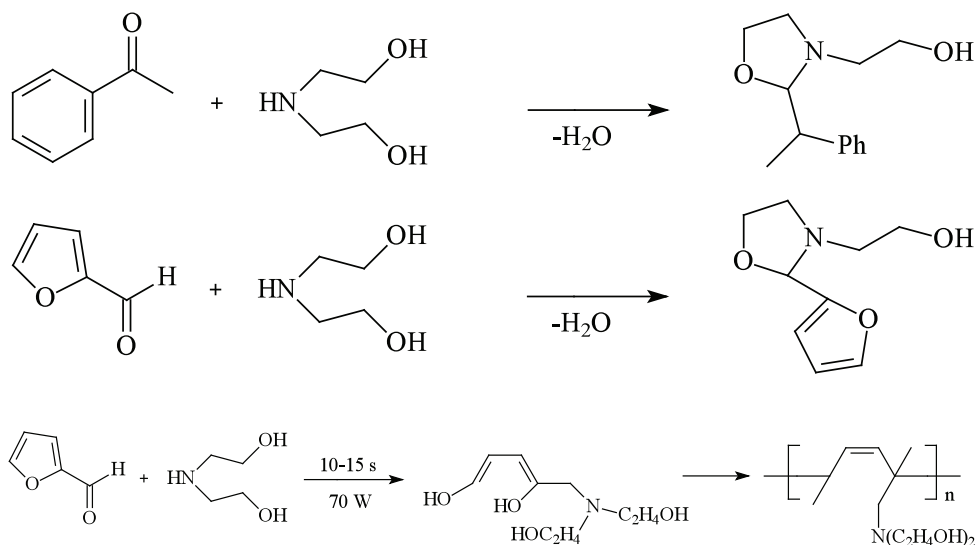
1. Губайдуллин Р. Ш., Алимухамедов М. Г., Адилев Р. И. Исследование продуктов реакции бензальдегида с диэтаноломином ИК-спектроскопией // Universum: технические науки. – 2021. – № 11 (92).

2. X

– 2002. – № 3. – С. 45.

3. Кас

во Днепропетр. ун-та. – 2012.



tasdiqlangan^{4,5}.

Aromatik ketonlar qatorining asosiy vakili bo'lgan atsetofenonning DEA bilan geterosikllanishi esa sezilarli darajada sekin boradi. Klassik sharoitlarda 5 soat qaynatish natijasida reagentlarning 50–60% qismi reaksiyaga kirishishi aniqlangan. Mikroto'liqlik faollashtirish usuli qo'llanilganda ham, hatto nurlanish vaqti 60 daqiqagacha uzaytirilsa-da, mahsulot unumi 18% ni tashkil etgan. Ushbu past faollikning sababi sifatida nafaqat benzol halqasining sterik to'sqinligi, balki karbonil guruhi va fenil radikali o'rtasidagi erkin aylanish natijasida yuzaga keladigan dinamik ekranlanish effekti ko'rsatiladi. Qizig'i shundaki, atsetofenonning dipol momenti (2,79 D) benaldehidnikidan (2,69 D) nisbatan yuqori bo'lishiga qaramay, uning MTN maydonidagi bunday past faolligi aynan radikallarning yuqori kinetik energiyasi bilan tushuntiriladi.

Geterosiklik aldegidlar qatorining spesifik vakili bo'lgan furfuralning dietanolamin bilan o'zaro reaksiyasi qo'llanilayotgan faollashtirish uslubiga ko'ra tubdan farq qiluvchi yo'nalishlari bilan ajralib turadi. An'anaviy termik sharoitda (inert organik erituvchilar muhitida suvni azeotrop haydash bilan) mazkur reagentlar ekvivalent mol nisbatda o'zaro ta'sirlashib, 65% unum bilan kutilgan

besh a'zoli siklik mahsulot — 2-furil-3-(β-gidroksietil)-1,3-oksazolidinni hosil qiladi^{6,7}.

Biroq, mikroto'liqlik nurlanish (70–90 Vt) metodologiyasi qo'llanilganda jarayon kutilmagan «anomal»

xususiyat nomoyon qiladi va 10–15 soniya davom etgan nurlanish davomida shiddatli ekzotermik reaksiya natijasida oksazolidin o'rniga furan halqasining ochilishi va natijada sopolimerizatsiya (smola hosil bo'lishi) kuzatiladi. Mazkur anomal hodisa MTN muhitida oraliq karbokationlarining barqarorlashuvi hamda furan halqasining termik bo'lmagan ta'sirlarga yuqori sezuvchanligi bilan izohlanadi. Sintez qilingan jigarrang rangli ushbu mahsulotlar o'z tarkibidagi uchlamchi azot va gidroksil guruhlarini hisobiga penopoliuretanlar ishlab chiqarishda yuqori faollikka ega katalitik sistemalar sifatida katta amaliy ahamiyatga ega⁸.

