

ISSN (Print) 2616-6771

ISSN (Online) 2617-9962

Л.Н. Гумилев атындағы Еуразия ұлттық университетінің

ХАБАРШЫСЫ

BULLETIN

of L.N. Gumilyov Eurasian
National University

ВЕСТНИК

Евразийского национального
университета имени Л.Н. Гумилева

ХИМИЯ. ГЕОГРАФИЯ. ЭКОЛОГИЯ сериясы

CHEMISTRY. GEOGRAPHY. ECOLOGY Series

Серия ХИМИЯ. ГЕОГРАФИЯ. ЭКОЛОГИЯ

4(145)/ 2023

1995 жылдан бастап шығады

Founded in 1995

Издается с 1995 года

Жылына 4 рет шығады

Published 4 times a year

Выходит 4 раза в год

Астана, 2023

Astana, 2023

Редакция алқасы: Бас редактор (химия): Копишев Э.Е.

х.ғ.к., Л.Н. Гумилев атындағы Еуразия ұлттық университеті, Астана, Қазақстан

Бас редактор (география):	Рамазанова Н.Е. , PhD, қауымдас. проф., Л.Н. Гумилев атындағы Еуразия ұлттық университеті, Астана, Қазақстан
Бас редактор (экология):	Берденов Ж.Г. , PhD, қауымдас. проф., Л.Н. Гумилев атындағы Еуразия ұлттық университеті, Астана, Қазақстан
Жауапты хатшы:	Уәли А.С. , х.ғ.к., қауымдас. проф., Л.Н. Гумилев атындағы Еуразия ұлттық университеті, Астана, Қазақстан

Редакция алқасы:

Химия

Айбульдинов Е.К.	PhD, Басқарма Төрағасы, «Өрлеу» біліктілікті арттыру ұлттық орталығы АҚ, Астана, Қазақстан
Амерханова Ш.К.	х.ғ.д., проф., Л.Н. Гумилев атындағы Еуразия ұлттық университеті, Астана, Қазақстан
Бакибаев А.А.	х.ғ.д., проф., Томск Политехникалық Университеті, Томск, Ресей
Джакупова Ж.Е.	х.ғ.к., доцент, Л.Н. Гумилев атындағы Еуразия ұлттық университеті, Астана, Қазақстан
Еркасов Р.Ш.	х.ғ.д., проф., Л.Н. Гумилев атындағы Еуразия ұлттық университеті, Астана, Қазақстан
Маскевич А.А.	ф.-м.ғ.д., проф., Я.Купала мемлекеттік университеті, Гродно, Беларусь
Мустафин Р.И.	PhD, доцент, Қазан Мемлекеттік Медициналық Университеті, Қазан, Ресей
Султанова Н.А.	х.ғ.д., проф., Л.Н. Гумилев атындағы Еуразия ұлттық университеті, Астана, Қазақстан
Филиппов В.	PhD, Або Академия университетінің профессоры, Турку, Финляндия
Хуторянский В.В.	PhD, проф., Рединг Университеті, Ұлыбритания
Шатрук М.	PhD, проф., Флорида Мемлекеттік Университеті, Талахасси, АҚШ
Адекенов С.М.	х.ғ.д., проф., ҚР ҰҒА академигі, Фитохимия халықаралық ғылыми-өндірістік холдингі, Қарағанды, Қазақстан
Байкенов М.	х.ғ.д., проф., Е.А. Бөкетов атындағы Қарағанды университеті, Қарағанды, Қазақстан

География

Атасой Е.	Phd, проф., Бурса-Улудаг Университеті (Bursa Uludağ University), Бурса, Турция
Джаналеева К.М.	ғ.ғ.д., проф., Л.Н. Гумилев атындағы Еуразия ұлттық университеті, Астана, Қазақстан
Сапаров К.Т.	ғ.ғ.д., проф., Л.Н. Гумилев атындағы Еуразия ұлттық университеті, Астана, Қазақстан
Саипов А.А.	п.ғ.д., проф., Л.Н. Гумилев атындағы Еуразия ұлттық университеті, Астана, Қазақстан
Озгелдинова Ж.О.	PhD, доцент, Л.Н. Гумилев атындағы Еуразия ұлттық университеті, Астана, Қазақстан
Жангужина А.А.	PhD, доцент м.а., Л.Н. Гумилев атындағы Еуразия ұлттық университеті, Астана, Қазақстан

Акиянова Ф.Ж.	г.ғ.д., проф., «Астана» ТҰК География және табиғаты пайдалану институты, ҚР ҰЖҒА академигі, Астана, Қазақстан
Дунец А.Н.	г.ғ.д., проф., Алтай мемлекеттік университеті, Барнаул, Ресей
Самарханов К.Б.	г.ғ.к., «Астана» халықаралық ғылыми кешені, Астана, Қазақстан
Иржи Хлахула	PhD, проф., А.Мицкевич Университеті, Познань, Польша
Останин О.В.	г.ғ.к., доцент, Алтай мемлекеттік университеті, Барнаул, Ресей
Абдиманапов Б.Ш.	г.ғ.д., проф., Абай атындағы Қазақ ұлттық педагогикалық университеті, Алматы, Қазақстан
Алагуджаева М.А.	PhD, «Қазақстан Ғарыш Сапары» ҰК АҚ, Астана, Қазақстан

Экология

Сафаров Р.З.	х.ғ.к., Л.Н. Гумилев атындағы Еуразия ұлттық университеті, Астана, Қазақстан
Саспугаева Г.Е.	PhD, Л.Н. Гумилев атындағы Еуразия ұлттық университеті, Астана, Қазақстан
Инкарова Ж.И.	б.ғ.к., доцент, Л.Н. Гумилев атындағы Еуразия ұлттық университеті, Астана, Қазақстан
Зандыбай А.	б.ғ.к., доцент, Л.Н. Гумилев атындағы Еуразия ұлттық университеті, Астана, Қазақстан
Илеш А.	PhD, проф., Орадя университеті, Орадя, Румыния
Ян А. Вент	Хабилит. докторы, проф., Гданьск университеті, Гданьск, Польша
Мендыбаев Е.Х.	б.ғ.к., проф., Л.Н. Гумилев атындағы Еуразия ұлттық университеті, Астана, Қазақстан
Жамангара А.К.	б.ғ.к., доцент, Л.Н. Гумилев атындағы Еуразия ұлттық университеті, Астана, Қазақстан
Ахмеденов К.М.	г.ғ.к., проф., М. Өтемісұлы атындағы Батыс Қазақстан университеті, Орал, Қазақстан

Редакцияның мекенжайы: 010008, Қазақстан, Астана қ., Сәтбаев к-сі, 2,
Л.Н. Гумилев атындағы Еуразия ұлттық университеті, 402 б.
Тел.: +7 (7172) 709-500, (ішкі 31-413). **E-mail:** vest_chem@enu.kz
Техникалық хатшы: Изтелеуова Е.А.

Л.Н. Гумилев атындағы Еуразия ұлттық университетінің хабаршысы. Химия. География.

Экология сериясы

Меншіктенуші: КеАҚ "Л.Н. Гумилев атындағы Еуразия ұлттық университеті"

Мерзімділігі: жылына 4 рет

Қазақстан Республикасының Ақпарат және коммуникациялар министрлігінде 02.02.2021 ж.

№ KZ81VPY00031939 тіркеу қуәлігімен тіркелген

Типографияның мекенжайы: 010008, Қазақстан, Астана қ., Қажымұқан к-сі 13/1

Л.Н. Гумилев атындағы Еуразия ұлттық университеті

Тел: +7 (7172)709-500 (ішкі 31-413). Сайт: <http://bulchmed.enu.kz>

Editor-in-Chief (Chemistry): Kopishev E.E.

Cand.Chem.Sci., L.N. Gumilyov Eurasian National University, Astana, Kazakhstan

Editor-in-Chief (Geography): **Ramazanova N.E.**, PhD, Assoc.Prof., L.N. Gumilyov Eurasian National University, Astana, Kazakhstan

Editor-in-Chief (Ecology): **Berdenov Zh.G.**, PhD, Assoc.Prof., L.N. Gumilyov Eurasian National University, Astana, Kazakhstan

Executive Secretary: **Uali A.S.**, Cand.Chem.Sci., Assoc.Prof., L.N. Gumilyov Eurasian National University, Astana, Kazakhstan

**Editorial board:
Chemistry**

Aibuldinov E.K. PhD, Chairman of the Board, JSC National Center for Advanced Training Orleu, Astana, Kazakhstan

Amerkhanova Sh.K. Dr. Chem.Sci., Prof., L.N. Gumilyov Eurasian National University, Astana, Kazakhstan

Bakibayev A.A. Dr.Chem.Sci., Prof., Tomsk Polytechnic University, Tomsk, Russia

Jakupova Zh.E. Cand.Chem.Sci., Assoc.Prof., L.N. Gumilyov Eurasian National University, Astana, Kazakhstan

Erkassov R.Sh. Dr.Chem.Sci., Prof., L.N. Gumilyov Eurasian National University, Astana, Kazakhstan

Maskevich A.A. Dr.Phys.-Math.Sci., Prof., Ya. Kupala State University, Grodno, Belarus

Mustafin R.I. PhD, Assoc.Prof., Kazan State Medical University, Kazan, Russia

Sultanova N.A. Dr.Chem.Sci., Prof., L.N. Gumilyov Eurasian National University, Astana, Kazakhstan

Filippov V. PhD, Prof., Abo Akademi University, Turku, Finland

Khutoryanskiy V.V. PhD, Prof., University of Reading, Great Britain

Shatruck M. PhD, Prof., Florida State University, Tallahassee, USA

Adekenov S.M. Dr.Chem.Sci., Prof., Academician of NASRK, International Research & Production Holding Phytochemistry, Karaganda, Kazakhstan

Baikenov M.I. Dr.Chem.Sci., Prof., Karaganda Buketov University, Karaganda, Kazakhstan

Geography

Atasoy E. Phd, Prof., Bursa Uludağ University, Bursa, Turkey

Dzhanaleyeva K.M. Dr.Geogr.Sci., Prof., L.N. Gumilyov Eurasian National University, Astana, Kazakhstan

Saparov K.T. Dr.Geogr.Sci., Prof., L.N. Gumilyov Eurasian National University, Astana, Kazakhstan

Saipov A.A. Dr.Ped.Sci., Prof., L.N. Gumilyov Eurasian National University, Astana, Kazakhstan

Ozgeldinova Zh. PhD, Assoc.Prof., L.N. Gumilyov Eurasian National University, Astana, Kazakhstan

Zhanguzhina A.A. PhD, acting Assoc.Prof., L.N. Gumilyov Eurasian National University, Astana, Kazakhstan

Akiyanova F.Zh.	Dr.Geogr.Sci., Prof., Institute of Geography and Environmental Management, International Science Complex «Astana», Academician of NANS RK, Astana, Kazakhstan
Dunetc A.N.	Dr.Geogr.Sci., Prof., Altai State University, Barnaul, Russia
Samarkhanov K.B.	Cand.Geogr.Sci., International Science Complex «Astana», Astana, Kazakhstan
Jiří Hlahula	PhD, Prof., A. Mickiewicz University, Poznan, Poland
Ostanin O.V.	Cand.Geogr.Sci., Assoc.Prof., Altai State University, Barnaul, Russia
Abdimanapov B.Sh.	Dr.Geogr.Sci., Prof., Abay Kazakh National Pedagogical University, Almaty, Kazakhstan
Alagudzhaeva M.A.	PhD, JSC NC "Kazakhstan Garysh Sapary", Astana, Kazakhstan

Ecology

Safarov R.Z.	Cand.Chem.Sci., L.N. Gumilyov Eurasian National University, Astana, Kazakhstan
Saspugayeva G.E.	PhD, Assoc.Prof., L.N. Gumilyov Eurasian National University, Astana, Kazakhstan
Inkarova J.I.	Cand.Biol.Sci., Assoc.Prof., L.N. Gumilyov Eurasian National University, Astana, Kazakhstan
Zandybai A.	Cand.Biol.Sci., Assoc.Prof., L.N. Gumilyov Eurasian National University, Astana, Kazakhstan
Ilesh A.	PhD, Prof., University of Oradea, Oradea, Romania
Jan A. Wendt	Dr.habil., Prof., Gdansk University, Poland
Mendibaev E.Kh.	Cand.Biol.Sci., Prof., L.N. Gumilyov Eurasian National University, Astana, Kazakhstan
Zhamangara A.K.	Cand.Biol.Sci., Assoc.Prof., L.N. Gumilyov Eurasian National University, Astana, Kazakhstan
Akhmedenov K.M.	Cand. Biol. Sci., Prof., M. Otemiusly West Kazakhstan University, Uralsk, Kazakhstan

Editorial address: 2, Satpayev str., of. 402,
L.N. Gumilyov Eurasian National University, Astana, Kazakhstan,
010008 **Tel.:** +7 (7172) 709-500 (ext. 31-413), **E-mail:** vest_chem@enu.kz
Technical secretary: Yelena Izteleuova

Bulletin of L.N. Gumilyov Eurasian National University.

Chemistry. Geography. Ecology Series

Owner: Non-profit joint-stock company «L.N. Gumilyov Eurasian National University»

Periodicity: 4 times a year

Registered by the Ministry of Information and Communication of the Republic of Kazakhstan Reistration certificate № KZ81VPY00031939 from 02.02.2021

Address of Printin Office: 13/1 Kazhimukan str., L.N. Gumilyov Eurasian National University, Astana, Kazakhstan 010008

Tel: +7 (7172) 709-500 (ext. 31-413). Website: <http://bulchmed.enu.kz>

Главный редактор (химия): Копишев Э.Е.

к.х.н., Евразийский национальный университет имени Л.Н. Гумилева, Астана, Казахстан

Главный редактор (география): **Рамазанова Н.Е.**, PhD, ассоц.проф., Евразийский национальный университет имени Л.Н. Гумилева, Казахстан

Главный редактор (экология): **Берденов Ж.Г.**, PhD, ассоц.проф., Евразийский национальный университет имени Л.Н. Гумилева, Казахстан

Ответственный секретарь: **Уали А.С.**, к.х.н., ассоц.проф., Евразийский национальный университет имени Л.Н. Гумилева, Астана, Казахстан

Редакционная коллегия:

Химия

Айбульдинов Е.К. PhD, Председатель Правления, АО Национальный центр повышения квалификации «Өрлеу», Астана, Казахстан

Амерханова Ш.К. д.х.н., проф., Евразийский национальный университет им. Л.Н. Гумилева, Астана, Казахстан

Бакибаев А.А. д.х.н., проф., Томский политехнический университет, Томск, Россия

Джакупова Ж.Е. к.х.н., доцент, Евразийский национальный университет им. Л.Н. Гумилева, Астана, Казахстан

Еркасов Р.Ш. д.х.н., проф., Евразийский национальный университет им. Л.Н. Гумилева, Астана, Казахстан

Маскевич А.А. д.ф.-м.н., профессор, Гродненский государственный университет имени Я. Купалы, Гродна, Беларусь

Мустафин Р.И. PhD, доцент, Казанский государственный медицинский Университет, Казань, Россия

Султанова Н.А. д.х.н., проф., Евразийский национальный университет им. Л.Н. Гумилева, Астана, Казахстан

Филиппов В. PhD, проф., Abo Akademi University, Турку, Финляндия

Хуторянский В.В. PhD, проф., Университет Рединга, Великобритания

Шатрук М. PhD, проф., Государственный университет Флориды, Талахасси, США

Адекенов С.М. д.х.н., проф., академик НАН РК, Международный научно-производственный холдинг Фитохимия, Караганда, Казахстан

Байкенов М. д.х.н., проф., Карагандинский университет им. Е.А.Букетова, Караганда, Казахстан

География

Атасой Е. PhD, проф., Университет Бурсы-Улудаг, Бурса, Турция

Джаналеева К.М. д.г.н., проф., Евразийский национальный университет им. Л.Н. Гумилева, Астана, Казахстан

Сапаров К.Т. д.г.н., проф., Евразийский национальный университет им. Л.Н. Гумилева, Астана, Казахстан

Саипов А.А. д.п.н., проф., Евразийский национальный университет им. Л.Н. Гумилева, Астана, Казахстан

Озгелдинова Ж.О. PhD, ассоц.проф., Евразийский национальный университет им. Л.Н. Гумилева, Астана, Казахстан

Жангужина А.А. PhD, и.о. доцента, Евразийский национальный университет им. Л.Н. Гумилева, Астана, Казахстан

Акиянова Ф.Ж.	д.г.н., проф., Институт географии и природопользования МНК «Астана», академик НАЕН РК, Астана, Казахстан
Дунец А.Н.	д.г.н., проф., Алтайский государственный университет, Барнаул, Россия
Самарханов К.Б.	к.г.н., Международный научный комплекс «Астана», Астана, Казахстан
Иржи Хлахула	PhD, проф., Университет им. А. Мицкевича, Познань, Польша
Останин О.В.	к.г.н., доцент, Алтайский государственный университет, Барнаул, Россия
Абдиманапов Б.Ш.	д.г.н., проф., Казахский национальный педагогический университет им. Абая, Алматы, Казахстан
Алагуджаева М.А.	PhD, АО НК «Қазақстан Ғарыш Сапары», Астана, Казахстан

Экология

Сафаров Р.З.	к.х.н., Евразийский национальный университет им. Л.Н. Гумилева, Астана, Казахстан
Саспугаева Г.Е.	PhD, ассоц.проф., Евразийский национальный университет им. Л.Н. Гумилева, Астана, Казахстан
Инкарова Ж.И.	к.б.н., доцент, Евразийский национальный университет им. Л.Н. Гумилева, Астана, Казахстан
Зандыбай А.	к.б.н., доцент, Евразийский национальный университет им. Л.Н. Гумилева, Астана, Казахстан
Илеш А.	PhD, проф., Университет Орадя, Орадя, Румыния
Ян А. Вент	д.г.н., проф., Университет Гданьска, Гданьск, Польша
Мендыбаев Е.Х.	к.б.н., проф., Евразийский национальный университет им. Л.Н. Гумилева, Астана, Казахстан
Жамангара А.К.	к.б.н., доцент, Евразийский национальный университет им. Л.Н. Гумилева, Астана, Казахстан
Ахмеденов К.М.	к.г.н., проф., Западно-Казахстанский университет им. М.Утемисова, Уральск, Казахстан

Адрес редакции: 010008, Казахстан, г. Астана, ул. Сатпаева, 2,
Евразийский национальный университет имени Л.Н. Гумилева, каб. 402

Тел.: +7(7172) 709-500, (вн. 31-413). **E-mail:** vest_chem@enu.kz

Технический секретарь: Изтелеуова Е.

Вестник Евразийского национального университета имени Л.Н. Гумилева.

Серия Химия. География. Экология

Собственник: НАО «Евразийский национальный университет имени Л.Н. Гумилева»

Периодичность: 4 раза в год

Зарегистрирован Министерством информации и коммуникаций Республики Казахстан Регистрационное свидетельство № KZ81VPU00031939 от 02.02.2021 г.

Адрес типографии: 010008, Казахстан, г. Астана, ул. Кажымукана, 13/1, Евразийский национальный университет имени Л.Н. Гумилева

Тел.: +7(7172)709-500 (вн.31-413). Сайт: <http://bulchmed.enu.kz>

МАЗМҰНЫ/ CONTENTS/ СОДЕРЖАНИЕ

ХИМИЯ/ CHEMISTRY

Хачковский А.В., Слизов Ю.Г., Гага А.С., Казачек Р.С., Волгина Т.Н., Гавриленко М.А. Кремнеземде антимиқробты күміс нанобөлшектерінің түзілуі	10
Khachkovsky A.V., Slizhov Yu.G., Gaga A.S., Kazachek R.S., Volgina T.N., Gavrilenko M.A. Formation of antimicrobial silver nanoparticles on silica	10
Хачковский А.В., Слизов Ю.Г., Гага А.С., Казачек Р.С., Волгина Т.Н., Гавриленко М.А. Формирование антимиқробных наночастиц серебра на кремнеземе	10
Колпек А., Казанқапова М.К., Пердеханова А. Ағынды суларды отандық көміртек құрамды адсорбенттермен тазарту және су құрамына физика-химиялық талдау жүргізу	25
Kolpek A., Kazankapova M.K., Perdekhanova A. Purification of wastewater using domestic carbon adsorbents and conducting physico-chemical analysis of water composition	25
Колпек А., Казанқапова М.К., Пердеханова А. Очистка сточных вод отечественными углеродными адсорбентами и проведение физико-химического анализа состава воды	25
Слизов Ю.Г., Пахнутова Е.А., Фаустова Ж.В., Бугаева А.И., Гавриленко М.А. Өтпелі металдардың ализарин кешендерінің беткі қабаттарындағы органикалық қосылыстардың адсорбциясының ерекшеліктері	36
Slizhov Yu.G., Pakhnutova E.A., Faustova Zh.V., Bugaeva A.I., Gavrilenko M.A. Features of adsorption of organic compounds on the surface layers of alizarin transition metal complexes	36
Слизов Ю.Г., Пахнутова Е.А., Фаустова Ж.В., Бугаева А.И., Гавриленко М.А. Особенности адсорбции органических соединений на поверхностных слоях ализариновых комплексов переходных металлов	36
Бакибаев А.А., Горбин С.И., Гусяков А.Н., Мальков В.С., Ухов А.Э., Жуманов К.Б., Губанков А.А. Фосфорилденген гликолуриллерді синтездеу әдістері	50
Bakibaev A.A., Gorbin S.I., Guslyakov A.N., Malkov V.S., Ukhov A.E., Zhumanov K.B., Gubankov A.A. Methods for synthesis of phosphorylated glycolurils	50
Бакибаев А.А., Горбин С.И., Гусяков А.Н., Мальков В.С., Ухов А.Э., Жуманов К.Б., Губанков А.А. Методы синтеза фосфорилированных гликольурилов	50

МАЗМҰНЫ/ CONTENTS/ СОДЕРЖАНИЕ

ГЕОГРАФИЯ. ЭКОЛОГИЯ/ GEOGRAPHY. ECOLOGY

Куанышбаев С.Б., Атасой Е., Баубекова Г.К. Қостанай облысының ойконимдерін талдау және жіктеу (Ұзынкөл және Қостанай аудандарының мысалында)	61
Kuanyshbayev S.B., Atasoy E., Baubekova G.K. Analysis and classification of oikonyms of Kostanay region (on the example of Uzunkol and Kostanay districts)	61
Куанышбаев С.Б., Атасой Е., Баубекова Г.К. Анализ и классификация ойконимов Костанайской области (на примере Узункольского и Костанайского районов)	61
Нигматова С.А., Жаманғара А.К., Акмағамбет Ш.Б., Мадьярова И.Т., Сейдали А., Абубакирова Н.Б., Кашаганов К.К., Задағали А.М. Қазба флорасын зерттеу негізінде палеоген мен неогеннің палеоклиматын қайта құру мүмкіндіктері (Ұлы-жыланшық өзенінің палеофлорасын мысалға ала отырып)	71
Nigmatova S.A., Zhamangara A.K., Akmagambet Sh.B., Madyarova I.T., Kashaganov K.K., Seidali A., Zadagali A.M. Possibilities for reconstructing the paleoclimate of the paleogene and neogene based on the study of fossil flora (using the example of the paleoflora of the Uly-zhilanshik river)	71
Нигматова С.А., Жаманғара А.К., Акмағамбет Ш.Б., Мадьярова И.Т., Сейдали А., Абубакирова Н.Б., Кашаганов К.К., Задағали А.М. Возможности реконструкции палеоклимата палеогена и неогена по данным изучения ископаемой флоры (на примере палеофлоры р. Улы-жыланшик)	71
Садырова Г.А., Таныбаева А.К., Базарбаева Т.А., Муканова Г.А., Нурмаханова А.С. Алматы қаласы Медеу ауданындағы қалалық жасыл желектердің экологиялық жағдайын талдау	83
Sadyrova G.A., Tanybayeva A.K., Bazarbaeva T.A., Mukanova G.A., Nurmakhanova A.S. Analysis of the ecological state of urban green spaces in the Medeu district of Almaty	83
Садырова Г.А., Таныбаева А.К., Базарбаева Т.А., Муканова Г.А., Нурмаханова А.С. Анализ экологического состояния городских зеленых насаждений Медеуского района города Алматы... ..	83
Тусупбеков Ж.А., Казаков В.А., Шарапов А.А. Маңғыт су ағыны Омбы облысының Называевск муниципалды ауданын су басу, су тасқының мәселесін шешу.....	93
Tusupbekov Zh.A., Kazakov V.A., Sharapov A.A. Mangut watercourse as a solution to the problem of flooding, flooding of the Nazyvaevsky municipal district of the Omsk region.....	93
Тусупбеков Ж.А., Казаков В.А., Шарапов А.А. Мангутский водоток как решение проблемы затопления, подтопления Называевского муниципального района Омской области.....	93



МРНТИ 31.15.35

А.В. Хачковский¹, Ю.Г. Слизов², А.С. Гага³, Р.С. Казачек⁴,
Т.Н. Волгина⁵, М.А. Гавриленко^{6*}

^{1,3,4,5}Национальный исследовательский Томский политехнический университет,
Томск, Российская Федерация

²Национальный исследовательский Томский государственный университет,
Томск, Российская Федерация

(e-mail: *dce@mail.ru, ¹mrunderhill@mail.ru, ²commerce@mail.tsu.ru, ³sleeping71@mail.ru,
⁴glenke.taval@mail.ru, ⁵glenke@tpu.ru)

Формирование антимикробных наночастиц серебра на кремнеземе

Аннотация. Синтезирован новый антимикробный материал на основе кремнезема с иммобилизованными на поверхности наночастицами серебра SiO_2/Ag^0 различного размера. Нанесение катионов Ag^+ из раствора на поверхность носителя SiO_2 и встраивание восстановленных наночастиц серебра Ag^0 в структуру кремнезема Силохром С-80 приводит к равномерному распределению наночастиц вокруг мезопор, а также способствует появлению антибактериальных свойств. Морфология, структура и кислотно-основные свойства поверхности нанокompозита определяют активность сорбционно-антимикробных материалов. Положительный заряд Ag^+ в составе полученного нанокompозита способствует взаимодействию с отрицательно заряженной оболочкой бактерий, что является дополнительным эффектом повышения активности наноструктур. Установлена преобладающая роль кислотно-основных центров SiO_2 в антибактериальной активности наноструктур SiO_2/Ag^0 и определены условия ее путем изменения размера и локализации наночастиц Ag^0 в результате термической обработки при 500 °С, которая приводит к снижению минимальной ингибирующей концентрации в 6-7 раз. Полученные результаты позволяют оценить характер влияния как наночастиц серебра, так и поверхности кремнезема на антибактериальную способность наноструктур. Величина антибактериальной активности по отношению к *E.coli* и *S.aureus* зависит от размера наночастиц, которая определяется термической обработкой после нанесения на поверхности.

Ключевые слова: наночастицы серебра, кремнезем, силохром, антимикробный материал, сорбция, здоровье, кинетика сорбции, термодинамика сорбции, нанокompозит.

DOI: <https://doi.org/10.32523/2616-6771-2023-145-4-10-24>

Введение

Распространение и бесконтрольное использование антибиотиков привело к проблеме образования резистентных штаммов бактерий [1, 2]. Наиболее перспективными

антимикробными агентами, способными частично заменить антибиотики, считаются препараты на основе наночастиц серебра [3-5]. Однако сопутствующие им недостатки, например, токсичность, нестабильный заряд поверхности, склонность к агломерации, ограничивают их применение [6]. Одним из перспективных направлений улучшения антимикробных серебросодержащих материалов является разработка сорбционной основы, представляющей собой пористый носитель с закрепленным антимикробным агентом. Положительный заряд поверхности таких нанокомпозитов способствует эффективному взаимодействию с отрицательно заряженными бактериями, обеспечивая как их сорбцию, так и контакт с частицами Ag^0 [7].

Активность антимикробных нанокомпозитов определяются морфологией, структурой и кислотно-основными свойствами поверхности адсорбента. В качестве носителей наночастиц серебра могут быть использованы разнообразные модификации оксида кремния SiO_2 , которые обладают низкой токсичностью и свойством сорбировать бактерии и вирусы [8, 9]. Поскольку поверхность SiO_2 обладает регулируемой структурой кислотных и основных центров, то способна адсорбировать модифицирующие частицы с широким набором морфологий и фазового состава [10]. В настоящее время активно ведутся работы, посвященные разработке технологии получения нового поколения антимикробных материалов SiO_2/Ag^0 , что свидетельствует о перспективности данного направления исследований [11-15]. Взаимодействие бактериальной клетки с SiO_2 обусловлено комплексом его свойств, таких, как гидрофильность, способность адсорбировать белки и химически стабилизировать антимикробные структуры через силанольные группы поверхности кремнезема [16, 17].

В основе традиционных подходов модификации различных форм SiO_2 (силикагели, кремнеземы, аморфные оксиды и подобное) лежит поверхностная импрегнация предварительно полученными частицами коллоидного серебра. Типичный синтез композитов SiO_2/Ag^0 включает получение матрицы SiO_2 при помощи золь-гель метода с использованием в качестве прекурсоров тетраэтоксисилана или тетраметоксисилана с последующей иммобилизацией наночастиц Ag^0 на поверхности пористого каркаса SiO_2 , восстановленных из солей, в основном из нитрата серебра [13, 16, 18]. Однако обработка адсорбентов коллоидным серебром приводит к появлению дополнительных органических примесей в его составе и снижает сорбционные характеристики материала вследствие слабой воспроизводимости структуры модифицированной поверхности, разброса размеров как наночастиц, так и их кластеров. Полученные такими способами композиты не находят широкого применения, поэтому существует потребность в разработке серебросодержащих антимикробных агентов, не использующих коллоидное серебро.

Перспективным методом получения материалов с антимикробными свойствами является химическое восстановление катионов серебра Ag^+ до наночастиц серебра Ag^0 непосредственно на поверхности SiO_2 [19, 20]. При восстановлении формируется пористый материал, модифицированный конгломератами наночастиц серебра. С изменением условий окисления и термической обработки прогнозируют морфологию, текстурные характеристики и, как следствие, антимикробные свойства. Основным фактором, определяющим эффективность использования кремнезёмов в качестве носителя, является их способность стабилизировать наночастицы (НЧ) Ag^0 на собственной поверхности. Нанесение катионов Ag^+ из истинного раствора на поверхность SiO_2 и восстановление НЧ Ag^0 приводит к их равномерному распределению НЧ на поверхности материала и способствует увеличению его антибактериальных свойств [21].

Постановка проблемы. Значительное влияние размера НЧ Ag на их антибактериальную активность доказано для разнообразных носителей [22-24], однако для SiO_2/Ag^0 полученные данные противоречивые. Снижение размера НЧ Ag^0 на поверхности SiO_2 варьированием концентрации нитрата серебра и времени прокалывания наноструктур с 27 нм до 6 нм предположительно минимально влияет на антибактериальную активность [23]. Авторами [24] установлено, что увеличение температуры термической обработки SiO_2/Ag^0 от 300 °С

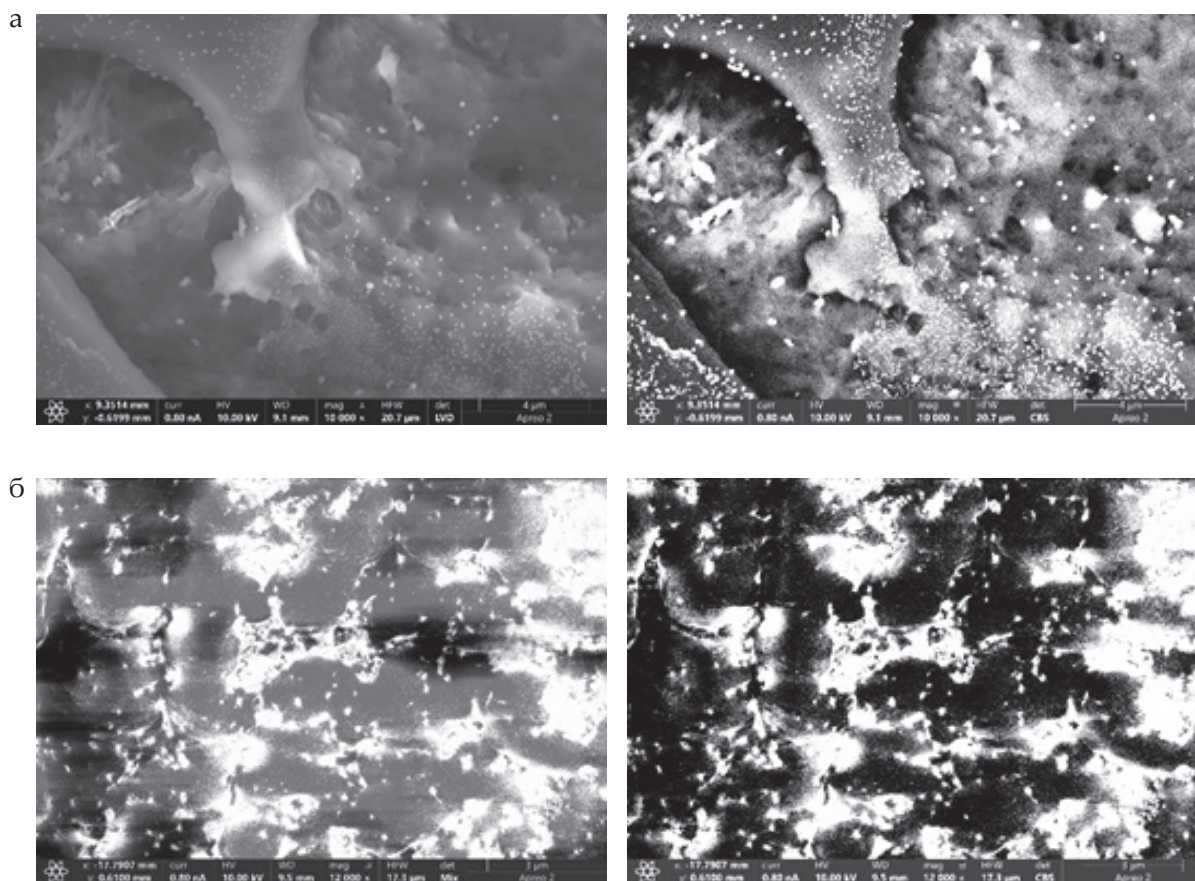
до 800 °С в течение 75 мин. способствует увеличению размера НЧ серебра и снижению количества выделяющихся катионов серебра. Однако уменьшение размера наночастиц и кластеров Ag^0 связано с увеличением минимальной ингибирующей концентрации (МИК) с 25 до 50 мкг/мл, то есть антибактериальная активность снижается [25].

Целью настоящей работы является исследование зависимости сорбционных и антимикробных свойств наноструктур SiO_2/Ag^0 от условий получения и локализации наночастиц серебра.

2. Методы исследования

2.1 Синтез антимикробного материала

В качестве основы использовали кремнезем марки Силохром С-80, который относится к классу синтетических макропористых кремнезёмов и представляет собой белые частицы неправильной формы с геометрически однородной поверхностью, обладает высокой механической прочностью, термостойкостью до 600 °С и характеризуется низким содержанием каталитически активных оксидов железа и других примесей. Для подготовки поверхности исходного Силохрома С-80, содержащего гидроксильные группы, в 150 мл разбавленной азотной кислоты, вносили 50 г Силохрома С-80 и кипятили в течение 2 ч. После этого порошок отфильтровывали и высушивали в течение 6 ч при температуре 200 °



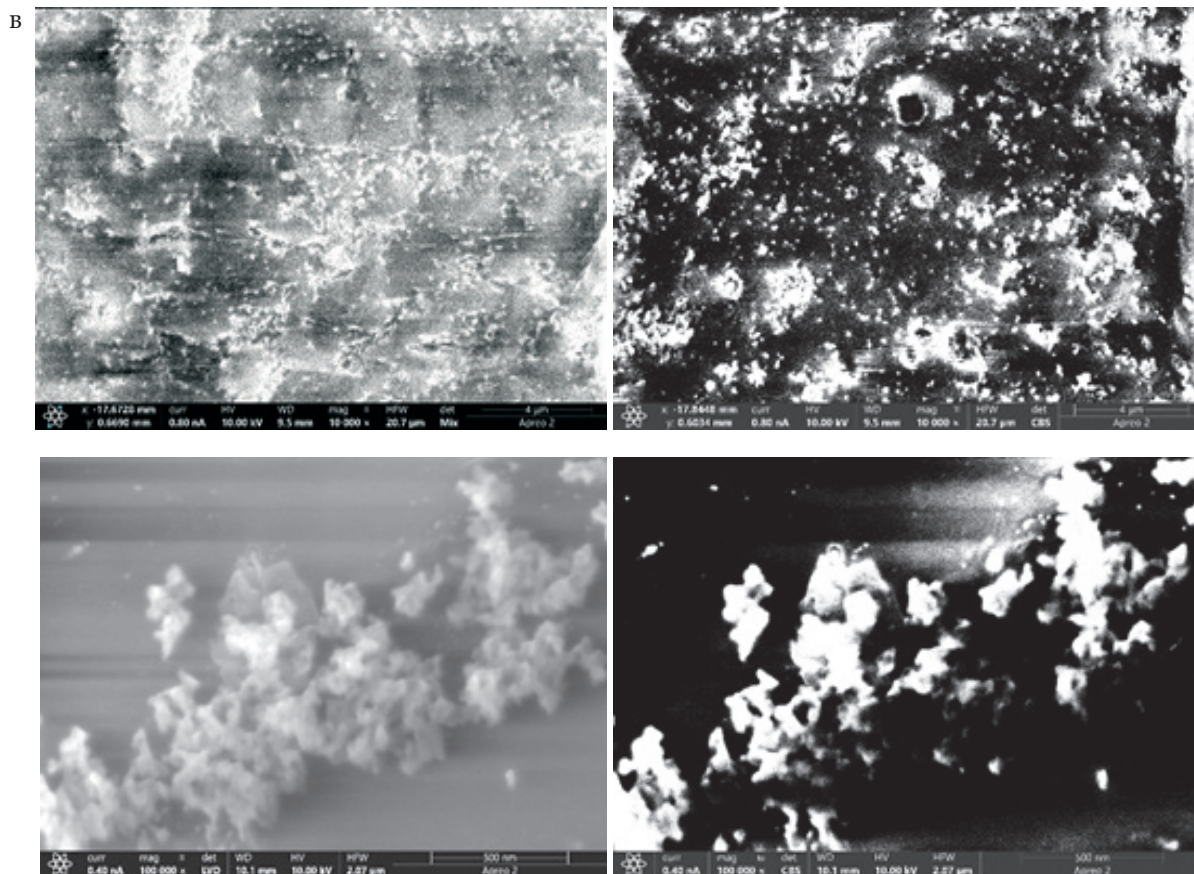


Рисунок 1. Микрофотография и распределение НЧ в образцах SiO_2/Ag^0 , полученных химическим восстановлением тетраборатом натрия (а), аскорбиновой кислотой до (б) и после (в) термической обработки.

Поверхность SiO_2/Ag^0 в результате термической обработки претерпевает структурные изменения, что влияет на их текстурные характеристики, кислотно-основные и сорбционные свойства поверхности. На кривой термодеструкции SiO_2/Ag^0 (рисунок 2, кривая 1) наблюдали 2 ступени с общей потерей 3,0 % массы. Первая потеря массы на 1 % при температуре 150 °С соответствует удалению адсорбированной воды. Вторая ступень, представленная широким максимумом при температурах 150-500 °С связана с удалением кристаллизационной воды и формированием новой текстуры поверхности, связанной с изменением размера НЧ Ag^0 .

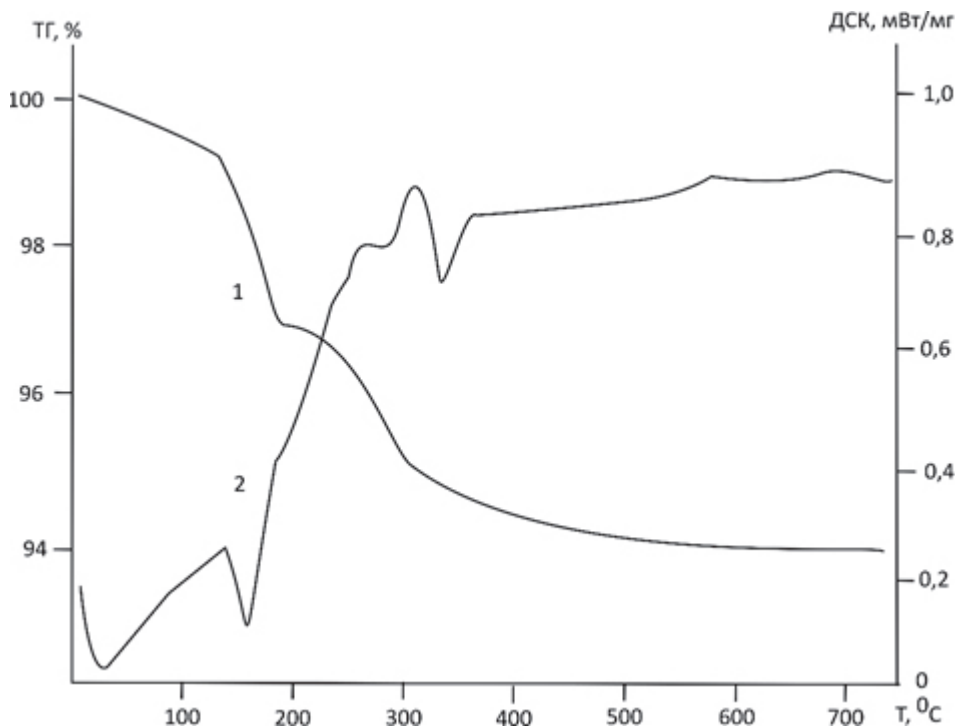


Рисунок 2 – Результаты ТГ(1)/ДСК(2) анализа SiO_2/Ag^0

Согласно результатам ПЭМ, термическая обработка SiO_2/Ag^0 при 500 °С не приводит к существенному изменению текстуры поверхности Силохрома С-80 (рисунок 1в). Основным эффектом является уменьшение размера и миграция наночастиц серебра из центра конгломерата на периферию. Такая закономерность отмечена ранее в частицах оксида кремния с нанесенными коллоидными НЧ Ag^0 в аналогичных условиях [26]. Миграция НЧ Ag^0 в силикатных структурах при прокаливании обусловлена дегидратацией в процессе нагрева, и вследствие достаточно высокой температуры возникает подвижность серебра от устьев пор и дефектов поверхности к более равномерному распределению по поверхности Силохрома С-80 с одновременным уменьшением размера кластеров до 36-42 нм и индивидуальных НЧ до 12 ± 2 нм. В работе [27] было показано, что при нагревании тонких пленок серебра их поверхность становится жидкой и распадается на кластеры серебра. Уменьшение размеров НЧ Ag^0 обусловлено разрушением крупных конгломератов и последующей миграции индивидуальных наночастиц по поверхности Силохрома С-80.

Изотерма адсорбции-десорбции азота для SiO_2/Ag^0 относится к IV типу (IUPAC), на кривых наблюдается слабый гистерезис в области капиллярной конденсации (рисунок 3а). Величина удельной поверхности составила 82 м²/г, объем пор 0,23 см³/г. Образец характеризуется широким распределением мезопор по размерам с максимумом при 15-25 нм (рисунок 3б).

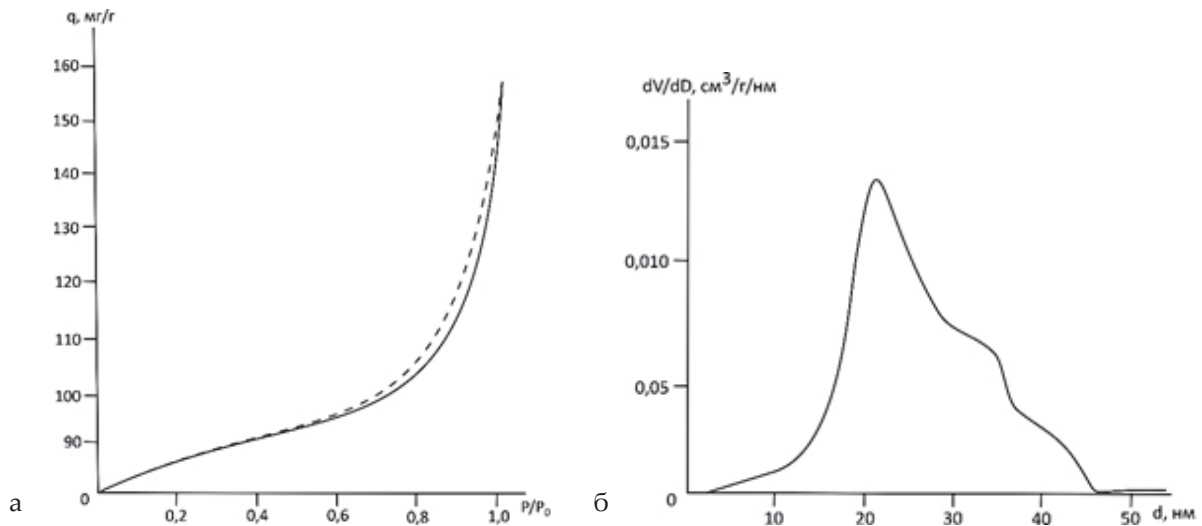


Рисунок 3 – Изотерма адсорбции-десорбции азота (а) и распределение пор по размерам (б) для SiO_2/Ag^0

Для исследования сорбционных характеристик использовали модельные красители фуксин (кислотный краситель) и Основной синий (основной краситель). На рисунке 4 представлены экспериментальные изотермы адсорбции фуксина и Основного синего. Результаты показывают, что на поверхности преимущественно адсорбируется кислотный краситель фуксин (рисунок 4а), в то время как основной краситель Основной синий адсорбируется слабо (рисунок 4б). Это свидетельствует о преобладании основных центров на поверхности (рисунок 5). Концентрационные изотермы показывают, что при начальной концентрации фуксина до 50 мг/л величина адсорбции линейно возрастает за счет сильного взаимодействия между красителем и поверхностью сорбента. При дальнейшем увеличении концентрации изотерма выходит на плато с величиной максимальной адсорбции фуксина 17 мг/г.

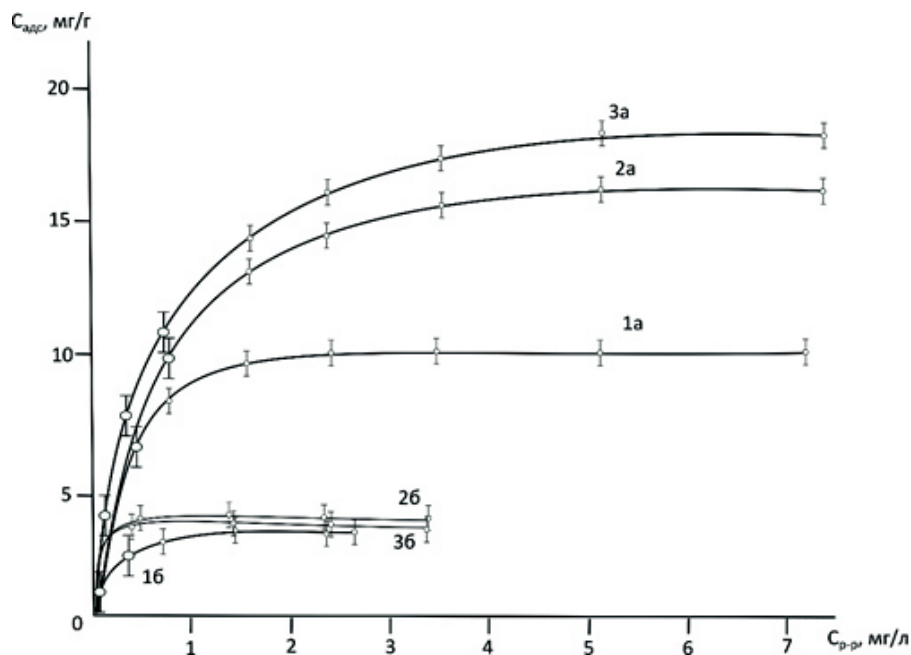


Рисунок 4 – Изотермы адсорбции фуксина (а) и Основного синего (б) для исходного (1) SiO_2 и SiO_2/Ag^0 (2) после термообработки (3).