Xulosa

Dietanolaminning karbonil birikmalari bilan reaksiyalari reagentlar nisbati va elektrofil markazning tabiatiga qat'iy bog'liq. Aldegidlar bilan 1:1 nisbatda besh a'zoli 1,3-oksazolidin kabi geterohalqali birikmalar hosil bo'lsa, 2:1 nisbatda tetragidroksil saqlovchi ochiq zanjirli aminorlar hosil bo'ladi. Alifatik ketonlar bilan boradigan jarayonlar esa kuchli sterik effekti sababli ancha qiyin boradi va Din-Stark asbobi yordamida uzoq vaqt azeotrop haydash orqali 2,2-dialmashgan oksazolidinlar olinadi. Shu bilan birga, mikroto'liqlik nurlanish usulida kichik zanjirli ketonlarning yuqori uchuvchanligi sababli siklik mahsulotlar unumi nisbatan past (9–11%) bo'lib, bu holat jarayonlarni «Yashil kimyo» tamoyillari asosida olib borishda muqobil katalitik usullarini ishlab chiqishni talab etadi.

4. Хрусталёв Д.П. Синтез и модификация промышленно востребованных азотсодержащих гетероциклических соединений в условиях микроволнового облучения : дис. ... д-ра хим. наук : 02.00.03 / Хрусталёв Дмитрий Петрович. – Караганда, 2010.

5. Kang W. et al. A si

22. – №. 2. – С. 1187-1188.

6. Rotaru I. et al. Sy

7. Knaak, J

Contamination and Toxicology. – 1997. – Vol. 149. – P. 1.

8. Shukla, J. Synthesis and biological activity of some novel diethanolamine derivatives / J. Shukla, K. Hazra, P. Rashmi [et al.] // Der Chemica Sinica. – 2011. – Vol. 2, No. 3. – P. 4.



BO'LAJAK TARBIYACHINING KREATIV QOBILIYATINI RIVOJLANTIRISH

Aziza Bobokeldiyeva,
mustaqil tadqiqotchi,
Lobar Bobokeldiyeva,
Zoologiya kafedrası, TerDU

Annotatsiya:

Ushbu maqolada yurtimizda ta'lim-tarbiya tizimini yangi bosqichga ko'tarish, intellektual salohiyati yuqori bo'lgan pedagog kadrlar tayyorlash jarayoni, bolalarda didaktik o'yinlarni tashkil etishda bo'lajak tarbiyachilarning kreativ qobiliyatini rivojlantirishning shart-sharoitlari, pedagogik muammolari va yechimlar to'g'risida yoritilgan.

Kalit so'zlar:

faoliyat, didaktik o'yin, tarbiyachi, kreativlik, qobiliyat, kritik fikrlash, ijodkorlik, yangilik, mustaqillik, divergent tafakkur, innovatsiya.

Аннотация:

В данной статье рассматривается процесс выведения системы образования в нашей стране на новый уровень, процесс подготовки педагогических кадров с высоким интеллектуальным потенциалом, условия развития творческих способностей будущих педагогов в организации дидактических игр для детей, педагогические проблемы и пути их решения.

Ключевые слова:

деятельность, дидактика, игра, педагог, креативность, способность, критическое, мышление, креативность, новизна,

самостоятельность, дивергентное мышление, инновация.

Abstract:

This article discusses the process of raising the education system in our country to a new level, the process of training pedagogical personnel with high intellectual potential, the conditions for developing the creative abilities of future educators in organizing didactic games for children, pedagogical problems and solutions.

Key words:

activity, didactic, game, educator, creativity, ability, critical thinking, creativity, novelty, independence, divergent thinking, innovation.

Kirish.

Yurtimizda ta'lim-tarbiya tizimini yangi bosqichga ko'tarish, intellektual salohiyati yuqori bo'lgan pedagog kadrlar tayyorlash jarayonini ilg'or xalqaro standartlar asosida takomillashtirish hamda oliy pedagogik ta'lim qamrovini kengaytirish yo'nalishida keng ko'lamli islohotlar amalga oshirilmoqda. Jumladan, rivojlangan bir qator davlatlar qatorida bo'lajak pedagoglarda shakllantirilishi lozim bo'lgan "zamonaviy shaxsga xos fazilatlar" majmui ishlab chiqilganligi va o'sib kelayotgan yosh avlodning aqliy va intellektual rivojlanishining didaktik jihatdan turli usullar, yondashuvlar asosida muntazam ravishda tizimli rivojlantirishga katta e'tibor qaratilayotganligi ushbu maqolada muhim o'rin tutadi, bu esa o'z navbatida ta'lim tizimida yuqori intellektual salohiyatga va mustahkam amaliy ko'nikmaga ega bo'lgan yosh izlanuvchi tarbiyachilarni yetishtirib berish, bo'lajak tarbiyachilarni kreativ qobiliyatini rivojlantirishda ilg'or texnologik vositalarni qo'llash, ta'limda yaratuvchanlikka keng yo'l ochish kabi samarali tajribalarini o'zlashtirishning metodik tizimini ishlab chiqish zaruratini keltirib chiqaradi.