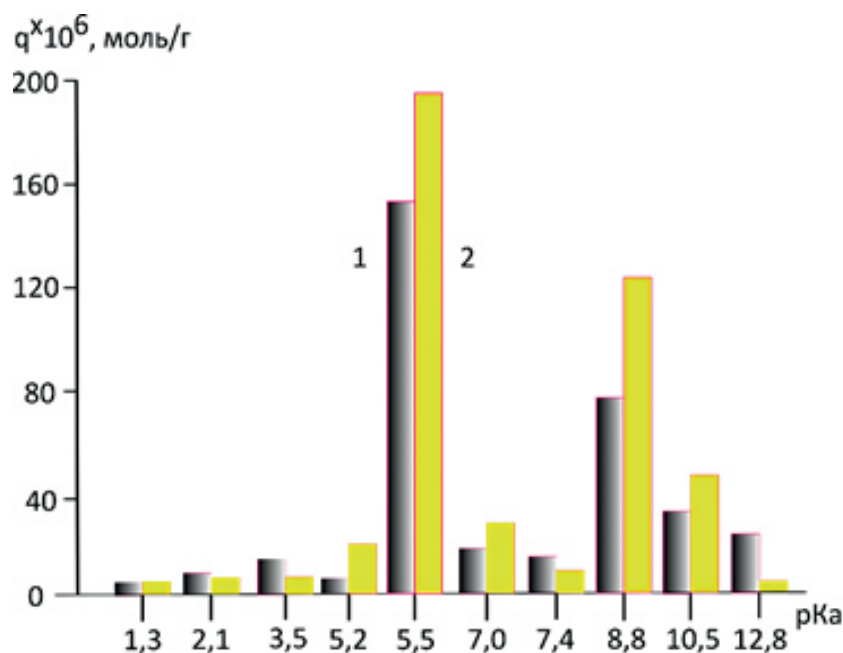


Рисунок 5 – Концентрация кислотно-основных центров на поверхности SiO₂/Ag⁰ до (1) и после (2) прокаливания при 500 °С.

На поверхности SiO₂/Ag⁰ преимущественно находятся бренстедовские основные с pKa=8,8 и pKa=10,5, а также слабокислотные центры с pKa=5,5. Основные центры различной силы зависят от типа и окружения OH⁻ групп. Слабые кислотные центры бренстедовского типа могут быть образованы молекулами воды, которые адсорбируются на катионах серебра или же на кислородных вакансиях на поверхности оксида кремния. Широкий спектр кислотных и основных центров говорит об амфотерном состоянии поверхности исходного Силохрома С-80. Наличие на поверхности модифицированных SiO₂/Ag⁰ сорбентов кислотно-основных центров с pKa 5,5 и 8,8 будет способствовать их адгезионному взаимодействию с карбоксильными группами и аминоклупами на поверхности бактериальных клеток.

На поверхности термообработанного SiO₂/Ag⁰ сохраняется исходный набор кислотно-основных центров, где преобладают бренстедовские основные центры с pKa=8,8 и слабокислотные центры с pKa=5,5. Вследствие удаления воды и миграции НЧ Ag⁰ происходит перераспределение количества центров по силе и наблюдается увеличение концентрации центров pKa 5,5 с 98·10⁻⁶ до 152·10⁻⁶ моль/г и для центров с pKa 8,8 с 48·10⁻⁶ до 85·10⁻⁶ моль/г. Концентрация остальных центров изменяется незначительно. Сохранение поверхностных кислотно-основных центров с pKa ≈5,5 и ≈8,8, на которых сорбируются бактерии с карбоксильными и аминоклупами в оболочке, способствует сохранению антимикробной активности SiO₂/Ag⁰.

3.2 Антибактериальная активность SiO₂/Ag⁰

Согласно значениям МИК (таблица 1), термическая обработка SiO₂/Ag⁰ привела к увеличению антибактериальной активности в 6-7 раз, что обусловлено снижением размера НЧ Ag⁰ до 12±2 нм, приводящему к увеличению вероятности непосредственного контакта Ag⁰ с мембраной бактериальных клеток.

Таблица 1 – Антибактериальная активность некоторых материалов SiO₂/Ag⁰

Наноструктуры	Метод получения	Размер, нм	Активность	Источник
мезопористый SiO ₂ сферические НЧ Ag ⁰	Импregnирование коллоидных НЧ Ag ⁰ на SiO ₂	кластер 120, НЧ Ag ⁰ 5–15	МИК для бактерий <i>E. coli</i> 1,0 мг/мл	[28]
нановолокна Ag/SiO ₂	совместное химическое осаждение	волокна 120±38	зона задержки роста <i>S. Mutans</i> 3,0 мм±0,3 мм	[29]
мезопористый SiO ₂ сферические конгломераты Ag ⁰	золь-гель метод	сферы 200	зоны задержки роста <i>E. coli</i> и <i>S.aureus</i> около 5 мм	[30]
мезопористый SiO ₂ сферические НЧ Ag ⁰	химическое восстановление	кластер 100, НЧ Ag ⁰ 10–15	IC ₅₀ для клеток HaCaT и HDF 12,41 мкг/мл и 27,53 мкг/мл	[31]
Ag/SiO ₂ со структурой ядро- оболочка	Метод Штобера	НЧ Ag ⁰ 20 ± 1,6	зона задержки роста <i>E.coli</i> 12 мм для концентрации НЧ 250 мкг/мл	[32]
мезопористый SiO ₂ сферические НЧ Ag ⁰	химическое восстановление	конгломерат 80-100, НЧ Ag ⁰ 15–16	МИК <i>E.coli</i> 1,30; <i>S.aureus</i> 0,64	Эта работа
	химическое восстановление с термообработкой	конгломерат 40-60, НЧ Ag ⁰ 12±2	МИК <i>E.coli</i> 0,18; <i>S.aureus</i> 0,33	

Невысокие значения МИК для исходного SiO₂/Ag⁰ можно объяснить небольшим количеством контактирующих с бактериями серебросодержащих частиц. Кроме небольшой площади непосредственного контакта с бактериями, крупный размер НЧ Ag⁰ обеспечивает слабое выделение катионов Ag⁺ в среду (рисунок 6). Термическая обработка приводит к увеличению количества выделяющихся катионов серебра, что дополнительно стимулирует антибактериальный эффект.

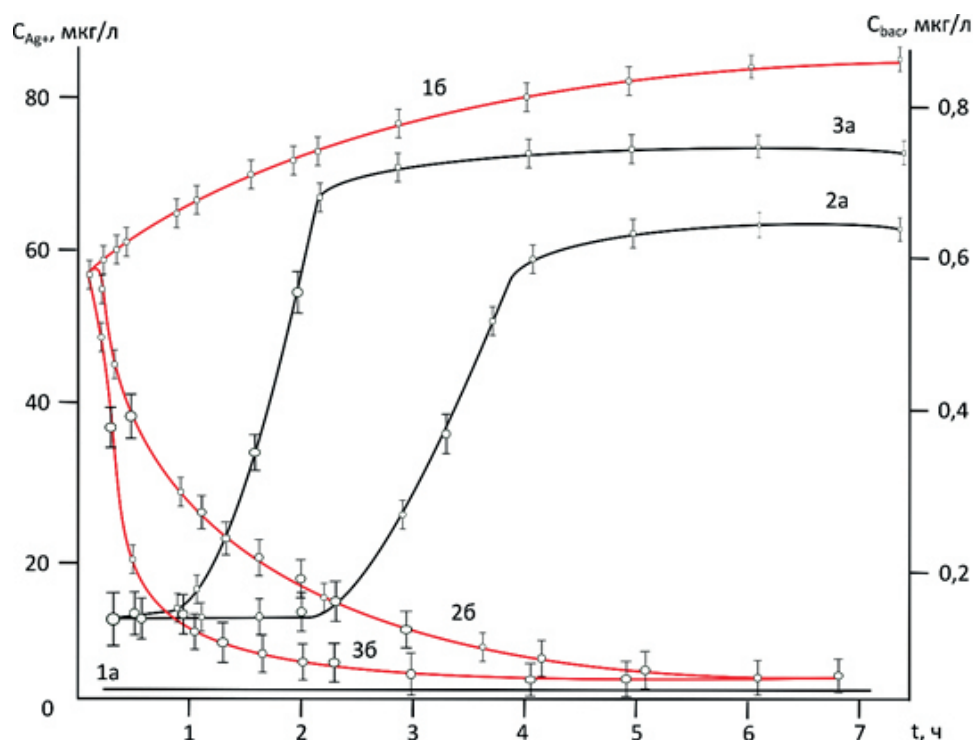


Рисунок 6 – Зависимость миграции катионов серебра (а) в бактериальную среду и роста бактерий (б) от времени от из исходного SiO_2 (1), SiO_2/Ag^0 (2) после термообработки (3).

Таким образом, антибактериальная активность SiO_2/Ag^0 основана как на механизме повреждать клеточную мембрану при непосредственном контакте, так и на способности катионов серебра растворяться с поверхности наночастиц [33]. Термообработанный SiO_2/Ag^0 демонстрирует снижение количества бактерий до их полного отсутствия через 60 мин. Дополнительно, уменьшение размера НЧ Ag^0 приводит не только к увеличению площади контакта наночастиц с бактериями, но и к более интенсивному выделению катионов Ag^+ в бактериальную среду.

4. Заключение

При химическом восстановлении катиона Ag^+ на поверхности SiO_2 образуются сферические наночастицы Ag^0 со средним размером 15 нм. Концентрация кислотно-основных центров Силохрома С-80 при рКа 5,5 и 8,8, способствующих адгезионной сорбции бактерий, позволяет решить задачу контакта грамположительных и грамотрицательных бактерий с наночастицами Ag^0 . Термообработка SiO_2/Ag^0 при 500 °С приводит к миграции НЧ Ag^0 на поверхности, также происходит уменьшение их размеров до 12 ± 2 нм, что приводит к увеличению антибактериальной активности в 6-7 раз по МИК *E.coli* 0.18 и *S.aureus* 0.33.

Исследование поддержано Министерством образования и науки Российской Федерации, грант 0721-2020-0037.

Список литературы

1. World Health Organization. (2022). 2021 antibacterial agents in clinical and preclinical development: an overview and analysis.
2. Allafchian A.R., Banifatemi S.S., Jalali S.A.H. Synthesis and characterization of Ag/SiO₂ nanoparticles embedded in TPS and TEOS sol-gel matrix with excellent antibacterial activity // *Nanoscience and Nanotechnology-Asia*. – 2018. – Vol. 8. – № 1. – P. 33-40.
3. Hajipour M.J., Fromm K.M., Ashkarran A.A., de Aberasturi D.J., de Larramendi I.R., Rojo T., Serpooshan V., Parak W.J., Mahmoudi M. Antibacterial properties of nanoparticles // *Trends in Biotechnology*. – 2012. – Vol. 30. – № 10. – P. 499-511.
4. Szczepanowicz K., Stefanska J., Socha R.P., Warszynski P. Preparation of silver nanoparticles via chemical reduction and their antimicrobial activity // *Physicochemical Problems of Mineral Processing*. – 2010. – Vol. 45. – № 2010. – P. 85-98.
5. Lok C.N., Ho C.M., R. Chen, Q.Y. He, W.Y. Yu, H. Sun, P.K. Tam, J.F. Chiu, C.M. Che Proteomic analysis of the mode of antibacterial action of silver nanoparticles // *Journal of Proteome Research*. – 2006. – Vol. 5. – № 4. – P. 916-924.
6. Yamanaka M., Hara K., Kudo J. Bactericidal actions of a silver ion solution on Escherichia coli, studied by energy-filtering transmission electron microscopy and proteomic analysis // *Applied and Environmental Microbiology*. – 2005. – Vol. 71. – № 11. – P. 7589-7593.
7. Sondi I., Salopek-Sondi B. Silver nanoparticles as antimicrobial agent: a case study on E. coli as a model for Gram-negative bacteria // *Journal of Colloid and Interface Science*. – 2004. – Vol. 275. – № 1. – P. 177-182.
8. Borthakur P., Hussain N., Darabdhara G., Boruah P. K., Sharma B., Borthakur P., Das M. R. Adhesion of gram-negative bacteria onto α-SiO₂ nanoparticles: A study of surface behaviour and interaction mechanism // *Journal of Environmental Chemical Engineering*. – 2018. – Vol. 6. – № 4. – P. 3933-3941.
9. Тарасевич И.Ю., Бондаренко В.С., Жукова И.А., Иванова Г.З. Структура модифицирующих слоев и идентификация остаточных гидрофильных групп на поверхности модифицированного кремнезема по данным адсорбционных и хроматографических измерений // *Коллоидный журнал*. – 2007. – Т. 69. – № 2. – С. 244-250.
10. Слижов Ю.Г., Гавриленко М.А. Комплексообразование с участием хелатов металлов на границе раздела фаз в газовой хроматографии // *Координационная химия*. – 2002. – Т. 28. – № 10. – С. 783-800.
11. Darabdhara G., Boruah P.K., Hussain N., Borthakur P., Sharma B., Sengupta P., Das M.R. Magnetic nanoparticles towards efficient adsorption of gram positive and gram negative bacteria: an investigation of adsorption parameters and interaction mechanism // *Colloids and Surfaces A: Physicochemical and Engineering Aspects*. – 2017. – Vol. 516. – P. 161-170.
12. Tian Y., Qi J., Zhang W., Cai Q., Jiang X. Facile, one-pot synthesis, and antibacterial activity of mesoporous silica nanoparticles decorated with well-dispersed silver nanoparticles // *ACS Applied Materials Interfaces*. – 2014. – Vol. 6. – № 3. – P. 12038-12045.
13. Allafchian A.R., Banifatemi S.S., Jalali S.A.H. Synthesis and characterization of Ag/SiO₂ nanoparticles embedded in TPS and TEOS sol-gel matrix with excellent antibacterial activity // *Nanoscience and Nanotechnology-Asia*. – 2018. – Vol. 8. – № 1. – P. 33-40.
14. Wu Z.G., Jia Y.R., Wang J., Guo Y., Gao J.F. Core-shell SiO₂/Ag composite spheres: synthesis, characterization and photocatalytic properties // *Materials Science-Poland*. – 2016. – Vol. 34. – № 4. – P. 806-810.
15. Cheng Y., Wang M., Fang C., Wei Y., Chen J., Zhang J. Variability and improvement of optical and antimicrobial performances for CQDs/mesoporous SiO₂/Ag NPs composites via in situ synthesis // *Green Processing and Synthesis*. – 2021. – Vol. 10. – № 1. – P. 403-411.
16. Adamska E., Niska K., Wcislo A., Grobelna B. Characterization and cytotoxicity comparison of silver- and silica-based nanostructures // *Materials*. – 2021. – Vol. 14. – № 17. – P. 4987.
17. Alimunnisa J., Ravichandran K., Meena K.S. Synthesis and characterization of Ag@SiO₂ core-shell nanoparticles for antibacterial and environmental applications // *Journal of Molecular Liquids*. – 2017. – Vol. 231. – P. 281-287.

18. Wang X., Sun W., Yang W., Gao S., Sun C., Li Q. Mesoporous silica-protected silver nanoparticle disinfectant with controlled Ag⁺ ion release, efficient magnetic separation, and effective antibacterial activity // *Nanoscale Advances*. – 2019. – Vol. 1. – № 2. – P. 840–848.
19. Ayawei N., Ebelegi A.N., Wankasi D. Modelling and interpretation of adsorption isotherms // *Journal of Chemistry*. – 2017. – Vol. 2017. – P. 1–11.
20. Elmorsi T.M. Equilibrium isotherms and kinetic studies of removal of methylene blue dye by adsorption onto miswak leaves as a natural adsorbent // *Journal of Environmental Protection*. – 2011. – Vol. 2. – № 06. – P. 817–827.
21. Saeb A., Alshammari A.S., Al-Brahim H., Al-Rubeaan K.A. Production of silver nanoparticles with strong and stable antimicrobial activity against highly pathogenic and multidrug resistant bacteria // *The Scientific World Journal*. – 2014. – Vol. 2014. – P. 704–708.
22. Feng Q.L., Wu J., Chen G.Q., Cui F.Z., Kim T.N., Kim J.O. A mechanistic study of the antibacterial effect of silver ions on *Escherichia coli* and *Staphylococcus aureus* // *Journal of Biomedical Materials Research*. – 2000. – Vol. 52. – № 4. – P. 662–668.
23. Agnihotri S., Mukherji S., Mukherji S. Size-controlled silver nanoparticles synthesized over the range 5–100 nm using the same protocol and their antibacterial efficacy // *RSC Advanced*. – 2014. – Vol. 4. – № 8. – P. 3974–3983.
24. Skomorokhova E.A., Sankova T.P., Orloy I.A., Savelev A.N., Magazenkova D.N., Pliss M.G., Skvortsov A.N., Sosnin I.M., Kirilenko D.A., Grishchuk I.V., Sakhenberg E.I., Polishchuk E.V., Brunkov P.N., Romanov A.E., Puchkova L.V., Ilyechova E.Y. Size-dependent bioactivity of silver nanoparticles: antibacterial properties, influence on copper status in mice, and whole-body turnover // *Nanotechnology, Science and Applications*. – 2020. – Vol. 13. – P. 137–157.
25. Qin R., Li G., Pan L., Han Q., Sun Y., He Q. Preparation of SiO₂@Ag composite nanoparticles and their antimicrobial activity // *Journal of nanoscience and nanotechnology*. – 2017. – Vol. 17. – № 4. – P. 2305–2311.
26. Granbohm H., Larismaa J., Ali S., Johansson L.S., Hannula S.P. Control of the size of silver nanoparticles and release of silver in heat treated SiO₂-Ag composite powders // *Materials*. – 2018. – Vol. 11. – № 1. – P. 80.
27. Громов Д., Козлитин А., Савицкий А., Трифонов А. Кинетика формирования кластеров серебра на аморфном углероде при вакуумно-термическом испарении // *Электроника: Наука, технология, бизнес*. – 2014. – № 5. – С. 116–121.
28. Gankhuyag S., Bae D.S., Lee K., Lee S. One-pot synthesis of SiO₂@Ag mesoporous nanoparticle coating for inhibition of *Escherichia coli* bacteria on various surfaces // *Nanomaterials*. – 2021. – Vol. 11. – № 2. – P. 549.
29. Ardestani S.S., Bonan R.F., Mota M.F., Farias R.M.C., Menezes R.R., Bonan P.R.F., Maciel P.P., Ramos-Perez F.M.M., Batista A.U.D., da Cruz Perez D.E. Effect of the incorporation of silica blow spun nanofibers containing silver nanoparticles (SiO₂/Ag) on the mechanical, physicochemical, and biological properties of a low-viscosity bulk-fill composite resin // *Dental Materials*. – 2021. – Vol. – № 10. – P. 1615–1629.
30. Cheng Y., M. Wang, C. Fang, Y. Wei, J. Chen, J. Zhang Variability and improvement of optical and antimicrobial performances for CQDs/mesoporous SiO₂/Ag NPs composites via in situ synthesis // *Green Processing and Synthesis*. – 2021. – Vol. 10. – № 1. – P. 403–411.
31. Adamska E., Niska K., Wcislo A., Grobelna B. Characterization and cytotoxicity comparison of silver-and silica-based nanostructures // *Materials*. – 2021. – Vol. 14. – № 17. – P. 4987.
32. Alimunnisa J., Ravichandran K., Meena K.S. Synthesis and characterization of Ag@SiO₂ core-shell nanoparticles for antibacterial and environmental applications // *Journal of Molecular Liquids*. – 2017. – Vol. 231. – P. 281–287.
33. Ahmad S.A., Das S.S., Khatoon A., Ansari M.T., Afzal M., Hasnain M.S., Nayak A.K. Bactericidal activity of silver nanoparticles: A mechanistic review // *Materials Science for Energy Technologies*. – 2020. – Vol. 3. – P.756–769.

А.В. Хачковский¹, Ю.Г. Слизов², А.С. Гага¹, Р.С. Казачек¹, Т.Н. Волгина¹,
М.А. Гавриленко²

¹Ұлттық зерттеу Томск политехникалық университеті, Томск, Ресей Федерациясы

²Ұлттық зерттеу Томск мемлекеттік университеті, Томск, Ресей Федерациясы

Кремнеземде антимикробты күміс нанобөлшектерінің түзілуі

Аңдатпа. Бетінде әртүрлі өлшемді SiO_2/Ag^0 күміс нанобөлшектері бар кремний диоксиді негізіндегі жаңа микробқа қарсы материал синтезделді. Ерітіндіден Ag^+ катиондарын SiO_2 тасымалдаушысының бетіне отырғызу және тотықсызданған Ag^0 күміс нанобөлшектерін силохром С-80 кремний диоксиді құрылымына енгізу нанобөлшектердің мезопоралардың айналасында біркелкі таралуына әкелді, сонымен қатар антибактериялық қасиеттердің пайда болуына ықпал етті. SiO_2/Ag^0 наноқұрылымдарының антибактериялық белсенділігінде SiO_2 қышқылды-негізді орталықтарының шешуші рөлі анықталып, оның 500°C температурада термиялық өңдеу нәтижесінде Ag^0 нанобөлшектерінің мөлшері мен локализациясын өзгерту арқылы өзгерту шарттары анықталды, бұл минималды ингибируші концентрацияның 6-7 есе төмендеуіне әкелетіні көрсетілді.

Түйін сөздер: күміс нанобөлшектері, кремний диоксиді, силохром, антимикробты материал, сорбция, денсаулық, сорбция кинетикасы, сорбция термодинамикасы, микроскопия, нанокөмір

A.V. Khachkovsky¹, Yu.G. Slizhov², A.S. Gaga¹, R.S. Kazachek¹, T.N. Volgina¹,
M.A. Gavrilenko²

¹National Research Tomsk Polytechnic University, Tomsk, Russian Federation

²National Research Tomsk State University, Tomsk, Russian Federation

Formation of antimicrobial silver nanoparticles on silica

Abstract. A new antimicrobial material based on silica with SiO_2/Ag^0 silver nanoparticles of various sizes immobilized on the surface has been synthesized. The application of Ag^+ cations from the solution to the surface of the SiO_2 carrier and the embedding of reduced Ag^0 silver nanoparticles into the Silochrome C-80 silica structure leads to a uniform distribution of nanoparticles around mesopores, and also contributes to the appearance of antibacterial properties. The decisive role of acid-base SiO_2 centers in the antibacterial activity of SiO_2/Ag^0 nanostructures has been established and its conditions have been determined by changing the size and localization of Ag^0 nanoparticles as a result of heat treatment at 500°C , which leads to a decrease in the minimum inhibitory concentration by 6-7 times.

Keywords: silver nanoparticles, silica, silochrome, antimicrobial material, sorption, health, sorption kinetics, sorption thermodynamics, microscopy, nanocomposite

References

1. World Health Organization. (2022). 2021 antibacterial agents in clinical and preclinical development: an overview and analysis.
2. Allafchian A.R., Banifatemi S.S., Jalali S.A.H. Synthesis and characterization of Ag/SiO_2 nanoparticles embedded in TPS and TEOS sol-gel matrix with excellent antibacterial activity, *Nanoscience and Nanotechnology-Asia*, 8, 1, 33-40(2018).
3. Hajipour M.J., Fromm K.M., Ashkarran A.A., de Aberasturi D.J., de Larramendi I.R., Rojo T., Serpooshan V., Parak W.J., Mahmoudi M. Antibacterial properties of nanoparticles, *Trends in Biotechnology*, 30, 10, 499-511(2012).
4. Szczepanowicz K., Stefanska J., Socha R.P., Warszynski P. Preparation of silver nanoparticles via chemical reduction and their antimicrobial activity, *Physicochemical Problems of Mineral Processing*, 2010, 85-98(2010).

5. Lok C.N., Ho C.M., R. Chen, Q.Y. He, W.Y. Yu, H. Sun, P.K. Tam, J.F. Chiu, C.M. Che Proteomic analysis of the mode of antibacterial action of silver nanoparticles, *Journal of Proteome Research*, 5, 4, 916–924(2006).
6. Yamanaka M., Hara K., Kudo J. Bactericidal actions of a silver ion solution on *Escherichia coli*, studied by energy-filtering transmission electron microscopy and proteomic analysis, *Applied and Environmental Microbiology*, 71, 11, 7589-7593(2005).
7. Sondi I., Salopek-Sondi B. Silver nanoparticles as antimicrobial agent: a case study on *E. coli* as a model for Gram-negative bacteria, *Journal of Colloid and Interface Science*, 275, 1, 177-182(2004).
8. Borthakur P., Hussain N., Darabdharma G., Boruah P. K., Sharma B., Borthakur P., Das M. R. Adhesion of gram-negative bacteria onto α -SiO₂ nanoparticles: A study of surface behaviour and interaction mechanism, *Journal of Environmental Chemical Engineering*, 6, 4, 3933-3941(2018).
9. Tarasevich I.YU., Bondarenko V.C., Zhukova I.A., Ivanova G.Z. Структура модифицирующихся слоев и идентификация октаэдрических гидрофильных групп на поверхности модифицированного кремнезема по данным адсорбционных и хроматографических измерений [Structure of modifying layers and identification of residual hydrophilic groups on the surface of modified silica according to adsorption and chromatographic measurements], *Kolloidnyj zhurnal [Colloidal Journal]*. 69(2). 244–250(2007). [in Russian]
10. Slizhov Yu.G., Gavrilenko M.A. Комплексообразование с участием хелатов металлов на границе раздела фаз в газовой хроматографии [Complexation involving metal chelates at the phase interface in gas chromatography], *Koordinatsionnaya himiya [Coordination chemistry]*. 28(10)783–800(2001). [in Russian]
11. Darabdharma G., Boruah P.K., Hussain N., Borthakur P., Sharma B., Sengupta P., Das M.R. Magnetic nanoparticles towards efficient adsorption of gram positive and gram negative bacteria: an investigation of adsorption parameters and interaction mechanism, *Colloids and Surfaces A: Physicochemical and Engineering Aspects*, 516, 161–170(2017).
12. Tian Y., Qi J., Zhang W., Cai Q., Jiang X. Facile, one-pot synthesis, and antibacterial activity of mesoporous silica nanoparticles decorated with well-dispersed silver nanoparticles, *ACS Applied Materials Interfaces*, 6, 3, 12038-12045(2014).
13. Allafchian A.R., Banifatemi S.S., Jalali S.A.H. Synthesis and characterization of Ag/SiO₂ nanoparticles embedded in TPS and TEOS sol-gel matrix with excellent antibacterial activity, *Nanoscience and Nanotechnology-Asia*, 8, 1, 33–40(2018).
14. Wu Z.G., Jia Y.R., Wang J., Guo Y., Gao J.F. Core-shell SiO₂/Ag composite spheres: synthesis, characterization and photocatalytic properties, *Materials Science-Poland*, 34, 4, 806-810(2016).
15. Cheng Y., Wang M., Fang C., Wei Y., Chen J., Zhang J. Variability and improvement of optical and antimicrobial performances for QCDs/mesoporous SiO₂/Ag NPs composites via in situ synthesis, *Green Processing and Synthesis*, 10, 1, 403–411(2021).
16. Adamska E., Niska K., Wcislo A., Grobelna B. Characterization and cytotoxicity comparison of silver- and silica-based nanostructures, *Materials*, 14, 17, 4987(2021).
17. Alimunnisa J., Ravichandran K., Meena K.S. Synthesis and characterization of Ag@SiO₂ core-shell nanoparticles for antibacterial and environmental applications, *Journal of Molecular Liquids*, 231, 281–287 (2017).
18. Wang X., Sun W., Yang W., Gao S., Sun C., Li Q. Mesoporous silica-protected silver nanoparticle disinfectant with controlled Ag⁺ ion release, efficient magnetic separation, and effective antibacterial activity, *Nanoscale Advances*, 1, 2, 840–848(2019).
19. Ayawei N., Ebelegi A.N., Wankasi D. Modelling and interpretation of adsorption isotherms, *Journal of Chemistry*, 2017, 1–11(2017).
20. Elmorsi T.M. Equilibrium isotherms and kinetic studies of removal of methylene blue dye by adsorption onto miswak leaves as a natural adsorbent, *Journal of Environmental Protection*, 2, 817–827(2011).
21. Saeb A., Alshammari A.S., Al-Brahim H., Al-Rubeaan K.A. Production of silver nanoparticles with strong and stable antimicrobial activity against highly pathogenic and multidrug resistant bacteria, *The Scientific World Journal*, 2014, 704–708(2014).
22. Feng Q.L., Wu J., Chen G.Q., Cui F.Z., Kim T.N., Kim J.O. A mechanistic study of the antibacterial effect of silver ions on *Escherichia coli* and *Staphylococcus aureus*, *Journal of Biomedical Materials Research*, 52, 4, 662–668(2000).
23. Agnihotri S., Mukherji S., Mukherji S. Size-controlled silver nanoparticles synthesized over the range 5–100 nm using the same protocol and their antibacterial efficacy, *RSC Advanced*, 4, 8, 3974–3983(2014).

24. Skomorokhova E.A., Sankova T.P., Orloy I.A., Savelev A.N., Magazenkova D.N., Pliss M.G., Skvortsov A.N., Sosnin I.M., Kirilenko D.A., Grishchuk I.V., Sakhenberg E.I., Polishchuk E.V., Brunkov P.N., Romanov A.E., Puchkova L.V., Ilyechova E.Y. Size-dependent bioactivity of silver nanoparticles: antibacterial properties, influence on copper status in mice, and whole-body turnover, *Nanotechnology, Science and Applications*, 13, 137–157(2020).
25. Qin R., Li G., Pan L., Han Q., Sun Y., He Q. Preparation of SiO₂@Ag composite nanoparticles and their antimicrobial activity, *Journal of nanoscience and nanotechnology*, 17, 4, 2305–2311(2017).
26. Granbohm H., Larismaa J., Ali S., Johansson L.S., Hannula S.P. Control of the size of silver nanoparticles and release of silver in heat treated SiO₂-Ag composite powders, *Materials*, 11, 1, 80(2018).
27. Gromov D., Kozlitsin A., Savickij A., Trifonov A. Kinetika formirovaniya klasterov serebra na amorfnom uglirode pri vakuumno-termicheskom isparenii [Kinetics of the formation of silver clusters on amorphous carbon during vacuum-thermal evaporation], *Elektronika: Nauka, tekhnologiya, biznes* [Electronics: Science, Technology, Business]. (5) 116–121(2014). [in Russian]
28. Gankhuyag S., Bae D.S., Lee K., Lee S. One-pot synthesis of SiO₂@Ag mesoporous nanoparticle coating for inhibition of escherichia coli bacteria on various surfaces, *Nanomaterials*, 11, 2, 549(2021).
29. Ardestani S.S., Bonan R.F., Mota M.F., Farias R.M.C., Menezes R.R., Bonan P.R.F., Maciel P.P., Ramos-Perez F.M.M., Batista A.U.D., da Cruz Perez D.E. Effect of the incorporation of silica blow spun nanofibers containing silver nanoparticles (SiO₂/Ag) on the mechanical, physicochemical, and biological properties of a low-viscosity bulk-fill composite resin, *Dental Materials*, 10, 1615–1629(2021).
30. Cheng Y., M. Wang, C. Fang, Y. Wei, J. Chen, J. Zhang Variability and improvement of optical and antimicrobial performances for CQDs/mesoporous SiO₂/Ag NPs composites via in situ synthesis, *Green Processing and Synthesis*, 10, 1, 403–411(2021).
31. Adamska E., Niska K., Wcislo A., Grobelna B. Characterization and cytotoxicity comparison of silver-and silica-based nanostructures, *Materials*, 14, 17, 4987(2021).
32. Alimunnisa J., Ravichandran K., Meena K.S. Synthesis and characterization of Ag@SiO₂ core-shell nanoparticles for antibacterial and environmental applications, *Journal of Molecular Liquids*, 231, 281–287(2017).
33. Ahmad S.A., Das S.S., Khatoon A., Ansari M.T., Afzal M., Hasnain M.S., Nayak A.K. Bactericidal activity of silver nanoparticles: A mechanistic review, *Materials Science for Energy Technologies*, 3, 756–769(2020).

Сведения об авторах:

Хачковский Антон Викторович – аспирант отделения химической инженерии, Национальный исследовательский Томский политехнический университет, проспект Ленина 30, Томск, Российская Федерация.

Слизов Юрий Геннадьевич – кандидат химических наук, заведующий кафедрой органической химии, Национальный исследовательский Томский государственный университет, проспект Ленина 30, Томск, Российская Федерация.

Гага Анастасия Сергеевна – аспирант отделения химической инженерии, Национальный исследовательский Томский политехнический университет, проспект Ленина 30, Томск, Российская Федерация.

Казачек Роман Сергеевич – аспирант отделения химической инженерии, Национальный исследовательский Томский политехнический университет, проспект Ленина 30, Томск, Российская Федерация.

Волгина Татьяна Николаевна – кандидат химических наук, доцент отделения химической инженерии, Национальный исследовательский Томский политехнический университет, проспект Ленина 30, Томск, Российская Федерация.

Гавриленко Михаил Алексеевич – автор для корреспонденции, доктор химических наук, профессор кафедры органической химии, Национальный исследовательский Томский государственный университет, проспект Ленина 30, Томск, Российская Федерация.

Khachkovsky Anton Viktorovich – Postgraduate Student, Department of Chemical Engineering, National Research Tomsk Polytechnic University, 30, Lenin, Tomsk, Russian Federation.

Slizhov Yuri Gennadievich– Candidate of Chemical Sciences, Head of the Department of Organic Chemistry, Faculty of Chemistry, National Research Tomsk State University, 30, Lenin, Tomsk, Russian Federation.

Anastasia Sergeevna Gaga – Postgraduate Student, Department of Chemical Engineering, National Research Tomsk Polytechnic University, 30, Lenin, Tomsk, Russian Federation.

Kazachek Roman Sergeevich – Postgraduate Student, Department of Chemical Engineering, National Research Tomsk Polytechnic University, 30, Lenin, Tomsk, Russian Federation.

Volgina Tatiana Nikolaevna – Candidate of Chemical Sciences, Associate Professor, Department of Chemical Engineering, National Research Tomsk Polytechnic University, 30, Lenin, Tomsk, Russian Federation.

Gavrilenko Mikhail Alekseevich – corresponding author, Doctor of Chemical Sciences, Professor, Department of Organic Chemistry, Faculty of Chemistry, National Research Tomsk State University, 30, Lenin, Tomsk, Russian Federation.



Copyright: © 2023 by the authors. Submitted for possible open access publication under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution (CC BY NC) license (<https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/>).

A. Kolpek^{*}, M.K. Kazankapova², A. Perdekhanova¹

¹L.N. Gumilyov Eurasian National University,
Astana, Kazakhstan

²Institute of Coal Chemistry and Technology,
Astana, Kazakhstan

(E-mail: ^{*}aynagulk@mail.ru, ²maira_1986@mail.ru, ¹perdekhanova00@mail.ru)

Purification of wastewater using domestic carbon adsorbents and conducting physico-chemical analysis of water composition

Abstract. *In the face of population growth around the world and increased demand for the depletion of fresh water sources, various strategies are being implemented to improve the efficiency of water use. Wastewater treatment and reuse are among the most effective strategies, especially if the treated water can be reused. In countries that are heavily dependent on fresh water sources, it is always important to ensure that water quality does not deteriorate due to natural organic matter, which is formed by the decomposition of plant and animal substances. Water scarcity is a growing global problem caused by a combination of factors such as population growth, climate change, and unstable water management practices.*

In this article, an accredited analytical laboratory of sewage treatment plants of the state enterprise «Astana Su Arnasy» carried out wastewater treatment with domestic carbon-containing adsorbents (Shubarkol, Shoptkyol, humic acid, carbon molecular sieves, technical carbon) and carried out a chemical analysis of the water content. The results of the study revealed that samples obtained on the basis of carbon materials, in particular, can be used as adsorbents for cleaning liquid media (from suspended solids, heavy metal salts, surfactants, petroleum products, etc.).

Keywords: *waste water, adsorbent, carbonization, humic acid, activated carbon, carbon.*

DOI: <https://doi.org/10.32523/2616-6771-2023-145-4-25-35>

Introduction. Water is the fundamental principle of life, the basis of ecological systems, a necessary condition for any social and economic processes. Issues of water as an environmental, social and economic factor are identified as a priority in the “Concept of the transition of the Republic of Kazakhstan to sustainable development for 2007-2024”, approved by Decree of the President of the country No. 216 of November 14, 2006. Providing the population with drinking water that meets the physiological needs of the human body is named in the Concept as the most important tool for increasing the average life expectancy of the country’s population. The conservation of the planet’s water resources is considered one of the main tasks in the development of modern science, and the purification and efficient use of water resources is an important stage in its solution.

According to the UN, over the past 50 years, the provision of water resources to the population of Central Asian countries has decreased by almost 3.5 times and, according to calculations, by 2025 it may reach a critical level - 1.7 cubic meters per person per year. This situation makes us think about being careful with water [1]. Currently, the availability of drinking water and, in general, the characteristics of water supply systems in Kazakhstan remain unsatisfactory. The value of drinking water in Kazakhstan is increasing due to limited water resources, the high degree of their pollution, and the uneven distribution of their reserves throughout the country.

In each hydrographic region of the country, enterprises of various types of industry predominate, with significant water consumption and, accordingly, significant costs of discharged wastewater. Such enterprises include primarily oil refining, metallurgical, pulp and paper, chemical, coal (CHP, state district power plants, boiler houses), metalworking, machine-building, ore mining, food enterprises (meat, milk, wool, leather processing), as well as light industry enterprises, energy, agriculture (poultry farms, livestock complex).

There have been several new developments in water purification in recent years. Alternatives have presented themselves for classical and conventional water purification systems [2]. Improved wastewater treatment has become an area of global attention as individuals, communities, industries and countries strive to ensure that essential resources are accessible and recyclable. Advanced wastewater treatment technologies, coupled with a reduction in water recycling initiatives, offer hope for slowing and possibly stopping the inevitable loss of useful water [3, 4].

Deep cleaning of industrial and domestic wastewater of various facilities is one of the main environmental problems of modern society. Every year, the requirements for standards for the maximum concentration of purified substances from wastewater are tightened, and the anthropogenic and man-made pressure on the hydrosphere is steadily increasing. Industrial wastewater is characterized by a different chemical composition of components that directly depend on the production process. The most dangerous is tap water with high toxic organic matter. Such a composition of wastewater is characteristic of the oil refining, petrochemical and textile industries, where the surface of the waters is dominated by active substances, phenols, aldehydes, petroleum products, etc. In turn, the maximum concentration of water in these substances is about 100 mg and milligrams, and these indicators require purification methods [5].

Around the world, water objects are suffering from toxic wastewater and are steadily deteriorating in quality, as industrialization, along with urbanization, has caused excessive wastewater discharge and led to serious environmental pollution. These toxic effluents damage the water biota. Industrial wastewater pollutes surface water, but also pollutes underground aquifers. Due to the bad smell, color, and turbidity of wastewater, most industrial processes use fresh water instead of waste water. Increasing pressure on demand for fresh water has led to severe pollution. Thus, wastewater treatment is recognized as an important problem worldwide, and with the help of wastewater treatment, the problem of water scarcity can be solved [6].

In the past few years, various physical, chemical, biological and combined wastewater treatment processes have been studied and developed. Various studies have shown that the traditional and non-traditional treatment processes adopted for the intake of wastewater cannot sufficiently reduce the level of pollutants to the point that they can be reused and the pathogen reduced. However, due in part to degradation and the destruction of pollutants, wastewater still poses a serious threat to underground and surface water, from where it can enter the food chain and affect humans as well as the river ecosystem [7,8].

The main methods of wastewater treatment are divided into three stages: primary treatment, including sand removal, screening, grinding and settling; secondary treatment, which involves the oxidation of dissolved organic matter using biologically active sludge, which is then filtered; and tertiary treatment, which uses advanced biological methods for nitrogen removal and chemical and physical methods such as granular filtration and activated carbon absorption, etc. [9,10].

Physical-chemical methods of wastewater treatment include the processes of flocculation, coagulation, deposition, filtration, ultrafiltration, reverse osmosis, etc. These methods are based on the use of chemical reagents to change the physicochemical properties of wastewater, such as pH, temperature, salt concentration. This allows the removal of various pollutants from wastewater, such as heavy metals, petroleum products, organic and inorganic compounds [6]. Physicochemical methods for treating urban wastewater, taking into account technical and economic indicators, are used very rarely. These methods are mainly used for the treatment of industrial wastewater [9].

Deep treatment of wastewater by the physical-chemical method, including the adsorption method, is an effective and energy-saving method for removing pollution. The adsorption method differs from other methods and has many advantages, today it is widely used when reusing treated wastewater, as well as for the preparation of domestic and drinking water. There are known works [11,12] of scientists from the USA, Japan, Great Britain, Germany and other countries on the purification of industrial and wastewater.

At the same time, the complex use of natural mineral resources is an urgent problem of our time. Kazakhstan is rich in coal deposits, which are an environmentally safe material for creating a sorbent for cleaning water and air. But the sorbic properties of these materials are not very high, so they must be chemically modified, processed. As a result of processing, much better properties are obtained compared to the original sorbent.

Most traditional synthesis methods use expensive carbon precursors, which results in high production costs and limits its industrial expansion and application. Replacing existing carbon feedstocks with abundant, low-cost coal will bring significant benefits. Large-scale production of carbon sorbents from coal is cost-effective compared to processes that use polymeric materials and precursors and can make a significant contribution to wastewater treatment and enable the commercialization of low-cost environmentally friendly products for global benefit.

The huge demand for high-quality brands of activated carbon that meet the requirements of specific technological regulations is leading engineers and scientists to develop new methods for producing sorbents, as well as finding the optimal raw material base [6].

Currently, the raw materials for the production of sorbents are wood and cellulose [13, 14], peat [15], brown and hard coal [16], liquid and gaseous hydrocarbons [17], synthetic polymers [18], plant waste [19] other raw materials.

Practical part. Sorbents from ores with rich natural reserves were used as primary raw materials in Kazakhstan. These sorbents were obtained in the «Laboratory of carbon nanocomposite materials» of «Institute of coal chemistry and Technology» LLP (Astana).

Activated adsorbents were obtained by carbonization and activation in argon and water vapor at 973 K, and the physicochemical characteristics and surface morphology of the samples under study were studied.

Humic substances were obtained from oxidized brown coal, purified, and determined in accordance with the recommendations of the International Humic Substances Society (IHSS). Humic acids were prepared based on potassium humates by acidifying them with a 5% acid solution to pH 2–2,5; as a result of the reaction, humic acids precipitated in the form of amorphous brown sediments.

The moisture content, ash content and volatility of the samples were determined using a Thermoster Eltra thermogravimetric analyzer (according to ASTM D7582-12). The total pore volume, bulk density, pH of the aqueous extract, and adsorption activity for methyl orange were determined in accordance with the methods of [6]. The adsorption characteristics of sorbents (specific surface area) were studied by the Brunauer–Emmett–Teller (BET) method, measurements were carried out on a KATAKON Sorbtometer M device. Determination of the pH value of adsorbents in water. To do this, 5 gr of each sorbent was weighed and placed in a 50 ml flask, and distilled water was poured on top. Then it was boiled on the stove for 3 minutes, then filtered with filter paper, and its value was checked on the pH meter.

BOD5 measures the mass of molecular oxygen consumed by microorganisms for five days in a liter of water at 20°C in the dark. There are several ways to measure BOD5. The most widely used physical-chemical method uses a dissolved oxygen probe to measure the concentration of O₂ in a representative sample, the operation is repeated after an incubation period of 5 days. BOD5 is the difference between the two dimensions. The results are expressed in mg/l. Sometimes it is necessary to dilute the sample before measuring BOD5. In cases where the BOD is particularly high, all dissolved O₂ can be used practically until the end of the 5-day period. The performance of a wastewater treatment plant is measured using PE (population equivalents) based on BOD5. COD or «chemical oxygen demand» measures the amount of oxygen needed to decompose by

oxidizing all organic and inorganic substances. But let me remind you that BOD5 only measures the oxygen consumption of microorganisms, that is, biodegradable pollution. Thus, KOK 5 which measures biodegradable and non-biodegradable pollution, is higher than BOD5. COD/BOD5 ratio measures wastewater biodegradability:

- 1) < 2: wastewater is easily biodegradable
- 2) 2 to 4: the wastewater is biodegradable on average
- 3) 4: wastewater is not biodegradable

4) the COD test can be done in two to three hours using chemical reagents such as potassium dichromate. Then a clear picture of the performance of the water treatment plant can be obtained relatively quickly. KOK5 which is used by local authorities as a benchmark for water treatment, is also used to calculate payments and set limits for dumping waste into the natural environment.

The obtained results and their discussion. At the same time, 9 different samples were taken as adsorbents. Further research was carried out, studying the physical and chemical properties of each of them.

A total of nine (9) adsorbents were selected: 1 – «Shubarkol, activated», granule; 2 – «Shoptykol, carbonized», powder; 3 – «Shoptykol, activated» powder; 4 – «Shoptykol, activated» granule; 5 – «Humic acid», washed; 6 – «Humic acid, carbonized»; 7 – «Humic acid», unwashed; 8 – Carbon molecular sieve sorbents; 9 – Technical carbon.

The obtained sorbents were tested as adsorbents for the treatment of wastewater received by «Astana Su Arnasy» (Astana). Sampling location: distribution chamber after preliminary mechanical cleaning. In the accredited analytical laboratory of sewage treatment plants of the state enterprise «Astana Su Arnasy», a chemical analysis was carried out before (control) and after wastewater treatment with adsorbents under dynamic conditions, where the main indicators of wastewater treatment were determined.

Samples were taken for physico-chemical analysis in sterilized plastic vials with a capacity of 1000 ml. The collected samples were properly labeled, stored in the refrigerator to maintain a constant temperature of 4°C, and immediately taken to the laboratory for further analysis. Samples of adsorbents were analyzed by methods of quality control by standard methods with compliance with the appropriate parameters.

Hydrochemical indicators of samples were determined by conventional methods and carried out according to the following indicators (mg/dm³): BOR₅ (CT RK ISO 5815-2- 2010), COD (PND F 14.1:2:4.190-2003), suspended solids (CT RK 2015-2010), chlorides (GOST 26449.1-85), sulfates (GOST 26449.1-85), phosphates (GOST 18309-2014), synthetic surfactants (CT RK 1983-2010), nitrates (GOST 33045-2014), nitrites (GOST 33045-2014), nitrogen ammonium (GOST 33045-2014), iron (CT RK ISO 6332-2008), oil products (PND F 14.1:2:4.128-98).