Asosiy qism. O'zbekiston Respublikasining 2019 yil 16-dekabrda "Maktabgacha ta'lim va tarbiya to'g'risida"gi O'RQ-595-son Qonuni talablariga muvofiq, maktabgacha ta'lim tashkilotlarida faoliyat yuritayotgan tarbiyachi-pedagoglarning kreativ qobiliyatlarini rivojlantirish, ularning ijodiy faoliyatini oshirish hamda nazariya va amaliyotning uzviy integratsiyasini ta'minlash muhim pedagogik vazifalardan biri sifatida belgilangan. Biroq, bugungi kunda bo'lajak tarbiyachilarda ijodkorlik, yangilikka, kreativlikka, mustaqillikka hamda divergent tafakkurni shakllantirish, yaratuvchanlikka bo'lgan motivatsiyaning sustligi, metodi hamda malakasini puxta o'zlashtirmaganligi, bolalar bilan ishlash jarayonida ko'plab qiyinchilik va duch keladigan muammolarga vaziyatlarni hal etish va oldini olishga qaratilgan bir qator vazifalarning mavjudligi va dolzarbligi ushbu tadqiqot ishini olib borishni taqozo etdi.

Zero, yurtboshimiz ta'kidlaganlaridek - "Jismoniy va

ma'naviy yetuk yoshlar - ezgu maqsadlarimizga yetishda tayanchimiz va suyanchimizdir".

Kreativlikni rivojlantirish va oshirish masalalari yuzasidan jahon mamlakatlarining yetuk olimlari ham ko'plab tadqiqotlarni olib borishgan.

K.D.Ushinskiyning fikriga ko'ra - "Bolalar o'yini ko'p asrlik tarixga ega, u insonning o'zi tomonidan ishlab chiqilgan qudratli tarbiyaviy vosita va shuning uchun ham unda inson tabiatining haqiqiy ehtiyoji ifodalangan" - deb yozgan edi. Y.A.Komenskiy, A.S.Makarenko, P.F.Lestgaflarning nazariyalari hozirgacha bolalar o'yinlarini tashkil etishda katta ahamiyatga egadir. Y.A.Komenskiyning fikriga ko'ra, "o'yin - bolaning barcha turdagi qobiliyatlarini rivojlantiradigan muhim aqliy faoliyatidir, o'yin orqali olam, dunyo haqidagi tasavvurlari kengayadi va boyiydi, nutqi rivojlanadi. Bola o'yin davomida tengqurlari bilan do'stlashadilar".

Bugunda zamonaviy ta'lim sharoitida maktabgacha ta'lim tashkilotlarida tarbiyalanuvchilarning kreativ qobiliyatlarini shakllantirishda didaktik o'yinlarni to'g'ri va samarali tashkil etish muhimdir. Davlat talablarida ham interfaol ta'lim va integrativ o'qitishga alohida e'tibor qaratilgan. Bolalarda didaktik o'yinlar vositasida kreativ qobiliyatlarini shakllantirishning pedagogik strategiyasini taqozo etadi. Bu orqali tarbiyachi didaktik o'yinlar vositasida kreativ qobiliyatlarini shakllantirishning barcha jihatlarini hamda ko'zlangan maqsadlarga erishish uchun mohirona qo'llaydi. Bunda bolalarning quyidagi jihatlarini inobatga olinishi lozim:

- bolalarning qiziqishlarini inobatga olish;
- ularning kuchli va zaif tomonlari anglash;
- ta'lim berish uslubini to'g'ri tanlash;
- yoshga oid xususiyatlarini bilish;
- shaxsiy-kreativ sifatlarini o'rganish.

Bolalarda didaktik o'yinlar vositasida kreativ qobiliyatlarini shakllantirish jarayonida pedagogik amaliyotda quyidagilarni inobatga olish zarur:

1. Har bir bolaning individualligi va imkoniyatlarini qanday bo'lsa shu holatda qabul qilish.
2. Bolalarga kreativ qobiliyatlarini shakllantirishning maqsadi ularning ham "umumiy maqsadi" bo'lishiga erishish.
3. Bolalarda didaktik o'yinlar vositasida kreativ qobiliyatlarini shakllantirish - mashg'ulotlar davomida har bir bola imkoniyatiga, qiziqishiga qarab yo'naltirilgan holda taqsimot qilish tarbiyachi-pedagogning muhim vazifasidir.

Bolalarda didaktik o'yinlar vositasida kreativ qobiliyatlarini shakllantirishning shaxsiy yo'naltirilgan rivojlanishi va tarbiyalanishi jihatidan ustuvorlikni ko'rsatadi. Bolaning shaxsiy rivojlanishi quyidagi maqsadlarga erishishni ko'zlaydi:

1. Didaktik o'yinlar eng optimal ravishda qanday motorik, kognitiv, kreativ rivojlanayotganliklariga asoslanishi kerak.
2. "Yaratuvchanlik qobiliyatlarini shakllantirish - samaradorligi tarbiyachi-pedagog kasbiy mahorati, bola-

larni individual va jamoaviy rivojlantirish metodlari hamda usullarini puxta egallagan bo'lishi lozim".