Physicochemical characteristics of the samples are presented in Table 1.

Table 1 - Physical-chemical characteristics of samples

№	Sample	$W_r, \%$	$A_r, \%$	$V^d, \%$	V_Σ (water), cm ³ /г	r	pH aqueous extract	A_{mf} mg/g	A_{iodine} mg/g	S_{BET} m ² /g
1	«Shubarkol, activated», granule	1.10	10.18	8.59	0.81	0.66	10,1	59.0	27.94	442.81
2	«Shoptykol, carbonized», powder	3.88	23.00	10.86	0.50	0.57	6.60	19.0	35.72	100.58
3	«Shoptykol, activated» powder	0.56	25.00	17.96	0.53	0.45	9.51	57.5	36.51	348.99

4	«Shoptykol, activated» granule	1.40	20.69	19.34	0.63	0.70	9.35	19.0	45.72	589.53
5	«Humic acid», washed	13.32	25.73	62.25	-	0.95	4.09	28.0	-	0.42
6	«Humic acid, carbonized	5.27	48.42	34.30	1.45	0.55	9.90	39.0	-	16.93
7	«Humic acid», unwashed	10.32	35.70	52.20	-	0.98	2.01	25.0	-	0.62
8	Carbon molecular sieve sorbents	2.31	61.55	7.66	0.69	0.86	7.56	28.0	-	753.89
9	Technical carbon	17.24	8.97	39.30	1.96	0.33	8.0	37.50	27.62	207.15

The results of the physicochemical, adsorption properties of the samples showed that the best performance corresponds to samples № 1, 3, 4, 8, 9, where the specific surface area are (m²/g) 442.81, 348.99, 589.53, 753.89, and 207.15 accordingly.

Different adsorbents had different cleaning capacities of other components. The good sorption capacity of these obtained sorbents has been studied and proven in the «Astana Su arnasy» (Astana).

The results of the pH values of adsorbent samples are presented in Table 2.

Table 2 - pH values of samples

Name of indicators, units	Norms for RD (after biolog. purification)	Sample № 0	Sample № 1	Sample № 2	Sample № 3	Sample № 4	Sample № 5	Sample № 6	Sample № 7	Sample № 8	Sample № 9
pH ST RK ISO 10523-2013	6-9	7.22± 0.02	7.58 ± 0.02	7.66 ± 0.02	7.38 ± 0.02	7.21 ± 0.02	2.82 ± 0.02	7.43 ± 0.02	2.61 ± 0.02	7.76± 0.02	7.55± 0.02

Note: №0- raw waste water

pH aqueous extract showed the neutral or slightly alkaline pH level (between 7.21 and 7.76) of all wastewater samples. This indicates that the process of cleaning the samples was completed without significant changes in the acidity and alkalinity of the tap water. Only adsorbents based on «humic acid» (Samples №5, №7) have an acidic environment. This is explained by the exchange of acid groups in the composition of the sorbent into water.

The samples were also examined for biochemical oxygen requirements, as we know, biochemical oxygen demand (BOD) is the amount of oxygen consumed for aerobic biochemical oxidation under the influence of microorganisms and the decomposition of unstable organic compounds contained in the water under study. BOD is one of the most important criteria for the level of pollution of a reservoir with organic substances; it determines the amount of easily oxidized organic pollutants in water. The results of the study are shown in Table 3.

Table 3 – Indicators of biochemical oxygen requirements of adsorbents

Name of indicators, units	Norms for RD (after biolog. purification)	Sample № 0	Sample № 1	Sample № 2	Sample № 3	Sample № 4	Sample № 5	Sample № 6	Sample № 7	Sample № 8	Sample № 9
BOR ₅ , mg/dm ³	15.23	55.0 ± 2.5	22.0 ± 1.0	42.0 ± 1.9	70.0 ± 3.2	8.0 ± 0.3	50.0 ± 2.3	42.0 ± 1.9	188.0 ± 8.7	6.0 ± 0.3	5.0 ± 0.2

As the results showed, BOD decreased in Samples № 4, 8, 9, which indicates the effectiveness of these samples in purifying steadfast organic pollutants by 85.45-90.91%. In Sample №1 the indicator decreased by almost 2 times.

Table 4 presents the results of the analysis, where for comparison the degrees of purification and norms according to RD (regulatory documents) corresponding to wastewater after biological treatment are given.

Table 4 – Adsorbent’s ability to purify waste water from chemical toxic elements

№	Name of indicators, units	Norms for RD (after biolog. purification)	Sample № 0	Sample № 1	Sample № 2	Sample № 3	Sample № 4	Sample № 5	Sample № 6	Sample № 7	Sample № 8	Sample № 9
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
1	COD, mg/dm ³	118.67	251.0 ± 35.0	114.0 ± 16.0	152.0 ± 21.0	220.0 ± 31.0	73.2 ± 10.2	1125.0 ± 157.0	159.0 ± 22.0	3300.0 ± 462.0	87.2 ± 12.2	86.0 ± 12.0
2	Suspended solids, mg/dm ³	22.65	247.0 ± 56.0	76.0 ± 17.0	48.0 ± 11.0	70.0 ± 16.0	44.0 ± 10.0	33.0 ± 7.0	66.0 ± 15.0	337.0 ± 77.0	48.5 ± 11.2	36.5 ± 8.4
3	Chlorides, mg/dm ³	350.0	293 ± 9	293 ± 9	293 ± 9	293 ± 9	288 ± 8	532 ± 17	297 ± 9	5072 ± 152	273 ± 8	302 ± 9
4	Sulfates, mg/dm ³	500.0	207±6	243±7	234±7	237±7	286±8	242±7	238±7	365±11	272±8	302±9
5	Phosphates, mg/dm ³	3.5	13.23 ± 1.67	8.26 ± 1.27	11.85 ± 1.56	10.24 ± 1.43	11.13 ± 1.50	2.99 ± 0.85	12.27 ± 1.59	3.29 ± 0.87	12.15 ± 1.58	9.40 ± 1.36

6	Synthetic surfactants, mg/dm ³	0.83	1.71 ±0.41	0.60 ±0.14	0.62 ±0.15	0.81 ±0.19	0.14 ±0.03	1.93 ±0.46	1.36 ±0.33	3.28 ±0.79	0.12 ±0.03	0.12 ±0.03
7	Nitrates, mg/dm ³	45.0	0.70 ±0.35	0.66 ±0.33	0.92 ±0.46	0.82 ±0.41	0.53 ±0.27	1.47 ±0.74	0.65 ±0.33	13.00 ±6.50	0.80 ±0.40	1.00 ±0.50
8	Nitrites, mg/dm ³	3.3	0.01 ±0.01	0.03 ±0.01	0.01 ±0.01	0.02 ±0.01	0.02 ±0.01	0.04 ±0.02	0.02 ±0.01	0.23 ±0.11	0.03 ±0.01	0.02 ±0.01
9	Nitrogen ammonium, mg/dm ³	16.93	77.44 ±10.84	57.95 ±8.11	65.13 ±9.12	69.23 ±9.69	66.67 ±9.33	272.84 ±38.19	64.11 ±8.97	255.40 ± 35.76	62.57 ±8.76	66.67 ±9.33
10	Iron, mg/dm ³	0.3	1.81 ±0.25	1.78 ±0.25	1.28 ±0.18	1.28 ±0.18	0.62 ±0.09	7.81 ±1.09	0.95 ±0.13	59.71 ±8.36	0.53 ±0.07	0.44 ±0.06
11	Oil products, mg/dm ³	0.35	0.87 ±0.22	0.16 ±0.04	0.63 ±0.16	0.93 ±0.23	0.13 ±0.03	0.13 ±0.03	0.41 ±0.10	0.32 ±0.08	0.07 ±0.02	0.27 ±0.07

Chemical oxygen demand (COD) is used to assess the level of organic pollution in natural and waste waters. Currently, COD is considered one of the most informative indicators of anthropogenic water pollution, and data obtained in laboratories provide the necessary information about the concentrations of pollutants and their nature. The results of the COD study showed that Samples № 1, 4, 8, 9 also showed the best performance in purifying organic substances in water.

The concentration of nitrates (NO_3^-) in Samples №1, 4, 6, 8, 9 are within the normal range for drinking water. The concentration of nitrites (NO_2^-) is also low and amounts to only 0.014 - 0.026 mg/dm³, which is also within the permissible values for drinking water, except for Sample №7 in which the nitrite content increased several times. The concentration of ammonium (NH_4^+) and iron in samples except № 5 and 7 also does not exceed the maximum permissible values. Thus, we can conclude that the quality of water Sample № 1, 4, 8, 9 are suitable for domestic needs. In Sample №9, low concentrations of nitrites and ammonium are also observed, but it should be noted that the concentration of nitrates in this sample is slightly higher than the original sample and is 1.0 mg/dm³.

The chloride content increases significantly for Sample 7 (humic acid-unwashed) from 293 to 5072 mg/l (about 15 times). This can be explained by the fact that hydrochloric acid was used to obtain humic acid from potassium humate, which explains the leaching of chloride ions from sorbents when interacting with wastewater. If we compare humic acid after washing (Sample 5), the content of chloride ions is almost 10 times lower than in sample 7.

Sample №6 carbonized humic acid also showed good results for iron and petroleum products, where the content decreased almost 2 times. Although the specific surface area of the sample is low, humic acids form complex compounds with metals. Oxygen-containing functional groups (-COOH, phenolic and alcohol -OH, as well as >C=O) included in the composition of HS can form stable complexes with metal ions. Amine (-NH₂), amide (CO-NH₂) and imine (>C=NH) groups also participate in the formation of organometallic complexes [20].

The content of synthetic surfactants increases after purification for sample №7 (humic acid-unwashed), this can be explained by the fact that humic acids, as colloidal systems, have all the

basic properties of surfactants (surfactants), this is due to hydrophilic and hydrophobic regions in their molecules. The amphiphilicity (or diphilicity) of HA molecules promotes the formation of structured (colloidal) micelles. Colloidal HS micelles are capable of solubilizing hydrophobic compounds, including oil and petroleum products, within themselves. Solubilization is colloidal dissolution, 20 more precisely, the spontaneous and reversible penetration of a solubilizee (any hydrophobic substance) into colloidal micelles [21]. According to Yu.G. Frolova (1988), the properties and surface area of disperse systems depend on the nature of the molecules of surfactants, their concentration, as well as the shape and size of the micelles. The surface-active properties of humic acids are explained by the fact that some sections of HA molecules can be hydrophobic, while others can be hydrophilic. Organic substances of amphiphilic (otherwise amphiphilic) nature are capable of adsorbing at the interface between two phases, and a monomolecular layer is formed (Frolov, 1988). Because of this feature of GV N.I. Laktionov (1978) classified HA as a surfactant. An important property of colloidal surfactants is the hydrophilic-lipophilic balance. The hydrophilic-lipophilic balance (HLB) depends on the structure of surfactants, as well as on their composition. Each structural unit takes part in the GLB. Hydrophilic groups include, for example, $-\text{COOH}$, $-\text{COONa}$ and $-\text{COOK}$, and lipophilic (otherwise hydrophobic) are: $=\text{CH}-$, $-\text{CH}_2-$, $-\text{CH}_3$ and $=\text{C}=\text{}$ (Frolov, 1988) [22].

The content of iron cations increases significantly after water purification for Sample №7 (humic acid-unwashed), analyzes showed the iron content in HA from 1.5% to 5%; when interacting with chloride ions, etc., they form soluble salts that can go into wastewater. We used this sample for comparison with Sample №5 where humic acid was partially washed. These studies have shown the importance of washing humic acid to a neutral state before using it to purify aqueous media.

It has been shown that after wastewater treatment, the values of almost all chemical indicators for all adsorbents decrease significantly, especially such indicators as suspended solids, BOR, COR, phosphates, ammonium nitrogen, iron, surfactants and petroleum products. However, sulfate, nitrite amounts for all sorbent, and nitrate amounts for some sorbents (№2,3,5,7,8,9) there is a slight increase in the number of samples used compared to the original Sample №0, which is explained by the presence of these ions in the composition of the sorbent used. The sulfate content after purification increases for all samples, this can be explained by the fact that sulfates can be washed out of it, which can be formed during carbonization and activation of coal with water vapor where sulfur is present, analyzes showed that the sulfur content in the resulting adsorbents after carbonization and activation ranged from 0.09% to 0.45%. Water-soluble sulfate ions easily go into solution, and therefore, for further research, we will pre-wash carbon-containing sorbents before using them for cleaning, so as not to additionally contaminate them with these ions.

Conclusion. Summing up, we can say that the study of deep wastewater treatment by the physical-chemical method is of great relevance, since the optimal composition of adsorbents and the operating modes of treatment systems play a decisive role in achieving the maximum efficiency of the treatment process, as well as the development of recommendations for optimizing the process of wastewater treatment using sorbents and black soot carbon through a carbon molecular sieve.

Studying the influence of various factors such as temperature, pH (ST RK ISO 10523-2013), contact time, pollutant concentration (ST RK 2015-2010) on the treatment process, as well as evaluating the effectiveness of the treatment process and comparing it with other wastewater treatment methods, allows you to accurately determine the level of wastewater treatment by comparing it with other wastewater treatment methods. An analysis of the table of indicators of wastewater treatment in Kazakhstan shows the need for such research and development in this area in order to improve the ecological situation of the country and ensure the preservation of natural resources for future generations.

In general, based on the study, we can conclude that the quality of Samples №1 «Shubarkol, activated» granule, №3 «Shoptykol, activated» powder, №4 «Shoptykol, activated» granule, №8

«Carbon molecular sieve sorbents», №9 “Carbon molecular sieve sorbents” meets the standards and is suitable for household and commercial use. However, there is a significant excess of the norm for some indicators such as sulfates, nitrites and nitrates after the use of sorbents, but the data does not exceed the norm after biological treatment. If necessary, additional purification measures can be taken to ensure water quality in this area, since samples were taken for the study after the first stage of purification, that is, mechanical purification. As is known, in the Astana Su-Arnasy municipal wastewater treatment plant, after mechanical treatment, water is supplied for biological treatment, chemical treatment and ultraviolet disinfection. It should be noted that the physicochemical and adsorption properties (specific surface area) of the above samples also showed the best results.

The results of this study indicate that samples obtained on the basis of carbon materials can be considered promising, in particular, in the use of liquid media (from suspended solids, heavy metal salts, surfactants, petroleum products, etc.) as adsorbents for purification.

References

1. United Nations Special Report on the State of the World's Water 2019. Access mode: <https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000367306> (accessed 05.2023)
2. Amit S., Rupali G. Developments in wastewater treatment methods // *Desalination*. – 2004. – № 167. – P. 55-63.
3. Rosa B.L. Reassessing the projections of the world water development report. *Clean Water*. – Amsterdam: Springer. – 2019. – P. 155
4. Vivek V. Ranade, Vinay M. Bhandari. *Industrial wastewater treatment, recycling and reuse* // Butterworth-Heinemann is an imprint of Elsevier. –2014.– P. 559
5. Bui X.T., Vo T.P., Ngo H.H., Guo W.S., Nguyen T.T. Multicriteria assessment of advanced treatment technologies for micropollutants removal at large-scale applications // *Sci. Total Environ.* – 2016. – № 3. – P. 1050-1067.
6. Porous carbon materials based on carbon-containing raw materials from Kazakhstan. Monograph / Kazankapova M.K., Yermagambet B.T., Kasenov B.K., Nauryzbaeva A.T., Kasenova Zh.M., Kemelova B.A. – Nur-Sultan: Publishing House IP “Bulatov A.Z.”, 2020. – 388 p.
7. Chen S. The effects of land use change and irrigation water resource on nitrate contamination in shallow groundwater at county scale. – New York: Springer. – 2010. – 89 p.
8. Emmanuel O.O., Awonusi J.A. Water and pollution agents in the 21 st century// *Nature and Science*. – 2008. – №6(4). – P.16-24.
9. Viswanathan B., Indra Neel P., Varadarajan T.K. Methods of activation and specific applications of carbon materials // *Indian Institute of Technology Madras*. – 2009. – P. 160.
10. Rivier P.A., Havranek I., Coutris C., Norli H.R., Joner E.J. Xu, J. Transfer of organic pollutants from sewage sludge to earthworms and barley under field conditions // *Chemosphere*. – 2019. – №6. – P. 954-960.
11. Wilkinson S., Nicklin S. // *Biotransformations: Bioremediation Technology for Health and environmental Protection* / Stapleton Amsterdam; London; New York; Oxford; Paris; Tokio. -2002. – P. 69-100.
12. Tompson I.P., Singer A.C., Bailey M.J. Improving the exploitation of microorganisms in environmental clean-up. *Pesticide Behavior in soils an Water: Proceedings of a Symposium, Brighton*, 13-15. Nov. - 2001. - P. 197-204.
13. Savrasova Yu.A. Carbon adsorbents based on lignocellulosic materials // *Forest Journal*. - 2012. - T. 1. - P. 107
14. Miura M., Kaga H., Sakurai A., Kakuchi T., Takahashi K. Rapid pyrolysis of wood block by microwave heating // *Journal of Analytical and Applied Pyrolysis*. - 2004. - Vol. 71, Is. 1. - P. 187-199.
15. Uraki Y., Tomai Y., Ogawa M., Gaman S., Tokura S. Preparation of activated carbon from peat // *BioResources*. - 2009. - Vol. 4, Is. 1. - P. 205-213.
16. Viswanathan B., Neel P., Varadarajan T. Methods of activation and specific applications of carbon materials // *Methods of Activation and Specific Applications of Carbon Materials*. - 2009. - P. 160.
17. Wu M., Zha Q., Qiu J., Han X., Guo Y., Li Z., Yuan A., Sun X. Preparation of porous carbons from petroleum coke by different activation methods // *Fuel*. - 2005. - Vol. 84, Is. 14-15. - P. 1992-1997.

18. Juma M., Koreňová Z., Markoš J., Jelemensky L., Bafnec M. Experimental study of pyrolysis and combustion of scrap tire // *Polymers for Advanced Technologies*. - 2007. - Vol. 18, Is. 2. - P. 144–148.
19. Eremina A.O., Golovina V.V., Chesnokov N.V., Kuznetsov B.N. Carbon adsorbents from hydrolytic Lignin for waste waters purification from organic contaminations // *Journal of Siberian Federal University. Chemistry*. - 2011. - Vol. 4, Is. 1. - P. 100–107.
20. Popov A.I. Humic substances: properties, structure, formation. Ed. E.I. Ermakova.- SPb.: From St. Petersburg. Univ., 2004. -248 p.
21. N. N. Bambalov, V. V. Smirnova, A. S. Nemkovich. Reasons for the low solubility of humic acids in high-moor peat in water // *Nature Management*. – 2011. - No. 20. - P. 92-93.
22. Naumova G.V. Carbohydrate-humic complex of peat, its processing and use. Minsk: AN BSSR, 1987. – 51 p.

А. Колпек¹, М.К. Казанкаева², А. Пердеханова¹

¹ Евразийский национальный университет имени Л.Н. Гумилева,
Астана, Казахстан

² ТОО «Институт химии угля и технологии», Астана, Казахстан

Очистка сточных вод отечественными углеродными адсорбентами и проведение физико-химического анализа состава воды

Аннотация. В условиях роста населения во всем мире и увеличения спроса на истощение источников пресной воды реализуются различные стратегии по повышению эффективности использования воды. Очистка и повторное использование сточных вод являются одними из наиболее эффективных стратегий, особенно если очищенную воду можно использовать повторно. В странах, которые сильно зависят от источников пресной воды, всегда важно следить за тем, чтобы качество воды не ухудшалось из-за естественного органического вещества, которое образуется в результате разложения растительных и животных веществ. Дефицит воды - это растущая глобальная проблема, вызванная сочетанием таких факторов, как рост населения, изменение климата и нестабильная практика управления водными ресурсами.

В данной статье предоставлены результаты исследования в аккредитованной аналитической лаборатории очистных сооружений ГПК «Астана Су Арнасы», где проведена очистка сточных вод отечественными углеродсодержащими адсорбентами («Шубаркол», «Шоптыкол», гуминовая кислота, углеродные молекулярные сита, технический углерод) и был проведен химический анализ воды. Результаты данного исследования показали, что образцы, полученные на основе углеродных материалов, могут быть использованы в качестве адсорбентов для очистки жидких сред (от взвешенных веществ, солей тяжелых металлов, ПАВ, нефтепродуктов и др.).

Ключевые слова: сточные воды, адсорбент, карбонизация, гуминовая кислота, активированный уголь, уголь

А. Колпек¹, М.К. Казанкаева², А. Пердеханова¹

¹ «Л.Н. Гумилев атындағы Еуразия ұлттық университеті» КеАҚ,
Астана, Қазақстан

² «Көмір химиясы және технологиясы» ЖШС, Астана, Қазақстан

Ағынды суларды отандық көміртекті құрамды адсорбенттермен тазарту және су құрамына физико-химиялық талдау жүргізу

Аңдатпа. Бүкіл әлемде халық санының өсуі және тұрғын су көздерінің таусылуына сұраныстың артуы жағдайында суды пайдалану тиімділігін арттыру үшін әртүрлі стратегиялар жүзеге асырылуда. Ағынды суларды тазарту және қайта пайдалану ең тиімді стратегиялардың бірі болып табылады, әсіресе тазартылған суды қайта пайдалануға болатын болса. Тұрғын су көздеріне қатты тәуелді елдерде су сапасының өсімдіктер мен жануарлардың ыдырауы нәтижесінде пайда болатын табиғи органикалық заттардың әсерінен нашарлап кетпеуін қамтамасыз ету әрқашан маңызды. Су тапшылығы – бұл халық санының өсуі, климаттың өзгеруі және суды басқарудың тұрақсыз тәжірибесі сияқты факторлардың жиынтығынан туындаған өсіп келе жатқан жаһандық проблема.

Бұл мақалада «Астана Су Арнасы» МКҚК-ның кәріздік тазарту құрылыстарының аккредиттелген аналитикалық зертханасында ағынды суларды отандық көміртек құрамды адсорбенттермен (Шұбаркөл, Шөптікөл, гумин қышқылы, көміртекті молекулалық – елеуіштер, техникалық көміртек) ағынды суды тазарту жұмыстарын жүргізіп, судың құрамына химиялық талдау жүргізілді. Зерттеу нәтижелері көміртекті материалдар негізінде алынған үлгілерді, атап айтқанда, сұйық орталарды (суспензияланған қатты заттардан, ауыр металл тұздарынан, беттік белсенді заттардан, мұнай өнімдерінен және т.б.) тазартуға арналған адсорбенттер ретінде қолдануға болатыны анықталды.

Түйін сөздер: Ағынды су, жер, гумин қышқылы көміртекті материалдар.

Авторлар туралы мәлімет:

Колпек А. – корреспонденция үшін автор, х.ғ.к., қауымдастырылған профессор (доцент), «Л.Н. Гумилев атындағы Еуразия ұлттық университеті» КеАҚ, Химия кафедрасы, Астана, Қазақстан

Қазанкапова М.К. – философия ғылымының докторы (PhD), қауымдастырылған профессор, ҚазЖҒА корреспондент мүшесі, ЖШС «Көмір химия және технология» аға ғылыми қызметкері, зертхана меңгерушісі, Астана, Қазақстан, <https://orcid.org/0000-0001-9016-3062>

Пердеханова А. – магистрант «Л.Н. Гумилев атындағы Еуразия ұлттық университеті» КеАҚ, Химия кафедрасы, Астана, Қазақстан


A. Kolpek – corresponding author, Doctor of Science, Associate Professor, Department of Chemistry, L.N. Gumilyov Eurasian National University, Astana, Kazakhstan.