3. Bolalarda didaktik o'yinlar vositasida kreativ qobiliyatlarini shakllantirish - mashg'ulotlar davomida har bir bola salohiyatiga yo'naltirilgan vazifalarni taqsimot qilish tarbiyachi-pedagogning muhim vazifasidir.

4. Bolalarda didaktik o'yinlar vositasida kreativ qobiliyatlarini shakllantirishning muhim tarbiyaviy jihati sifatida o'z imkoniyatlari, iqtidorlarini "kashf" qilishga "maydon" yaratishdir.

Didaktik o'yinlar vositasida talabalarning kreativ qobiliyatini rivojlantirish quyidagi oltita pedagogik o'lchamlar orqali bolani har tomonlama barkamol rivojlantirishga pedagogik shart-sharoit yaratadi:

1. Jismoniy faollikni oshirish. Jismoniy mashqlarning o'ziga xos shakllaridan individual jismoniy qobiliyatlarni mustaqil ravishda rivojlantirish uchun foydalanish mumkin.

Mutaxassislarning fikriga ko'ra, maktabga boradigan bolalarning 30-50% da, surunkali kasalliklar mavjuddir. Maktabgacha yoshdagi bolalarni sog'lom va barkamol bo'lishi uchun, bola organizmini kasalliklarga qarshi kurashida, immunitetini oshirish va sog'ligini mustahkamlashda ularni sport mashg'ulotlariga jalb etish maqsadga muvofiqdir. Chunki, rivojlanayotgan organizmga, bolalar sog'ligiga, ish qobiliyatini oshirishga ta'sir qiladigan omillardan biri, bu jismoniy faollikdir. Jismoniy faollik, bu jismoniy harakatlanishga tabiiy ehtiyoj hisoblanib, ushbu faollik orqali bolalarni garmonik rivojlanishi va axloqiy, kreativ tarbiyalash shartidir.

2. Kreativlikni oshirish. Bolalarda didaktik o'yinlar vositasida kreativ qobiliyatlarini shakllantirish harakat bilan bog'liq kreativlikni rivojlantirish uchun topshiriqlarni individual, farqli holatda amalga oshirishga harakat qiladi. Bolani ko'pincha mustaqil o'ynashi orqali uning kreativ g'oyalarni yaratish va noan'anaviy harakat, verbal intellekt, ifoda usullarini, original g'oyalarni shakllantiradi.

3. Shaxsni yuksaltirish. Bolalarda didaktik o'yinlar vositasida kreativ qobiliyatlarini shakllantirishda barqaror shaxsni rivojlantirish uchun uni turli xil sinovdan o'tkazish imkoniyatini yaratib beradi. Xususan, kichik guruhlarda intensiv ishlash va o'z g'oyalarni taqdim etish bola uchun qulay shartlardir. Bu bilan ular o'zlarini kognitiv, hissiy va motivatsion taraflarini rivojlantirishlari mumkin.

4. Ijtimoiy xulq-atvorni yuksaltirish. Bolalarda didaktik o'yinlar vositasida kreativ qobiliyatlarini shakllantirishning ijtimoiy (yoki sotsial) ta'limni rivojlantirish uchun bolani tengdoshlari bilan kichik guruhlarda tez-tez ishlashlariga imkoniyat yaratadi. Boshqalar bilan muloqotda bo'lishda bola hamkorlik qilish, nizolarni hal qilish va tanqid qilish qobiliyatlari kabi ijtimoiy ko'nikmalarni sinab ko'rishlari hamda boshqa odamlar bilan empatiyani mashq qilishlari mumkin.

5. Idrok (his) qilishni yuksaltirish. Bolalarda didaktik o'yinlar vositasida kreativ va idrok qilish qobiliyatini rivojlantirish uchun ularga turli xil ixtiyoriy mashqlarini bajarishga imkoniyat yaratiladi. Jumladan,

kundalik harakatdan farqli bo'lgan g'ayrioddiy harakat shakllari bolada his qilishning sub'ektiv ahamiyatli taraflarini uyg'otishi va idrok qilish qobiliyatini shakllantiradi.

6. Ifoda etish qobiliyatini yuksaltirish. O'yinning transformatsion shakllari orqali bola o'zlarining taassurotlari va tajribalarni qayta yodga olishlari, ularni beixtiyor ifodalashlari mumkin.

Didaktik o'yinlar vositasida maktabgacha ta'limda sog'lom turmush tarzini shakllantirish maqsad qilinar ekan, bunda tarbiyalanuvchilarda pedagogik faoliyatni tashkil etishda quyidagi jihatlarga e'tibor qaratish lozim bo'ladi:

- aniq maqsadga yo'naltirilganlik;
- izchillik;
- uzluksiz;
- tizimlilik va majmual yondashuv asosida tashkil

etiluvchi pedagogik faoliyat jarayoni bo'lib, bunda bolalarning hayoti va salomatligiga havf soluvchi omillarni bartaraf etish layoqati tarbiyalanadi.

Maktabgacha ta'limda didaktik o'yinlar vositasida mashg'ulotlar tashkil etish orqali bolalarda kichikligidan sog'lom hayot tarziga odatlansa, intellektual jihatdan ham o'sib rivojlanishida uning o'z faoliyati muhimligini tushunadi. Didaktik harakatli o'yinlar, jumladan, tarbiyalanuvchilarni o'ziga, o'z tanasiga nisbatan ongli munosabatni shakllantiradi, irodaviy va axloqiy, kreativ sifatlarni hamda bilimlarni mustahkamlash, divergent tafakkurni rivojlantirish talabini o'rgatadi.

Bolalarda yana bir didaktik imkoniyati - kreativ qobiliyatlarini shakllantirish daqiqalarda qo'llanishi bilan tavsiflanadi. Ayonki, maktabgacha ta'lim tashkilotlarida kreativ qobiliyatlarini (yangicha fikrlash) o'rta, katta va tayyorlov guruhlarida mashg'ulotlar o'rtasidagi tanaffusda, shuningdek mashg'ulotlar jarayonining o'zida o'tkaziladi. Didaktik o'yinlar va art-usullar yordamida bola faoliyati va holatini harakat faolligi orqali almashtirishni ko'zlaydi va bolani hissiy emotsional holatini yaxshilaydi.

Quyidagilar bo'lajak tarbiyachilarni kreativligini rivojlantirish va kreativ yondashuvlarini kengaytirish maqsadida barcha fanlarda qo'llash mumkin bo'lgan interfaol metodlardan namunalar keltiramiz.

"Chorraha" metodi. Metodning maqsadi:

Ushbu metod zamonaviy, murakkab, ko'ptarmoqli, hamda muammoli guruhdagi mavzularni o'rganishga yo'naltirilgan. Metodning mazmuni shundan iboratki, bunda muammoli mavzuning turli sohalari bo'yicha bir xil ma'lumot beriladi va ularning har biri alohida mezonlar bilan tahlil etiladi. Masalan, muammo mavzusining afzallik va kamchiliklari, ijobiy-salbiy jihatlari, foyda, zararlari tomonidan chuqur muhokama qilib, o'rganib chiqiladi. Mazkur interfaol fikrlarini yozma va og'zaki shaklda himoya qilishda muvaffaqiyatli rivojlantirishga imkoniyat yaratadi.

1-rasm.
“Chorraha” metodi



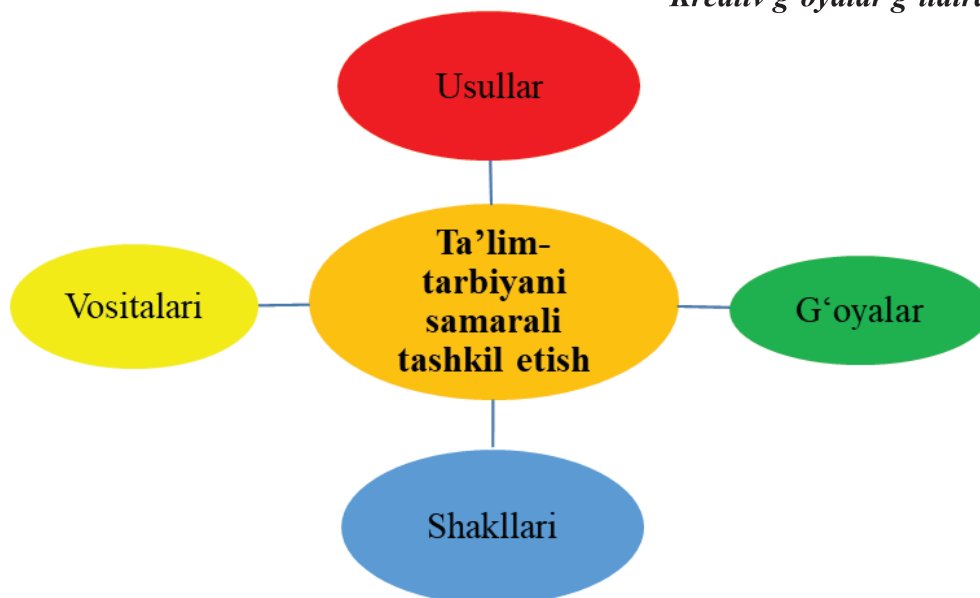
Metodni tashkil etish: Talabalarni 4-5 ta kichik guruhlariga bo‘lib, chorraxaning tutashgan markazida, ya’ni o‘rtasida mavzuga oid topshiriq olinadi. Topshiriqlarni to‘rt tarafdagi yo‘llarga muhokamasi yoziladi (1-rasmga qarang).