Kazankapova M.K. – PhD, Associate Professor, Corresponding Member of KazJSGA, Senior Researcher of Coal Chemistry and Technology LLP, Head of Laboratory, Astana, Kazakhstan, <https://orcid.org/0000-0001-9016-3062>.

Perdekhanova A. – graduate student, Department of Chemistry, L.N. Gumilyov Eurasian National University, Astana, Kazakhstan.



Copyright: © 2023 by the authors. Submitted for possible open access publication under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution (CC BY NC) license (<https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/>).

¹Ю.Г. Слижов, ²Е.А. Пахнутова, ³Ж.В. Фаустова, ⁴А.И. Бугаева,
^{*}М.А. Гавриленко 

Национальный исследовательский Томский государственный университет,
Томск, Российская Федерация
(e-mail: *dce@mail.ru, ¹commerce@mail.tsu.ru, ²mrunderhill@mail.ru, ³sleeping71@mail.ru,
⁴glenke.taval@mail.ru)

Особенности адсорбции органических соединений на поверхностных слоях ализариновых комплексов переходных металлов

Аннотация. Использование необработанного Силохрома С-80 в хроматографии ограничено в связи с высокими параметрами удерживания полярных соединений, размыванием и асимметрией хроматографических пиков. Предложен способ модифицирования поверхности Силохрома С-80 и синтезированы термически стабильные газохроматографические сорбенты с поверхностно нанесенным слоем ализаринов металлов Ni, Co(II), Cu(II), Al. Выявлены закономерности хроматографического удерживания и проведена сравнительная оценка полярности и селективности новых сорбционных материалов по отношению к различным классам органических соединений. Использование комплексов ализарина улучшает симметричность хроматографических пиков, что позволяет проводить успешное разделение веществ. Достигнутое повышение экспрессности анализа происходит за счет ослабления специфических межмолекулярных взаимодействий в результате модифицирования. Показана возможность использования сорбентов с адсорбционными слоями ализаринов металлов в газовой хроматографии для совместного определения алкилзамещенных и полиароматических углеводородов.

Ключевые слова: газовая хроматография, сорбент, кремнезем, силохром, комплекс металла, ализаринат, хелат, никель, кобальт, медь, алюминий, экология.

DOI: <https://doi.org/10.32523/2616-6771-2023-145-4-36-49>

Введение

Высокая термостойкость Силохрома С-80 позволяет использовать данный адсорбент для газохроматографического разделения высококипящих органических соединений предельного и ароматического рядов [1,2], однако электронодонорные силанольные и силоксановые группы на его поверхности обеспечивают высокую полярность хроматографического материала [3]. Поэтому использование необработанного Силохрома С-80 в газо-адсорбционной хроматографии ограничено в связи с высокими параметрами удерживания полярных соединений, размыванием и асимметрией хроматографических пиков.

Для коррекции хроматографических свойств поверхности кремнезёмов используют спектр разнообразных методов органической, неорганической и элементарорганической химии [4-7]. В настоящий момент на поверхности матрицы возможно закрепить практически любой класс химических соединений, любую функциональную группу или их сочетание [8]. Кроме того, химически модифицированные кремнезёмы могут различаться не только по природе привитой группировки, но и структурой привитого слоя, поэтому адсорбционные и хроматографические свойства кремнезёмов существенно

зависят от количества и концентрации на их поверхности гидроксильных групп [9, 10]. Основным методом получения химически модифицированных Силохромов и других кремнеземов является обработка его поверхности кремнийорганическими соединениями, которые образуют на поверхности термически и гидролитически устойчивые системы связей [11]. Силаны с различными функциональными группами могут рассматриваться в их числе как агенты, регулирующие степень гидрофобности материала [12], поскольку часто мешающим свойством является излишняя гидрофильность. Например, для уменьшения гидрофильности поверхности проводили «энд-кеппинг» силанольных групп поверхности гексаметилдисилазаном [13, 14]. Такой подход позволяет полностью дезактивировать наиболее активные вицинальные гидроксильные группы поверхности сорбента и в значительной мере дезактивировать его изолированные гидроксильные группы и в результате силилирования сорбент приобретает гидрофобные свойства. Степень покрытия поверхности модификатором зависит не только от свойств прививаемого соединения, но и от характеристик носителя, например, от его пористости [15]. В общем случае силилирование представляет собой наиболее удобный вариант дизайна органо-неорганических гибридных сорбентов и способ введения функциональных органических групп в кремнезем [16].

Из новых перспективных подходов к модифицированию кремнеземов можно выделить использование недавно разработанных реагентов различной природы. Изучена адсорбция органических соединений различных классов на кремнеземном адсорбенте Силохром С-120 [17], модифицированном монослоем жидкого кристалла на основе *n*-пентилоксибензойной кислоты. Такое модифицирование привело к уменьшению констант Генри и теплот адсорбции. Другим активно развивающимся направлением снижения полярности кремнезема стало модифицирование стабильными наночастицами металлов [18]. Например, при модифицировании поверхности силохрома С-120 наночастицами Pd константы Генри полярных соединений зависят от размера и структуры конгломератов наночастиц на поверхности. Для этой же цели предложено использовать наночастицы серебра [19], нанесение минимального количества которого резко увеличивает неспецифическую адсорбцию, хемосорбцию и каталитическая активность в реакции межмолекулярной дегидратации по отношению к спиртам [20]. Показано, что в результате модифицирования поверхность кремнезема становится гидрофобной, полярность сорбента существенно уменьшается.

Однако большинство методов модифицирования приводит к нарушению геометрии и однородности поверхности и требует дополнительного изучения. Кроме того, постоянно расширяется круг модифицирующих реагентов в сторону функционализации поверхности кремнийорганическими веществами с амино-, меркапто- и сульфофункциональными группами по двум схемам: прямое присоединение готового реагента или синтез реагента непосредственно на поверхности сорбента [21-23].

Постановка проблемы. С целью оптимизации полярности Силохрома С-80 и получения новых сорбционных материалов, селективных по отношению к регламентируемым в производственном и экологическом контроле органическим соединениям, предложено использовать в качестве модификаторов поверхности хелатные комплексы переходных металлов [24, 25]. Такой подход показал возможность снижения полярности сорбционной поверхности для снижения времени элюирования высококипящих и полярных веществ с одновременным повышением селективности разделения за счет увеличения доли донорно-акцепторных взаимодействий между катионом металла в составе комплекса и электронодонорными фрагментами органических молекул [26].

Целью нашей работы стало комплексное исследование термодинамических характеристик сорбентов на основе Силохрома С-80 с адсорбционными слоями ализаринов Ni, Co (II), Cu (II), Al.

2. Методы исследования

2.1 Синтез сорбентов

Для создания новых хроматографических материалов в качестве основы использовали силикагель марки Силохром С-80, который относится к классу синтетических макропористых кремнеземов и представляет собой белые частицы неправильной формы с геометрически однородной поверхностью [27], обладает высокой механической прочностью, термостойкостью до 600 °С и характеризуется низким содержанием каталитически активных оксидов железа, Al и других примесей. Для подготовки поверхности исходного Силохрома С-80, содержащего гидроксильные группы, в 150 мл разбавленной азотной кислоты вносили 50 г Силохром С-80 и кипятили в течение 2 ч. После этого порошок отфильтровывали и высушивали в течение 6 ч при температуре 200 °С в сушильном шкафу.

Синтез ализаринатов Ni, Cu(II) и Co(II) осуществляли совместным растворением хлорида металла и ализарина в этиловом спирте, где после их взаимодействия в буферном растворе образуется комплекс стехиометрического состава. Буферный раствор представлял собой смесь 30 мл 0.2 М NaOH и 0.2 М K₂HPO₄ в 200 мл этилового спирта. Раствор готового комплекса ализарината металла смешивали с твердым носителем, содержащим поверхностные гидроксильные группы, и добивались полного испарения растворителя. Количество модификатора варьировали в диапазоне 5-30 % от массы носителя.

2.2 Реактивы

Для синтеза сорбентов использовали силохром С-80 (Квант, Россия); ализарин (Вектон, Россия), спирт этиловый (96%, ρ=0,8014 г/мл, Мариинск, Россия); хлориды меди, никеля, кобальта, алюминия (Sigma-Aldrich, США). Реактивы соответствовали квалификации ч.д.а. и использованы без дополнительной очистки.

2.3 Оборудование

Исследования выполнены на газовом хроматографе Chrom-5 (Лабораторные приборы, Чехия) с пламенно-ионизационным детектором. Элюирование проводили со скоростью гелия 30 мл/мин, T° термостата 150 - 210 °С, объем вводимой пробы 0.1 – 1.0 мкл. ИК-спектры регистрировали на спектрометре Agilent 660 FTIR (Agilent Technologies Deutschland GmbH, Германия) с электронным контролем температуры в диапазоне 27000 – 15 см⁻¹ без дополнительного охлаждения.

Оценку параметров удельной поверхности проводили с помощью автоматического газо-адсорбционного анализатора TriStar II 3020 (Micrometrics, США). Удельную поверхность рассчитывали по методу БЭТ в автоматическом режиме после вакуумирования при 170 °С в течение 2 ч по изотерме низкотемпературной сорбции азота. Термический анализ полученных образцов проводили на приборе STA 449 C Jupiter (Netzsch, Германия) с квадрупольным масс-спектрометром в атмосфере воздуха в интервале температур 25-800 °С со скоростью нагрева 10 °С/мин.

3 Результаты и их обсуждение

3.1 Строение поверхностных слоев ализаринатов металлов

Для модифицированных ализаринатами металлов сорбентов в ИК-спектрах (рис. 1) появляются полосы поглощения, связанные с колебаниями связей хелатного кольца в области 1660-1450 см⁻¹, колебаниями сопряженных связей C=C и C=O в полосе 1587 см⁻¹. Характерной особенностью ИК-спектров хелатного кольца является сильное взаимодействие между колебаниями компонентов, поэтому не представляется возможным разделить колебания карбонильной группы и двойной связи [28]. Полосы в области 2000-2165 см⁻¹ характеризуют валентные колебания карбонильной группы, координированной с катионом металла. В окно прозрачности 1450-3000 см⁻¹ не попадают полосы силанольных

групп или адсорбированных молекул воды, поэтому его удобно использовать для наблюдения за адсорбцией органических веществ [29].

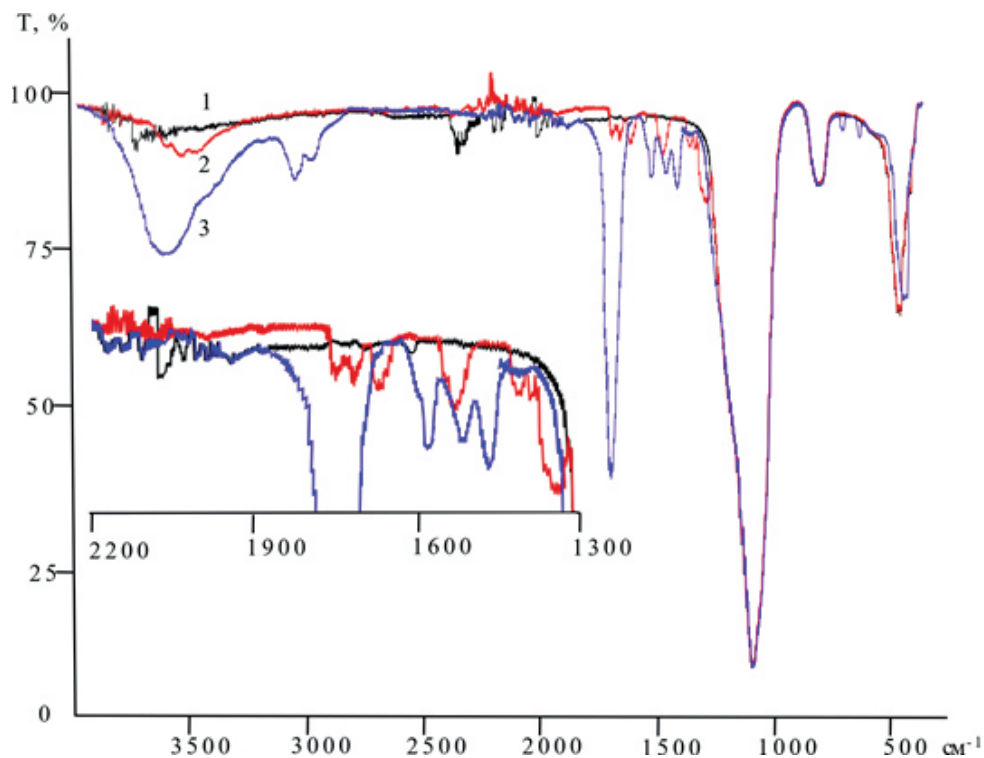


Рисунок 1 – Сравнение ИК-спектров исходного сорбента Силохром С-80 (1) и после модифицирования 5 % $\text{Cu}(\text{Alz})_2$ (2), 5 % $\text{Al}(\text{Alz})_3$ (3).

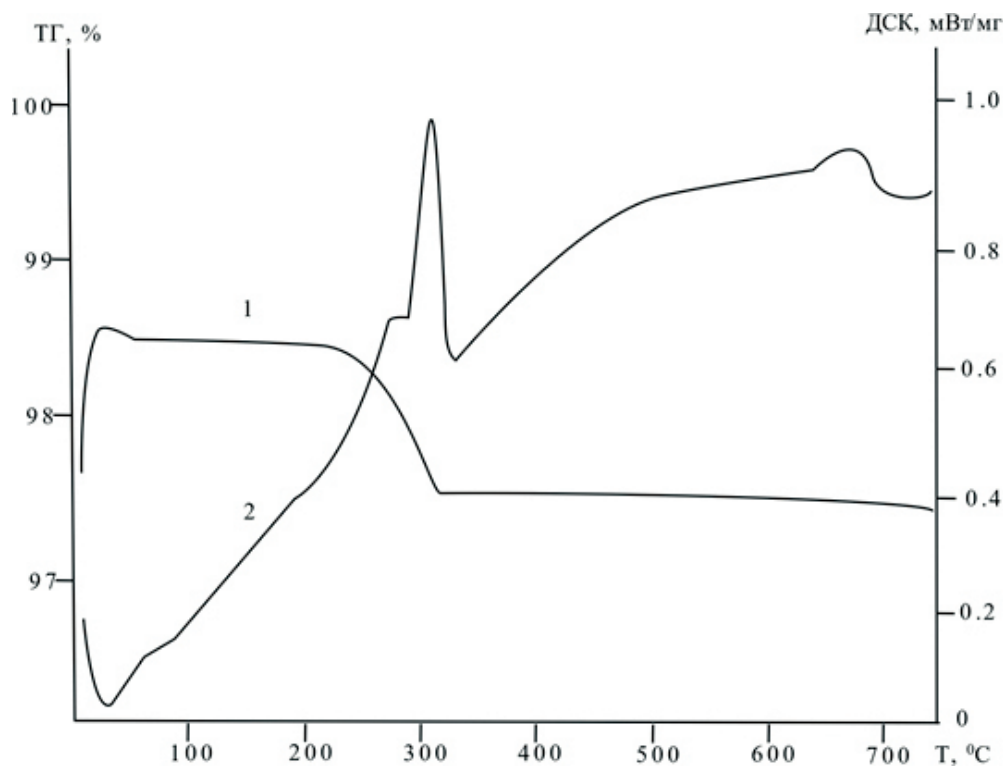


Рисунок 2 – Пример термограммы (1) и калориметрической кривой (2) $\text{Cu}(\text{Alz})_2$.

При нагревании в атмосфере воздуха модифицированного сорбента в интервале от 50 до 100 °С (рис. 2) наблюдается небольшое уменьшение массы образца, что связано с удалением адсорбированной воды (эндоэффект). Термическое разложение комплексов металлов на примере ализарината меди $\text{Cu}(\text{Alz})_2$ начинается при 260 °С, при этом максимум тепловыделения (экзоэффект) достигается при 301 °С и характеризуется 2.8 % уменьшением массы сорбента.

Оценка параметров поверхности представлена (табл. 1) для исходного сорбента Силохром С-80 и модифицированного ализаринатами $\text{Cu}(\text{II})$, $\text{Co}(\text{II})$, Ni и Al в количестве 5-15 % от массы исходного носителя. Объем пор остается постоянным, что указывает на локализацию модификатора вокруг пор с сужением диаметров их устьев.

Таблица 1. Морфологические характеристики Силохрома С-80 с поверхностным слоем ализаринатов катионов переходных металлов.

Силохром С-80	% модификатора	$V_{\text{пор}}$, $\text{см}^3/\text{г}$	$S_{\text{уд}}$, $\text{м}^2/\text{г}$	T_{max} , °С
	0	0.80	84	500
$\text{Cu}(\text{Alz})_2$	5	0.82	78	280
	10	0.79	73	260
	15	0.77	68	260
$\text{Co}(\text{Alz})_2$	5	0.89	80	280
	10	0.88	76	280
	15	0.84	72	260
$\text{Ni}(\text{Alz})_2$	5	0.80	81	300
	10	0.80	76	280
	15	0.76	70	270
$\text{Al}(\text{Alz})_3$	5	0.86	84	270
	10	0.86	78	250
	15	0.88	76	250

Нанесение комплексов в количестве 5 % приводит к незначительному изменению удельной поверхности сорбента, что позволяет пренебречь возможной разницей в величине физической адсорбции при оценке вклада специфических межмолекулярных взаимодействий в процессы удерживания и разделения. Удельная площадь поверхности незначительно уменьшается за счет сглаживания неоднородностей и заполнения мелких пор. Такой способ заполнения показывает значимость энергетических (электронных) дефектов при формировании поверхностного слоя ализаринатов металлов. При увеличении количества ализаринатов металлов на поверхности исходного сорбента до 15 % наблюдается уменьшение его удельной поверхности вследствие локализации комплексов на краях крупных пор и закрытием мезопор. С помощью растровой электронной микроскопии получены микрофотографии исходного и модифицированных ализаринатами металлов сорбентов (рис. 3). Подтверждено, что при модифицировании носителя ализаринатами металлов из раствора первоначально комплексы оседают по краям пор. Это дает возможность молекулам комплекса расположиться в наиболее энергетически выгодном положении [30]. Поскольку «посадочная площадка» исследуемых комплексов составляет около 0.5 нм^2 , а диаметр большинства пор в несколько раз превосходит эту величину, поверхностный слой формируется на всей доступной поверхности носителя. В дальнейшем при увеличении количества поверхностного слоя комплекса до 5-10 %, на привитом слое образуются островковые структуры в виде ассоциатов с углеводородными гранями, что снижает селективность разделения.

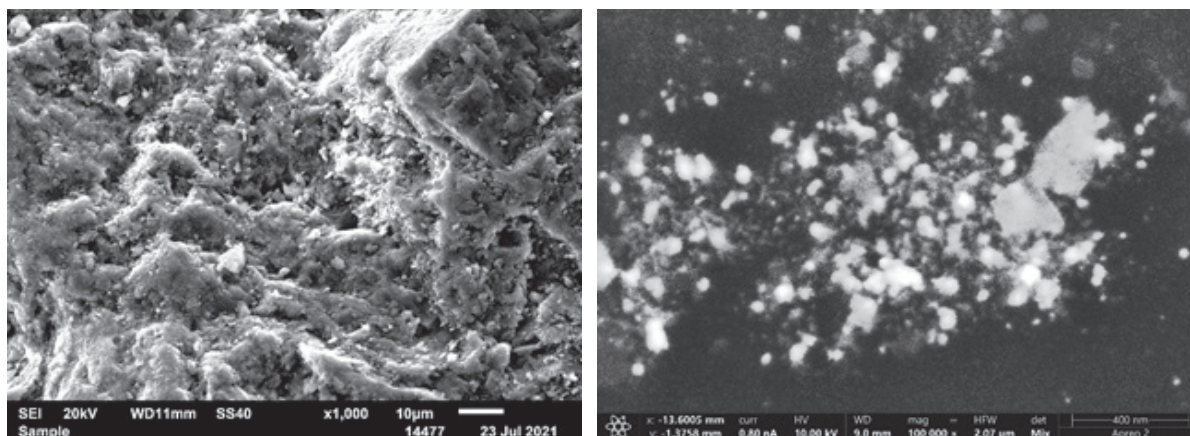


Рисунок 3 – Пример ПЭМ изображения поверхности модифицированного Силохрома С-80 и равномерность распределения модификатора $\text{Cu}(\text{Alz})_2$.

Способность сорбента к удерживанию соединений обусловлена наличием центров адсорбции, активных в проявлении специфических межмолекулярных взаимодействий. В качестве тестовых веществ для выявления преобладающих взаимодействий на поверхности сорбентов использовали органические соединения, склонные к проявлению определенных типов межмолекулярных взаимодействий: бензол (π - π -взаимодействие), бутанон-2 (донорно-акцепторные взаимодействия с донорами электронов), нитрометан (донорно-акцепторные взаимодействия с акцепторами электронов) и этанол (образование водородных связей) [31]. При выборе сорбатов учитывали, что при термостабилизации поверхности гидроксильный покров кремнезема частично удаляется, и поверхность такого образца состоит из гидрофобных участков и остаточных гидроксильных групп.

Варьирование катиона металла в составе ализаринового комплекса приводит к изменению характеристик удерживания перечисленных органических соединений, например, модифицирование Силохрома С-80 ализаринатами переходных металлов приводит к уменьшению полярности (табл. 2) для спиртов и кетонов в ряду катионов $\text{Cu}(\text{II}) > \text{Co}(\text{II}) > \text{Ni}$. Такая же закономерность характерна для нитрометана и ароматических углеводородов, также отмечено уменьшение способности к π -комплексобразованию с бензолом и бутаноном, что позволяет судить о снижении вклада донорно-акцепторного взаимодействия в удерживании электронодонорных соединений.

Таблица 2. Коэффициенты полярности (K_p) тестовых соединений на исходном Силохроме С-80 – 1 и модифицированном ализаринатами Ni – 2, Co (II) – 3, Cu (II) – 4, Al – 5 при 150 °С ($n=3-4$, $P=0.95$).

Вещество	1	2	3	4	5
Нитрометан	4.8±0.2	4.1±0.2	3.8±0.2	3.5±0.2	5.3±0.2
Бутанон-2	11.8±0.4	3.0±0.2	5.1±0.2	7.7±0.3	4.4±0.2
Бензол	2.0±0.1	1.8±0.1	1.7±0.1	0.9±0.2	2.1±0.1
Этанол	6.0±0.2	4.5±0.2	4.5±0.2	4.6±0.2	4.2±0.2
Гептен-1	3.8±0.2	3.8±0.2	3.7±0.2	3.7±0.2	2.7±0.1

Согласно условным суммарным коэффициентам полярности, суммарная полярность модифицированных сорбентов снижается в 1.5-2.1 раза по сравнению с исходным Силохромом С-80. Индивидуальными особенностями изменения межмолекулярных взаимодействий на поверхности являются увеличение способности

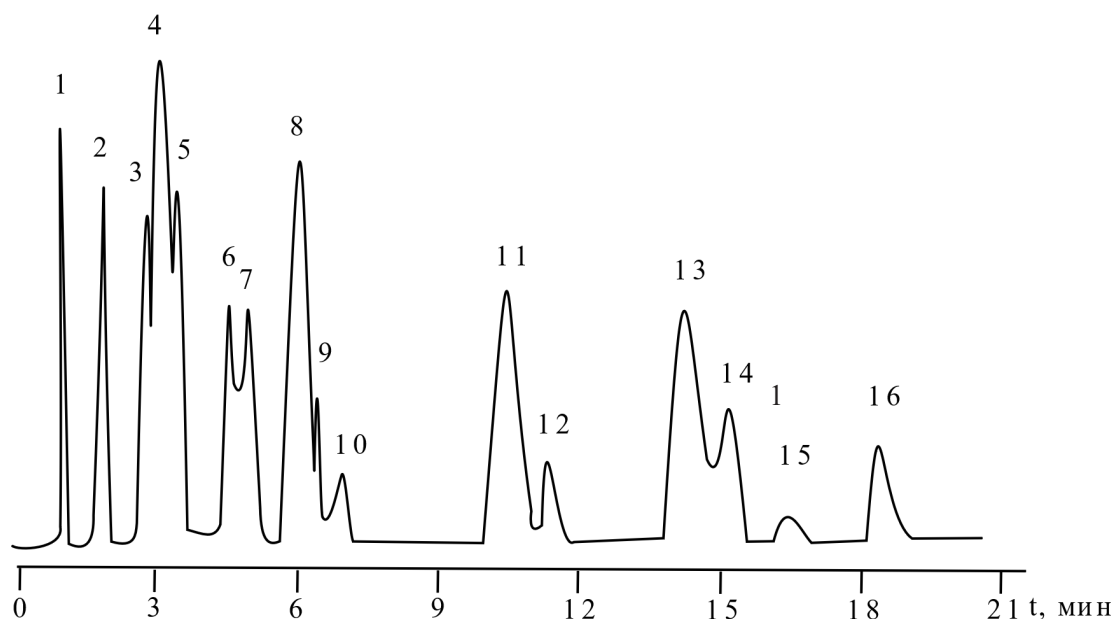
к π -комплексобразованию для поверхностного слоя ализаринового комплекса Al, к донорно-акцепторным взаимодействиям для слоя ализарината Cu(II) и к образованию водородных связей для ализарината Ni. Термодинамические характеристики адсорбции тестовых соединений (табл. 3) определены на основе констант Генри (K_T) адсорбции [32], характеризующих специфические взаимодействия сорбат – сорбат, отнесенные к единице поверхности адсорбента.