Kreativ g‘oyalar g‘ildiragi” metodi. Metodni amalga oshirish tartibi: Bu interfaol metoddan talabalardagi o‘z g‘oyalaridan umumiy g‘oyalar, tahliliy xulosalar chiqarish, qiyoslash, taqqoslash bilan ma’lumotlarni o‘rgarish, xulosa chiqarish, shuningdek, erkin ijodiy va kreativ fikrlash ko‘nikmalarini shakllantirishga yordam beradi. Ushbu interfaol metoddan ta’lim berishda ma’ruza va amaliy mashg‘ulotlarda, o‘tilgan mavzuni mustahkamlashda, uyga berilgan topshiriqni so‘rashda hamda uyga vazifa berishda foydalanish yuqori natijalarni beradi.

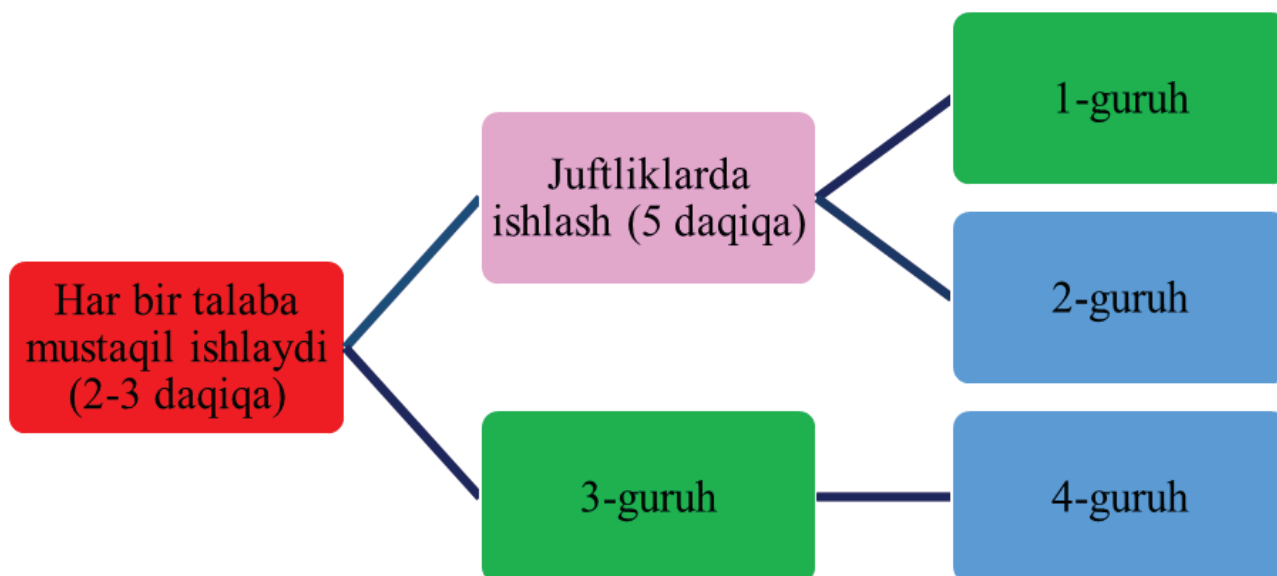
Metodni tashkil etish: Har bir talaba o‘z g‘oyalarini “Kreativ g‘oyalar g‘ildiragi”ga bitta fikr asosida bayon qiladilar. Barcha g‘oyalar umumlashtirib, muhokama qilinib, umumiy g‘oyalar majmuasi yaratiladi. (2-rasmga qarang).

CADG” metodi. “CADG” metodi (creative ability didactic games)- bu metod har qanday tushunchaga mumkin qadar aniqroq ta’rif topishga imkon beradi, talabalarga guruhlarda ishlashni, boshqalar fikriga quloq solishni va umumiy nuqtai nazarni ishlab chiqishni, kreativ fikrlash hamda kritik tahliliy yondashishni o‘rgatadi. Guruhlardagi ish jarayoniga qarab, har bir guruh vakillari navbati bilan o‘z plakatlarini xona taxtasiga ilib qo‘yadi va o‘qiydi.

2-rasm.
“Kreativ g‘oyalar g‘ildiragi” metodi



3-rasm.
“CADG” metodi



Berilgan savollarga javob beradi. Keyingi navbat pedagogga beriladi. Pedagog barcha guruhlar ishtirokidagi umumiylikni topishga yordam beradi. (3-rasmga qarang). Didaktik o‘yin mashg‘ulotlari jarayonida kerakli vositalarini to‘g‘ri, unumli va xavfsiz qo‘llashning o‘ziga hos jihatlari bilish zarur. Ushbu vositalarni quyidagi turlari farqlanadi:

konselyariya mahsulotlari – ruchka, qalam, chizg‘ichlar, qaychi, yelim, skoch, flomasterlar hamda turli o‘lchamlardagi oq va rangli qog‘ozlar va boshqa kerakli narsa-buyumlar.

axborot texnika vositalari – kompyuter, video kamera, video magnitafon, televizor, proyektor, mikrofon va boshqa kerakli vositalar.

o‘quv asbob uskunolari – o‘lchov asboblari, o‘quv proborlari, moslama, o‘quv laboratoriya va ustaxona

jihozlari

mahalliy – tabiiy materiallardan tayyorlangan vositalar.

Xulosa qilish mumkinki, bugun jahonda ma’lumotlar tizimining tez sur’atlarda o‘sib bormoqdaki, xattoki bu yuksalish ta’lim tizimiga ham o‘z ta’sirini o‘tkazmoqda. Buning uchun mashg‘ulotlarni oddiy moslashuvi emas, balki uni yangilash va o‘zgartirish jarayonidir. Ba’zi ilmiy nazariyalarda kreativlikning asosiy omili sifatida insonning dezadaptatsiyasi va ijtimoiy muhitga to‘liq moslasha olmaslik holati ko‘rsatiladi. Bugungi zamonaviy tarbiyachi kreativ fikrlovchi, yaratuvchi va o‘z ustida tinimsiz mehnat bilan mashg‘ul bo‘luvchi, yangi metodlarni mohirona qo‘llay oladigan, bolalarni sevadigan shaxs sifatida bo‘lmog‘i lozim. Chunki ta’limni debochasi maktabgacha ta’limdan boshlanadi.

Ijtimoiy-gumanitar fanlar yo'nalishi tahrir hay'ati:

Askarov Axmadali, akademik (O'zbekiston)
Azamat Ziyov, akademik (O'zbekiston)
Sag'dullayev Anatoliy, akademik (O'zbekiston)
Isxakov Mirsodiq, tarix fanlari doktori, professor (O'zbekiston)
Shaydullayev Shopo'lat, tarix fanlari doktori, professor (O'zbekiston)
Allayeva Nigora, tarix fanlari doktori, professor (O'zbekiston)
Tursunov Saypulla, tarix fanlari doktori, professor (O'zbekiston)
Pardayev Toshkentboy, tarix fanlari doktori (O'zbekiston)
Xamidov Odiljon, tarix fanlari bo'yicha falsafa doktori (PhD), dotsent (O'zbekiston)
Abdulloyev Shuhrat, tarix fanlari bo'yicha falsafa doktori (PhD) (O'zbekiston)
Enriko Eskaloni (Italiya)
N. Dvurechenskaya (Rossiya Fanlar Akademiyasi)
Ladislav Stancho (Karlova universiteti, Praga)
Per Lerish, professor (Fransiya)
Xodjayev Begzod, pedagogika fanlari doktori, professor (O'zbekiston)
Shomirzayev Maxmatmurod, pedagogika fanlari doktori (DSc), professor (O'zbekiston)
Bozorova Muslima, pedagogika fanlari nomzodi, dotsent (O'zbekiston)
Kenjaboyev Abdusalim, pedagogika fanlari nomzodi, dotsent (O'zbekiston)
Ismailov Murodulla, pedagogika fanlari bo'yicha falsafa doktori (PhD), dotsent (O'zbekiston)
Sharafutdinova Xadichaxon, psixologiya fanlari nomzodi, dotsent (O'zbekiston)
Achilov Nuriddin, pedagogika fanlari bo'yicha falsafa doktori (PhD), dotsent (O'zbekiston)
Mirzayev Mutalib, pedagogika fanlari bo'yicha falsafa doktori (PhD) (O'zbekiston)
Allayorova Soliha, pedagogika fanlari doktori (DSc), dotsent (O'zbekiston)
Muxsiyeva Aziza, pedagogika fanlari doktori (DSc), professor (O'zbekiston)
Kadirov Eshmuxamad, yuridik fanlari doktori, professor (O'zbekiston, Toshkent davlat yuridik universiteti)
Akilbayev Musabek, pedagogika fanlari nomzodi, dotsent (Qozog'iston, M.Auezov nomidagi Janubiy Qozog'iston universiteti, Ilmiy tadqiqot ishlari prorektori)
Masalimova Al'fiya, pedagogika fanlari doktori, dotsent (Rossiya, Kazan Federal universiteti)
Aziziddin Khan, falsafa fanlari doktori, professor (Hindiston, Dehli universiteti)
Burkova Lyubov, pedagogika fanlari nomzodi, dotsent (Rossiya Federatsiyasi, Adigey davlat universiteti)
Turchenko Irina, pedagogika fanlari nomzodi, dotsent (Belorus

Respublikasi, Minsk davlat pedagogika universiteti)
Berdiyev Norali, falsafa fanlari nomzodi, dotsent (O'zbekiston)
Xasanov Ilyos, pedagogika fanlari bo'yicha falsafa doktori, professor (O'zbekiston)
Turayev Xumoyiddin, pedagogika fanlari bo'yicha falsafa doktori (O'zbekiston)

Aniq fanlar yo'nalishi tahrir hay'ati:

Ayupov Shavkat, fizika-matematika fanlari doktori, akademik (O'zbekiston, O'zFA)
Aripov Mirsaid, fizika-matematika fanlari doktori, professor (O'zbekiston, O'zMU)
Dobrovolskiy Nikolay, fizika-matematika fanlari doktori, professor (Rossiya, Tula DPU)
Raxmonov Zarullo, fizika-matematika fanlari doktori, professor (Tojikiston, TFA Matematika instituti)
Allakov Ismoil, fizika-matematika fanlari doktori, professor (O'zbekiston, TerDU)
Mirsaburov Mirahmat, fizika-matematika fanlari doktori, professor (O'zbekiston, TerDU)
Normurodov Chori, fizika-matematika fanlari doktori, professor (O'zbekiston)
Shodimetov Xolmatvoy, fizika-matematika fanlari doktori, professor (O'zbekiston, TTI)
Anuar Mat Safar, fizika-matematika fanlari doktori, professor (Malayziya, Perlis universiteti)
Sabitov Kamil, fizika-matematika fanlari doktori, professor (Rossiya, Ufa DU Sterlatamak filiali)
Xudoyberdiyev Abror, fizika-matematika fanlari doktori, professor (O'zbekiston, O'zMU)
Berdishev Abdumavlen (ilmiy darajasi to'ldirilsin) (Qozog'iston, Abay nomidagi QDMPU)
Turayev Ergash, fizika-matematika fanlari doktori, professor (O'zbekiston, TerDU)
Abdiyev Umrbek, pedagogika fanlari doktori (O'zbekiston, TerDU)
Chubarikov Vladimir, fizika-matematika fanlari doktori, professor (Rossiya, MGU)
Safarov Abduvohid, fizika-matematika fanlari bo'yicha falsafa doktori (O'zbekiston, TerDU)

Tabiiy fanlar yo'nalishi tahrir hay'ati:

To'rayev Xayit, kimyo fanlari doktori, professor (O'zbekiston)
Aldoshin Sergey, Rossiya Fanlar akademiyasi akademigi (Rossiya)
Gorbunova Yuliya, Rossiya Fanlar akademiyasi akademigi (Rossiya)
Bildyukevich Aleksandr, Belarus Milliy Fanlar Akademiyasi akademigi (Belorus)
55. Karlov Sergey, kimyo fanlari

doktori, professor (Rossiya)
Lukashev Nikolay, kimyo fanlari doktori, professor (Rossiya)
Djalilov Abdulaxat, O'zbekiston Respublikasi Fanlar Akademiyasi akademigi (O'zbekiston)
Namazov Shafoat, O'zbekiston Respublikasi Fanlar Akademiyasi akademigi (O'zbekiston)
Ibragimov Aziz, kimyo fanlari doktori, professor (O'zbekiston)
Qodirova Shaxnoza, kimyo fanlari doktori, professor (O'zbekiston)
Ro'zimurodov Olim, kimyo fanlari doktori, professor (O'zbekiston)
Kasimov Sherzod, kimyo fanlari doktori, professor (O'zbekiston)
Aliqulov Rustam, kimyo fanlari doktori, professor (O'zbekiston)
Umbarov Ibragim, texnika fanlari doktori (O'zbekiston)
Normurodov Baxtiyor, texnika fanlari doktori (O'zbekiston)
Xolnazarov Baxodir, texnika fanlari doktori (O'zbekiston)
Xurramov Alisher, biologiya fanlari doktori, professor (O'zbekiston)
Azimov Djalaliddin, O'z RFA akademigi, biologiya fanlari doktori, professor (O'zbekiston)
Tojibayev Komil, O'z RFA akademigi, biologiya fanlari doktori, professor (O'zbekiston)
Dani Raviprakash, biologiya fanlari doktori, professor (AQSh)
Kaymulidinova Kulyash, geografiya fanlari doktori, professor (Qozog'iston)
Mohd Nazish Khan, geologiya fanlari bo'yicha falsafa doktori (Hindiston)
Tilekova Janna, geografiya fanlari nomzodi, dotsent (Qozog'iston)
Kruglova Oksana, biologiya fanlari nomzodi, dotsent (Belorus)
Xurramov Shukur, biologiya fanlari doktori, professor (O'zbekiston)
Raxmatullayev Boxodir, biologiya fanlari bo'yicha falsafa doktori (PhD) (O'zbekiston)
Begmatov Abdusamat, biologiya fanlari nomzodi, dotsent (O'zbekiston)
Abramov Maxamadi, biologiya fanlari nomzodi, dotsent (O'zbekiston)
Esanov Nazar, geografiya fanlari bo'yicha falsafa doktori (O'zbekiston)
Abdumo'minov Boxadir, geografiya fanlari bo'yicha falsafa doktori (O'zbekiston)
Omonturdiyev Abdulaziz, geografiya fanlari bo'yicha falsafa doktori (O'zbekiston)
Tangirov Xasan, biologiya fanlari nomzodi, dotsent (O'zbekiston)
Zakirov Xolmat, qishloq xo'jaligi fanlari nomzodi, professor (O'zbekiston)