Таблица 3. Термодинамические характеристики констант Генри (K_T) на исходном Силохроме С-80 – 1 и модифицированном ализаринатами Ni – 2, Co (II) – 3, Cu (II) – 4, Al – 5 ($n=3-5$, $P=0.95$).

Вещество	1	2	3	4	5
Нитрометан	41±3	44±4	43±3	26±2	64±5
Бутанон-2	61±4	61±4	59±5	57±3	66±5
Гептен-1	44±3	48±3	47±4	46±3	47±3
Этанол	26±2	27±2	25±2	23±3	57±4
Бензол	132±10	169±13	148±12	135±10	191±15

Рассчитанные величины K_T указывают на повышение адсорбционного потенциала модифицированного Силохрома, отражающееся в возрастании теплот адсорбции предельных, ароматических углеводородов, кетонов и спиртов, с максимальным увеличением для С-80 + Al(Alz)₃, что доказывает значительную доступность основных центров поверхности, способных к специфическим взаимодействиям с молекулами адсорбатов. Несколько иначе ведет себя комплекс трехзарядным Al(Alz)₃, который является кислотой Льюиса и способен реагировать с нейтральными донорными молекулами [33].

В целом с использованием комплексов ализарина улучшается симметричность хроматографических пиков, что позволяет проводить успешное разделение веществ. Достигнутое повышение экспрессности анализа происходит за счет ослабления специфических межмолекулярных взаимодействий в результате модифицирования. На рисунке 4 представлена хроматограмма смеси алкилзамещенных и полиароматических углеводородов, содержание которых наиболее часто регламентируют в технологическом и экологическом контроле [34, 35].



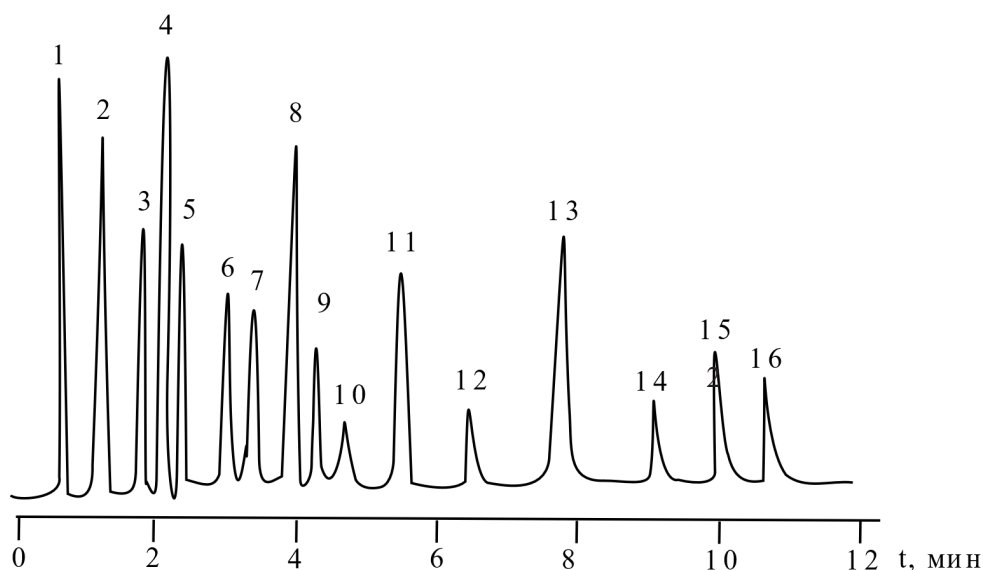


Рисунок 4 – Хроматограммы смеси алкилзамещенных и полиароматических углеводородов на насадочной колонке с Силохромом С-80 (1) и модифицированным 5 % $\text{Cu}(\text{Alz})_2$ (2) в режиме программирования температуры от 70 до 150 °С (скорость нагрева 10 °С/мин): 1 – бензол, 2 – толуол, 3 – этилбензол, 4 – ксилол, 5 – декалин, 6 – мезитилен, 7 – псевдокумол, 8 – цимол, 9 – нафталин, 10 – дурол, 11 – дифенил, 12 – аценафтен, 13 – флуорен, 14 – фенантрен, 15 – антрацен, 16 – стильбен, 17 – флуорантен.

Применение Силохрома С-80, модифицированного 5% $\text{Cu}(\text{Alz})_2$, позволяет разделить компоненты анализируемой смеси: *p*-ксилол и *o*-, *m*-ксилолы, дифенил и аценафтен, мезитилен и псевдокумол, нафталин и дурол. При этом увеличивается селективность разделения по отношению к высококипящим веществам (фенантрен, антрацен, флуорен). Хроматографические данные показывают увеличение удерживания в ряду ароматических углеводородов, алкенов с увеличением количества $\text{Cu}(\text{Alz})_2$ на поверхности 5% < 10% < 15%, полярные соединения (этанол, бутанон-2, нитрометан) элюируются быстрее с увеличением содержания ализаринового комплекса катиона металла. Повышенная предрасположенность к донорно-акцепторным взаимодействиям отмечена для сорбента с $\text{Cu}(\text{Alz})_2$ в количестве 5%, при этом наблюдается наибольшая способность к образованию водородных связей и протон-акцепторному комплексообразованию, возможно, вследствие контакта сорбата с незкранированными гидроксильными группами Силохрома С-80. Тем не менее, Силохром С-80 с 10% $\text{Cu}(\text{Alz})_2$ является менее полярным из исследованных сорбентов, что с учетом возросшей селективности делает его использование эффективным для хроматографического разделения и предварительного концентрирования регламентируемых органических микропримесей.

Заключение

Синтезированы термически стабильные до 280 °С сорбенты на основе кремнезема Силохрома С-80, модифицированного ализаринатами металлов Ni, Co (II), Cu (II) и Al. Нанесение комплексов на поверхность приводит к снижению величины площади удельной поверхности от 84 до 68 м²/г (19 %) и коэффициентов полярности в рядах: Силохром-С-80 > $\text{Ni}(\text{Alz})_2$ > $\text{Co}(\text{Alz})_2$ > $\text{Cu}(\text{Alz})_2$ > $\text{Al}(\text{Alz})_3$.

Определены закономерности адсорбции органических соединений различных классов на хелатсодержащих сорбентах. Установлено, что при варьировании катиона металла в ряду $\text{Ni} > \text{Co}(\text{II}) > \text{Cu}(\text{II})$ и $\text{Al} > \text{Cu}(\text{II})$ наблюдается рост констант Генри адсорбции по

отношению к сорбатам, склонным к ориентационным, дисперсионным взаимодействиям и π -комплексобразованию. При донорно-акцепторном взаимодействии селективность и сорбционная емкость изменяются в ряду $Ni < Co(II) < Cu(II)$ и $Al > Cu(II)$.

Исследование поддержано Министерством образования и науки Российской Федерации, грант 0721-2020-0037.

Список литературы

1. Ogawa M. Mesoporous Silica Layer: Preparation and Opportunity // *Chemical Record*. –2016. –Vol. 17. –P. 217–232.
2. Слизов Ю.Г. Применение внутрикомплексных соединений в газовой хроматографии / Ю.Г. Слизов, М.А. Гавриленко. – Томск: ТГУ, 2000. – 117 с.
3. Тертых В.А. Химические реакции с участием поверхности кремнезема / Тертых В.А., Белякова Л.А. – Киев: Наукова думка, 1991. – 264 с.
4. Шмелев А.А., Филиппова Е.О., Шафигулин Р.В., Буланова А.В. Синтез и изучение адсорбционных свойств мезопористых кремнеземов, модифицированных никелем и медью // Сорбционные и хроматографические процессы. –2018. – Т. 18. – № 6 – С. 836–844.
5. Фаустова Ж.В., Пахнутова Е.А., Матвеева Т.Н., Слизов Ю.Г. Адсорбционные свойства поверхностных слоев силикагеля, модифицированных ацетилацетонатами переходных металлов // Вестник МГТУ им. Н.Э. Баумана. Сер. Естественные науки. – 2018. - №2. – С. 114–125.
6. Пахнутова Е.А., Слизов Ю. Г., Рыжова Г. А. Получение сорбентов с привитыми слоями хелатов ацетоуксусного и малонового эфиров для газовой хроматографии // Ползуновский вестник. – 2013. – №1– С. 179-182.
7. Lalia-Kantouri M., Bakola-Christainopolou M. Spectral and thermal studies of some bivalent metal chelates of various hydroxy-quinones // *Thermochimica Acta*, 1986. – Vol. 104 – P. 39–60.
8. Лисичкин Г. В. Химия привитых поверхностных соединений / Г. В. Лисичкин. – М.: Физматлит, 2003. – 592 с.
9. Тарасевич И.Ю., Бондаренко В.С., Жукова И.А., Иванова Г.З. Структура модифицирующих слоев и идентификация остаточных гидрофильных групп на поверхности модифицированного кремнезема по данным адсорбционных и хроматографических измерений // Коллоидный журнал. – 2007. – Т. 69. - № 2. – С. 244-250.
10. Котельникова А.Т., Кузнецов В.Б., Муравьев П.Г. Изостерические теплоты сорбции углекислоты, спиртов и воды на кремнеземе, импрегнированном серебром // Сорбционные и хроматографические процессы. – 2009. – Т. 9. – № 3. – С. 399–407.
11. Фоменко О.Е., Ресснер Ф. Модифицирование силикатных поверхностей путем силилирования их кремнийорганическими соединениями // Сорбционные и хроматографические процессы. – 2009. – Т. 9. – № 5. – С. 633–642.
12. Zhang X., Guo C., Wang X., Wu Y. Synthesis and characterization of bimodal mesoporous silica // *Journal Wuhan University of Technology, Materials Science Edition*. – 2012. – Т. 27. – № 6. – С. 1048-1088.
13. Galarneau A., Renard G., Mureseanu M., Tourrette A. Synthesis of Sponge Mesoporous Silicas from lecithin/dodecylamine mixedmicelles in ethanol/water: A route towards efficient biocatalysts // *Microporous and mesoporous materials*. – 2007. – Т. 104. – № 1-3. – С. 103-114.
14. Kupiec K., P. Konieczka, Namieśnik J. Characteristics, Chemical Modification Processes as well as the Application of Silica and its Modified Forms // *Critical Reviews in Analytical Chemistry*. – 2009. – V. 392. – P. 60–69.
15. Авгуль Н.Н., Киселев А.В., Пошкус Д.П. Адсорбция газов и паров на однородных поверхностях. –М.: Химия, 1975. – 400 с.
16. Тертых В.А. Белякова Л.А. Особенности химического модифицирования кремнезема органическими соединениями // Журнал всесоюзного химического общества им. Д.И. Менделеева. – 1989. –Т. 34. – № 3. – С. 395–405.
17. Тугарева Д.А., Онучак Л.А., Кураева Ю.Г., Капралова Т.С. Сорбционные и селективные свойства бинарного сорбента «Супрамолекулярный жидкий кристалл ацетилозилированный

- β-циклодекстрин» в условиях газовой хроматографии // *Liquid Crystals and their Application*. – 2017. – Т.17. – № 4. – С. 49–50.
18. Паркаева С.А., Белякова Л.Д., Ревина А.А., Ларионов О.Г. Адсорбционные свойства кремнезема, модифицированного стабильными наночастицами палладия, по данным газовой хроматографии // *Сорбционные и хроматографические процессы*. – 2010. – Т. 10. – № 5. – С. 713–722.
19. Natsuki J., Natsuki T., Hashimoto Y. A review of silver nanoparticles: synthesis methods, properties and applications // *International Journal of Materials Science and Applications* – 2015. – Vol. 4. – № 5. – P. 325–332.
20. Котельникова А.Т., Кузнецов В.Б., Муравьев П.Г. Сорбционные свойства силохрома, импрегнированного серебром, по данным газовой хроматографии // *Сорбционные и хроматографические процессы*. – 2009. – Т. 9. – № 1. – С. 147–153.
21. Моросанова Е.И., Максимова И.М., Золотов Ю.А. Имобилизованные на силикагеле N,O,S-содержащие макроциклические соединения для разделения ионов металлов в варианте ТСХ // *Журнал аналитической химии*. – 1992. – Т. 47. – № 10-11. – С. 1854–1859.
22. Семенова Н.В., Моросанова Е.И., Золотов Ю.А., Плетнев И.В. Динамическая модификация силикагеля с привитыми гидрофобными группами комплексообразующими реагентами и последующая сорбция металлов // *Вестник Московского университета. Сер. 2. Химия*. – 1993. – Т. 34. – № 4. – С. 390–394.
23. Запорожец О.А., Гавер О.М., Сухан В.В. Имобилизация аналитических реагентов на поверхности носителей // *Успехи химии*. – 1997. – Т. 66. – № 7. – С. 702–712.
24. Rykowska I., Wasiak W. Gas chromatography silica packings with chemically bonded complexes of Cu(II) and Cr(III) // *Analytica Chimica Acta*. – 2002. – Vol. 451. – Is. 2. – P. 271 – 278
25. Фаустова Ж.В., Пахнутова Е.А., Матвеева Т.Н., Слизов Ю.Г. Адсорбционные свойства поверхностных слоев силикагеля, модифицированных ацетилацетонатами переходных металлов // *Вестник МГТУ им. Н.Э. Баумана. Сер. Естественные науки*. – 2018. – №2. – С. 114–12.
26. Слизов Ю.Г., Гавриленко М.А. Комплексообразование с участием хелатов металлов на границе раздела фаз в газовой хроматографии // *Координационная химия*. – 2001. – Т.28. – №10. – С. 783–800.
27. Ливенсон Б.Б. Химические реактивы и высокочистые химические вещества / Б.Б. Ливенсон М.М., Ротенштейн И.А. Медведская – М.: Химия, 1983. – 704 с.
28. Литтл Л. Инфракрасные спектры адсорбированных молекул / Л. Литтл – М.: Мир, 1969. – 514 с.
29. Накамото К. ИК-спектры и спектры КР неорганических и координационных соединений – М.: Мир, 1991. – 536 с.
30. Кудрявцев Г.В., Староверов С.М. Структура привитого слоя модифицированных кремнеземов // *Журнал всесоюзного химического общества им. Д.И. Менделеева*. – 1989. – Т. 34. – № 3. – С. 308–316.
31. Белякова Л.Д., Коломиец Л.Н., Ларионов О.Г., Буланова А.В., Мякишева Е.А., Ревина А.А. Исследование поверхностных свойств силикагеля, модифицированного наночастицами серебра, методом газовой хроматографии // *Сорбционные и хроматографические процессы*. – 2007. – Т. 7. – № 1. – С. 98–105.
32. Blitz J.P. *Fundamental and Applied Aspects of Chemically Modified Surfaces*/ Edited by: J.P. Blitz, Ch.B. Little. – Woodhead Publishing, 1999. – 400 p.
33. Soubayrol P., Dana G. Aluminium-27 solid-state NMR study of aluminium coordination complexes of alizarin // *Magnetic resonance in chemistry*. – 1996. – Vol. 34. – P.638–645.
34. Мотузова Г.В. Загрязнения почв и сопредельных сред / Г.В. Мотузова. – М.: Изд-во МГУ, 2000. – 71 с.
35. Сафарова В.И. Экоаналитический контроль в системе оценки качества окружающей среды / Ф.Х. Кудашева, А.А. Фаухутдинов, Г.Ф. Шайдулина – М.: Интер, 2004. – 228 с.

Ю. Г. Слизов, Е. А. ПахнUTOва, Ж. В. Фаустова, А. И. Бугаева, М.А. Гавриленко
Томск мемлекеттік ұлттық зерттеу университеті, Томск, Ресей Федерациясы

Өтпелі металдардың ализарин кешендерінің беткі қабаттарындағы органикалық қосылыстардың адсорбциясының ерекшеліктері

Аңдатпа. Хроматографияда өңделмеген Силохром С-80 қолдану полярлық қосылыстардың жоғары ұстау параметрлеріне, хроматографиялық шыңдардың эрозиясына және асимметриясына байланысты шектеулі. Силохром с-80 бетін өзгерту әдісі ұсынылды және Ni, Co(II), Cu(II), Al металл ализаринаттарының беткі қабаты бар термиялық тұрақты газ-хроматографиялық сорбенттер синтезделді. Хроматографиялық ұстау заңдылықтары анықталды және органикалық қосылыстардың әртүрлі кластарына қатысты жаңа сорбциялық материалдардың полярлығы мен селективтілігін салыстырмалы бағалау жүргізілді. Ализарин кешендерін қолдану хроматографиялық шыңдардың симметриясын жақсартады, бұл заттардың сәтті бөлінуіне мүмкіндік береді. Талдаудың экспрессивтілігінің жоғарылауы модификация нәтижесінде нақты молекулааралық өзара әрекеттесулердің әлсіреуіне байланысты. Алкил алмастырылған және полиароматты көмірсутектерді бірлесіп анықтау үшін газ хроматографиясында металл ализаринаттарының адсорбциялық қабаттары бар сорбенттерді қолдану мүмкіндігі көрсетілген.

Түйін сөздер: газ хроматографиясы, сорбент, кремний диоксиді, силохром, металл кешені, ализаринат, хелат, никель, кобальт, мыс, алюминий, экология

Yu.G. Slizhov, E.A. PakhnUTOva, Zh.V. Faustova, A.I. Bugaeva, M.A. Gavrilenko
National Research Tomsk State University, Tomsk, Russian Federation

Features of adsorption of organic compounds on the surface layers of alizarin transition metal complexes

Abstract. The use of untreated Silochrome C-80 in chromatography is limited due to the high retention parameters of polar compounds, blurring and asymmetry of chromatographic peaks. A method for modifying the surface of Silochrome C-80 is proposed and thermally stable gas chromatographic sorbents with a surface-deposited layer of metal alizarinates Ni, Co(II), Cu(II), Al are synthesized. The regularities of chromatographic retention were revealed and a comparative assessment of the polarity and selectivity of new sorption materials with respect to various classes of organic compounds was carried out. The use of alizarin complexes improves the symmetry of chromatographic peaks, which allows for successful separation of substances. The achieved increase in the expressiveness of the analysis occurs due to the weakening of specific intermolecular interactions as a result of modification. The possibility of using sorbents with adsorption layers of metal alizarinates in gas chromatography for the joint determination of alkyl-substituted and polyaromatic hydrocarbons is shown.

Keywords: gas chromatography, sorbent, silica, silochrome, metal complex, alizarinate, chelate, nickel, cobalt, copper, aluminum, ecology

References

1. Ogawa M. Mesoporous Silica Layer: Preparation and Opportunity, *Chemical Record*, 17, 217–232(2016).
2. Slizhov Yu.G., Gavrilenko M.A. *Primenenie vnutrikompleksnyh soedinenij v gazovoj hromatografii* [Application of intra-complex compounds in gas chromatography] (TGU, Tomsk, 2000, 720 p.) [in Russian]
3. Tertyh V.A., Belyakova L.A. *Himicheskie reakcii s uchastiem poverhnosti kremnezema* [Chemical reactions involving silica surface] (Naukova dumka, Kiev, 1991, 264 p.) [in Russian]

4. Shmelev A.A., Filippova E.O., Shafigulin R.V., Bulanova A.V. Sintez i izuchenie adsorbtsionnykh svoystv mezoporistykh kremnezemov, modifitsirovannykh nikel'm i med'yu [Synthesis and study of adsorption properties of mesoporous silica modified with nickel and copper], Sorbtsionnye i hromatograficheskie protsessy [Sorption and chromatographic processes].18(6).836–844(2018). [in Russian]
5. Faustova ZH.V., Pahnutova E.A., Matveeva T.N., Slizhov Yu.G. Adsorbtsionnye svoystva poverhnostnykh sloev silikagelya, modifitsirovannykh acetilacetonatami perekhodnykh metallov [Adsorption properties of silica gel surface layers modified with transition metal acetylacetonates], Vestnik MGТУ im. N.E. Baumana. Ser. Estestvennyye nauki [Bulletin of Bauman Moscow State Technical University. Ser. Natural sciences].2.114–125(2018). [in Russian]
6. Pahnutova E.A., Slizhov Yu. G., Ryzhova G. L. Poluchenie sorbentov s privitymi sloyami helatov acetouksusnogo i malonovogo efirov dlya gazovoy hromatografii [Preparation of sorbents with grafted layers of chelates of acetoacetic and malonic esters for gas chromatography], Polzunovskiy vestnik [Polzunovsky Bulletin].2(1).179-18(2013) [in Russian]
7. Lalia-Kantouri M., Bakola-Christainopolou M. Spectral and thermal studies of some bivalent metal chelates of various hydroxy-quinones, *Thermochimica Acta*, 104, 39–60(1986).
8. Lisichkin G. V. Himiya privitykh poverhnostnykh soedinenij [Chemistry of grafted surface compounds] (Fizmatlit, Moscow, 2003, 592 p.) [in Russian]
9. Tarasevich I.YU., Bondarenko V.C., Zhukova I.A., Ivanova G.Z. Struktura modifitsiruyushchikh sloev i identifikatsiya octatochnykh gidrofil'nykh grupp na poverhnochni modifitsirovannogo kremnezema po dannym adsorbtsionnykh i hromatograficheskikh izmerenij [Structure of modifying layers and identification of residual hydrophilic groups on the surface of modified silica according to adsorption and chromatographic measurements], *Kolloidnyy zhurnal* [Colloidal Journal]. 69(2). 244-250(2007). [in Russian]
10. Kotel'nikova A.T., Kuznecov V.B., Murav'ev P.G. Izostericheskie teploty sorbcii uglevodorodov, spirtov i vody na kremnezeme, impregnirovannom serebrom [Isosteric heat of sorption of hydrocarbons, alcohols and water on silica impregnated with silver], *Sorbtsionnye i hromatograficheskie protsessy* [Sorption and chromatographic processes]. 9(3).399–407(2009). [in Russian]
11. Fomenko O.E., Ressler F. Modifitsirovanie silikatnykh poverhnostej putem silirovaniya ih kremnijorganicheskimi soedineniyami [Modification of silicate surfaces by silylating them with organosilicon compounds], *Sorbtsionnye i hromatograficheskie protsessy* [Sorption and chromatographic processes]. 9(5).633–642(2009). [in Russian]
12. Zhang X., Guo C., Wang X., Wu Y. Synthesis and characterization of bimodal mesoporous silica, *Journal Wuhan University of Technology, Materials Science Edition*, 27, 6, 1048-1088(2012).
13. Galarneau A., Renard G., Mureseanu M., Tourrette A. Synthesis of Sponge Mesoporous Silicas from lecithin/dodecylamine mixed micelles in ethanol/water: A route towards efficient biocatalysts, *Microporous and mesoporous materials*, 104, 1-3, 103-114(2007).
14. Kupiec K., P. Konieczka, Namieśnik J. Characteristics, Chemical Modification Processes as well as the Application of Silica and its Modified Forms, *Critical Reviews in Analytical Chemistry*, 392, 60–69(2009).
15. Avgul' N.N., Kiselev A.V., Poshkus D.P. Adsorbtsiya gazov i parov na odnorodnykh poverhnostyakh [Adsorption of gases and vapors on homogeneous surfaces] (*Kimia*, Moscow, 1975, 400 p.) [in Russian]
16. Tertykh V.A. Belyakova L.A. Osobennosti himicheskogo modifitsirovaniya kremnezema organicheskimi soedineniyami [Features of chemical modification of silica by organic compounds], *Zhurnal vsesoyuznogo himicheskogo obshchestva im. D.I. Mendeleeva* [Journal of the D.I. Mendeleev All-Union Chemical Society].34(3).395–405(1989). [in Russian]
17. Tugareva D.A., Onuchak L.A., Kuraeva YU.G., Kapralova T.S. Sorbtsionnye i selektivnye svoystva binarnogo sorbenta «Supramolekulyarnyy zhidkij kristall acetiltosilirovannyy β-ciklodekstrin» v usloviyakh gazovoy hromatografii [Sorption and selective properties of the binary sorbent “Supramolecular liquid crystal acetyltosylated β-cyclodextrin” in gas chromatography], *Zhidkie kristally i ih primeneniye* [Liquid Crystals and their Application].17(4).49–50(2017). [in Russian]
18. Parkaeva S.A., Belyakova L.D., Revina A.A., Larionov O.G. Adsorbtsionnye svoystva kremnezema, modifitsirovannogo stabil'nymi nanochasticami palladiya, po dannym gazovoy hromatografii [Adsorption properties of silica modified with stable palladium nanoparticles, according to gas chromatography], *Sorbtsionnye i hromatograficheskie protsessy* [Sorption and chromatographic processes]. 10(5).713–722(2010). [in Russian]
19. Natsuki J., Natsuki T., Hashimoto Y. A review of silver nanoparticles: synthesis methods, properties and applications, *International Journal of Materials Science and Applications*, 4, 5, 325–332(2015).

20. Kotel'nikova A.T., Kuznecov V.B., Murav'ev P.G. Sorbcionnye svojstva silohroma, impregnirovannogo serebrom, po dannym gazovoj hromatografii [Sorption properties of silochrome impregnated with silver, according to gas chromatography], Sorbcionnye i hromatograficheskie processy [Sorption and chromatographic processes]. 9(1). 147-153(2009). [in Russian]
21. Morosanova E.I., Maksimova I.M., Zolotov YU.A. Immobilizovannye na silikagele N,O,S-soderzhashchie makrociklicheskie soedineniya dlya razdeleniya ionov metallov v variante TSKH [Immobilized on silica gel N,O,S-containing macrocyclic compounds for the separation of metal ions in the TLC variant], Zhurnal analiticheskoy himii [Journal of Analytical Chemistry]. 47(10-11). 1854-1859(1992). [in Russian]
22. Semenova N.V., Morosanova E.I., Zolotov YU.A., Pletnev I.V. Dinamicheskaya modifikaciya silikagelya sprivitymigidrofobnymigruppamikompleksoobrazuyushchimi reagentami i posleduyushchaya sorbciya metallov [Dynamic modification of silica gel with complexing reagents grafted with hydrophobic groups and subsequent sorption of metals], Vestnik Moskovskogo universiteta. Ser. 2. Himiya [Bulletin of the Moscow University. Ser. 2. Chemistry]. 34(4) 390-394(1993). [in Russian]
23. Zaporozhec O.A., Gaver O.M., Suhan V.V. Immobilizaciya analiticheskikh reagentov na poverhnosti nositelej [Immobilization of analytical reagents on the surface of carriers], Uspekhi himii [Advances in chemistry]. 66(7). 702-712(1997). [in Russian]
24. Rykowska I., Wasiak W. Gas chromatography silica packings with chemically bonded complexes of Cu(II) and Cr(III), Analytica Chimica Acta, 451, 2, 271 - 278(2002).
25. Faustova ZH.V., Pahnutowa E.A., Matveeva T.N., Slizhov YU.G. Adsorbciionnye svojstva poverhnostnyh sloev silikagelya, modifitsirovannyh acetilacetatami perekhodnyh metallov [Adsorption properties of silica gel surface layers modified with transition metal acetylacetonates], Vestnik MGTU im. N.E. Baumana. Ser. Estestvennyye nauki [Bulletin of Bauman Moscow State Technical University. Ser. Natural sciences]. 2. 114-12(2018). [in Russian]
26. Slizhov Yu.G., Gavrilenco M.A. Kompleksoobrazovanie s uchastiem helatov metallov na granice razdela faz v gazovoj hromatografii [Complexation involving metal chelates at the phase interface in gas chromatography], Koordinacionnaya himiya [Coordination chemistry]. 28(10). 783-800(2001). [in Russian]
27. Livenson B.B., Rotenshtejn M.M., Medvedskaya I.A. Himicheskie reaktivy i vysokochistye himicheskie veshchestva [Chemical reagents and high-purity chemicals] (Kimia, Moscow, 1983, 704 p.) [in Russian]
28. Littl L. Infkrasnye spektry adsorbirovannyh molekul [Infrared spectra of adsorbed molecules] (Mir, Moscow, 1969, 514 p.) [in Russian]
29. Nakamoto K. IK-spektry i spektry KR neorganicheskikh i koordinacionnyh coedinenij [IR spectra and RAMAN spectra of inorganic and coordination compounds] (Mir, Moscow, 1991, 536 p.) [in Russian]
30. Kudryavcev G.V., Staroverov S.M. Struktura privitogo sloya modifitsirovannyh kremnezemov [Structure of grafted layer of modified silica], Zhurnal vsesoyuznogo himicheskogo obshchestva im. D.I. Mendeleeva [Journal of the D.I. Mendeleev All-Union Chemical Society]. 34(3). 308 - 316(1989). [in Russian]
31. Belyakova L.D., Kolomiec L.N., Larionov O.G., Bulanova A.V., Myakisheva E.A., Revina A.A. Issledovanie poverhnostnyh svojstv silikagelya, modifitsirovannogo nanochasticami srebra, metodom gazovoj hromatografii [Investigation of the surface properties of silica gel modified with silver nanoparticles by gas chromatography], Sorbcionnye i hromatograficheskie processy [Sorption and chromatographic processes]. 7(1). 98-105(2007). [in Russian]
32. Blitz J.P. Fundamental and Applied Aspects of Chemically Modified Surfaces (Woodhead Publishing, NY, 1999, 400 p.)
33. Soubayrol P., Dana G. Aluminium-27 solid-state NMR study of aluminium coordination complexes of alizarin, Magnetic resonance in chemistry, 34, 638-645(1996).
34. Motuzova G.V. Zagryazneniya pochv i sopredel'nyh sred [Pollution of soils and adjacent environments] (MGU, Moscow, 2000, 71 p.) [in Russian]
35. Safarova V.I., Kudasheva F.H., Fauhutdinov A.A., Shajdulina G.F. Ekoanaliticheskij kontrol' v sisteme ocenki kachestva okruzhayushchej sredy [Eco-analytical control in the environmental quality assessment system] (Inter, Moscow, 2004, 228 p.) [in Russian]

Сведения об авторах:

Слизов Юрий Геннадьевич – кандидат химических наук, заведующий кафедрой органической химии, Национальный исследовательский Томский государственный университет, Ленина 30, Томск, Российская Федерация.

Пахнутова Евгения Андреевна – кандидат химических наук, доцент кафедры органической химии, Национальный исследовательский Томский государственный университет, Ленина 30, Томск, Российская Федерация.

Фаустова Жанна Владимировна – кандидат химических наук, доцент кафедры органической химии, Национальный исследовательский Томский государственный университет, Ленина 30, Томск, Российская Федерация.

Бугаева Александра Игоревна – кандидат химических наук, доцент кафедры органической химии, Национальный исследовательский Томский государственный университет, Ленина 30, Томск, Российская Федерация.

Гавриленко Михаил Алексеевич – автор для корреспонденции, доктор химических наук, профессор кафедры органической химии, Национальный исследовательский Томский государственный университет, Ленина 30, Томск, Российская Федерация.

Yuri G. Slizhov – Candidate of Chemical Sciences, Head of the Department of Organic Chemistry, Faculty of Chemistry, National Research Tomsk State University, 30, Lenin, Tomsk, Russian Federation.

Pakhnutova Evgeniya Andreevna – Candidate of Chemical Sciences, Associate Professor, Department of Organic Chemistry, Faculty of Chemistry, National Research Tomsk State University, 30, Lenin, Tomsk, Russian Federation.

Faustova Zhanna Vladimirovna – Candidate of Chemical Sciences, Associate Professor, Department of Organic Chemistry, Faculty of Chemistry, National Research Tomsk State University, 30, Lenin, Tomsk, Russian Federation.

Bugaeva Alexandra Igorevna – Candidate of Chemical Sciences, Associate Professor, Department of Organic Chemistry, Faculty of Chemistry, National Research Tomsk State University, 30, Lenin, Tomsk, Russian Federation.

Gavrilenko Mikhail Alekseevich – corresponding author, Doctor of Chemical Sciences, Professor, Department of Organic Chemistry, Faculty of Chemistry, National Research Tomsk State University, 30, Lenin, Tomsk, Russian Federation.



Copyright: © 2023 by the authors. Submitted for possible open access publication under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution (CC BY NC) license (<https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/>).

* А. А. Бакибаев¹, С.И. Горбин², А.Н. Гусляков³, В.С. Мальков⁴,
А.Э. Ухов⁵, К.Б. Жуманов⁶, А.А. Губанков⁷

Национальный исследовательский Томский государственный университет,
Томск, Россия
(E-mail: ¹bakibaev@mail.ru*, ²gorbinsergey@gmail.com, ³guslyakov.aleksej@bk.ru³,
⁴malkov.tsu@yandex.ru, ⁵artyryxov1@gmail.com, ⁶zhumanovk@mail.ru,
⁷gubankov_a@mail.ru)

Методы синтеза фосфорилированных гликольбурилов

Аннотация. Фосфорсодержащие соединения нашли широкое применение в разных областях. В сельскохозяйственной деятельности эти соединения применяют как пестициды; известно также их использование в качестве антипиренов. В медицине данные соединения могут применяться как противоопухолевые препараты и антибиотики. В свою очередь в организме человека фосфорсодержащие соединения входят в состав различных ферментов. Вещества, содержащие фосфор, соединённые с атомом азота через углерод, вызывают большой интерес у исследователей. С их помощью возможно получение аналогов аминокислот, содержащих фосфор. Такие соединения могут выступать в качестве антипиреновой добавки или проявлять биологическую активность.

В свою очередь химия циклических мочевины, прежде всего, благодаря доступности и полифункциональности последних, претерпела бурное развитие в различных сферах человеческой деятельности.

Одним из прогрессирующих направлений развития химии гликольбурилов является синтез и исследование на их основе фосфорсодержащих соединений. Одновременное сочетание фрагментов мочевины и фосфорильных групп в молекуле позволяет придать целевому веществу специфические полезные свойства, что является предметом широкого обсуждения методов получения фосфорилированных мочевины.

В данной статье рассмотрены основные области применения гликольбурилов и их производных. Помимо этого, собраны и рассмотрены различные методы получения фосфорилированных производных гликольбурилов. Также был проведен анализ имеющихся литературных данных по синтезу и свойствам ряда фосфорорганических гликольбурилов.

Ключевые слова: гликольбурил, мочевины, фосфорорганические производные, фосфорилированные гликольбурилы.

DOI: <https://doi.org/10.32523/2616-6771-2023-145-4-50-60>

Введение

Химия циклических мочевины, прежде всего, благодаря доступности и полифункциональности последних, претерпела бурное развитие в различных сферах человеческой деятельности.

Разработку и совершенствование известных методов синтеза и функционализации моноциклических азотсодержащих гетероциклов во многом стимулирует их известное участие в деятельности человека. Например, среди циклических соединений на основе фосфорилированных мочевины встречаются полимерные соединения [1] и препараты с высокой пестицидной, антихолинэстеразной, противовирусной и противомикробной

активностью [2]. В химии бициклических бисмочевин гликольурил занимает особое место среди азотсодержащих гетероциклических соединений, прежде всего благодаря каркасному строению и наличию многофункциональных реакционных центров. Среди фосфорилированных бициклов известна 2,6-диацетил-гликольурилдифосфоная кислота, которую используют в качестве модификатора электрода для количественного определения холестерина методом вольтамперометрии [3].

Такое широкое применение и актуальность исследований создает новые возможности применения различных производных гликольурила. Одним из прогрессирующих направлений развития химии гликольурилов является синтез и исследование на их основе фосфорсодержащих соединений. Одновременное сочетание фрагментов мочевины и фосфорильных групп в молекуле позволяет придать целевому веществу специфические полезные свойства, что является предметом широкого обсуждения методов получения фосфорилированных мочевины [4, 5].

Поскольку на сегодняшний день в доступной литературе отсутствуют сведения, обобщающие методы синтеза и исследования химических свойств фосфорилированных гликольурилов, в данной работе проведена систематизация знаний в этой области, что послужило основанием для написания данной работы.

Обсуждение

Совокупный анализ имеющихся литературных данных показал, что в последнее время расширяется круг сведений о реакциях фосфорилирования 2,4,6,8-тетраазабицикло[3.3.0.]октан-3,7-диона-(гликольурила) **1**.

Гликольурил **1** – это продукт бициклизации мочевины, но, в отличие от мочевины, гликольурил **1** полифункционален. Гликольурил **1** имеет четыре донорные группы (-NH) и две акцепторные (C=O) группы. По химическим свойствам гликольурил **1** является типичным N-нуклеофилом и легко способен вступать в реакции N - фосфорилирования.

Авторами [7] была исследована реакция переамидирования с использованием гликольурила **1** и тетраэтилдиамидо-трет-бутилфосфита **2**, приводящая к образованию гликоурилзамещенного диэтиламидо-трет-бутилфосфита **3** (схема 1). Реакцию проводили нагреванием в соотношении 1 : 2 массы гликольурила **1** и тетраэтилдиамидотрет-бутилфосфита **2** соответственно в среде этилацетата. Такое соотношение позволяет скоординироваться двум молекулам трет-бутилфосфита **2** к двум аминогруппам (положения 2, 6). При этом сохраняется валентность атома фосфора, что вызывает значительный интерес к данному продукту для дальнейших исследований.

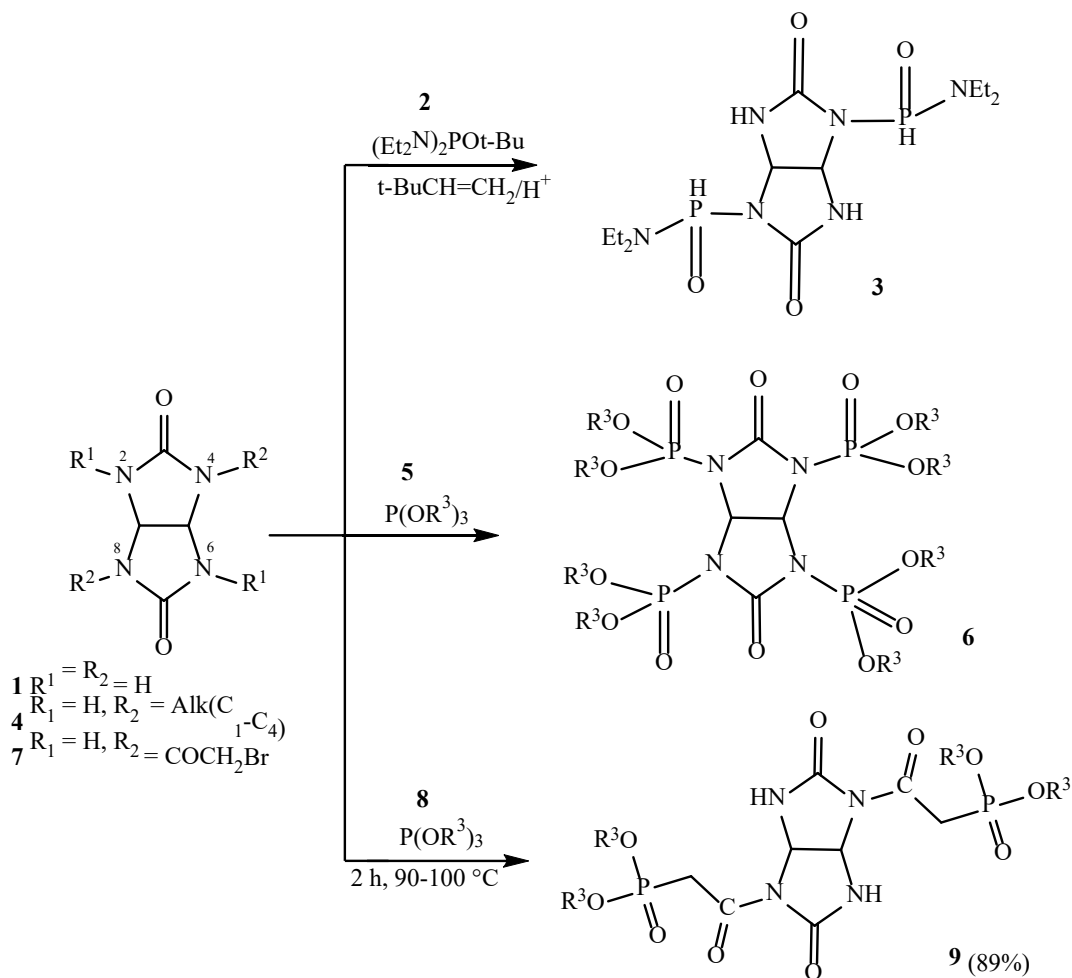


Схема 1 Реакции фосфорилирования гликольурилы 1.

В серии китайских патентов [8-10] описаны огнезащитные добавки – N-фосфорилированные производные гликольурилы **5** и их способы получения на основе N-алкилпроизводных гликольурилы **4** (схема 1). Данные соединения являются отличными азот-фосфор синергетичными антипиренами.

Высокая нуклеофильность атома фосфора обеспечивается наличием неподеленной электронной пары атома фосфора, а также донорным эффектом алкильных групп, способствующих легкости протекания второй стадии реакции Арбузова – дезалкилирования.

Авторами [11] был получен 2,6-ди(1-диэтилфосфоацетил)2,4,6,8-тетраазобицикло[3.3.0]октан-3,7-дион **9** реакцией фосфорилирования 2,6-ди(1-бромацетил)-2,4,6,8-тетраазобицикло-[3.3.0]октан-3,7-диона **7** с эквимольным количеством триэтилфосфита **8**.

Фосфоновые кислоты обладают значительной биологической активностью в сравнение с их эфирами, что вызывает определенный интерес к таким структурам. Авторами [11] был проведен кислотный гидролиз дифосфоната **9** с трибромсиланом в ацетонитриле, приводящий к соответствующей дифосфоновой кислоте **10** (схема 2).

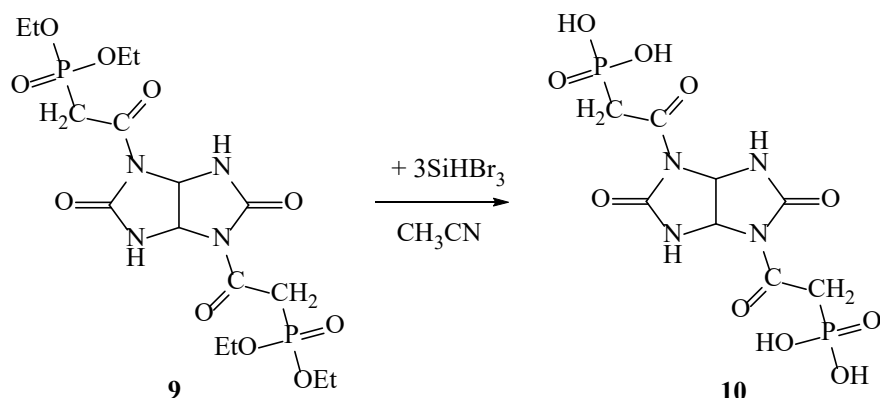


Схема 2 Кислотный гидролиз дифосфоната 9 с трибромсиланом.

Дифосфоновый комплекс тераацетилгликольбурила – дигексахлорофосфат 2,6-ди-(4,8-диацетил-2,4,6,8-тетраазабицикло[3.3.0]октан-3,7-дион)-2,6-ди-(хлор-этилендихлорфосфония) **12** был получен в работе [12]. Последний **12** представляет собой белое кристаллическое, неустойчивое на воздухе соединение, полученное по реакции фосфорилирования 2,4,6,8-тетраацетил-2,4,6,8-тетраазабицикло[3,3,0]октан-3,7-диона **11** пентахлоридом фосфора (схема 3).

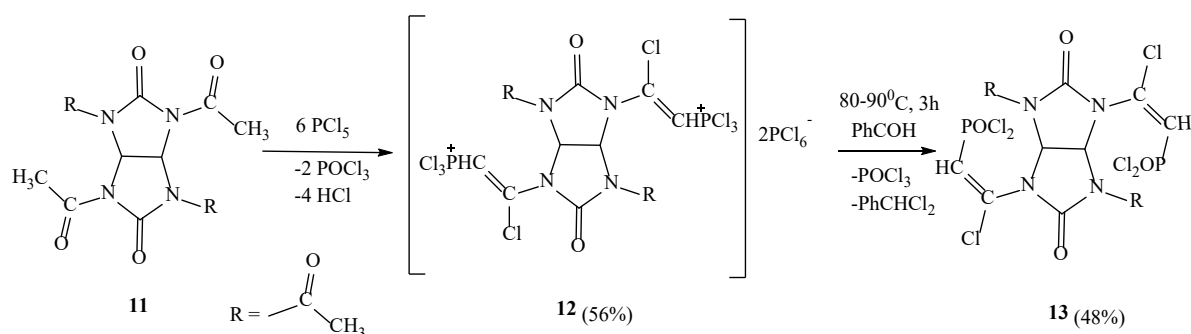


Схема 3 Реакция фосфорилирования 2,4,6,8-тетраацетил-2,4,6,8-тетраазабицикло[3,3,0]октан-3,7-диона **11** пентахлоридом фосфора.

Было замечено, что реакция протекает при нагревании в атмосфере аргона в трихлорметане, в соотношении: на 1 моль 2,4,6,8-тетраацетил-2,4,6,8-тетраазабицикло[3,3,0]октан-3,7-диона **11** – 6 моль пентахлорида фосфора.

Очевидно, реакция протекает через стадию присоединения пентахлорида фосфора по атому кислорода ацетильной группы, с образованием комплекса **12**, который далее разлагается бенальдегидом до продукта **13** (схема 3).

Реакцию фосфорилирования тетра-N-метилгликольбурила **14** тетраэтиламдотрет-бутилфосфитом **2** авторы [13] проводили в среде этилацетата с одновременной отгонкой дэтиламина. В результате был выделен маслянистый продукт 2,6-ди-(N-дэтиламидометилфосфато)-2,4,6,8-тетраазабицикло[3.3.0.]октан-3,7-дион **16** через образование промежуточного соединения **15** (схема 4).

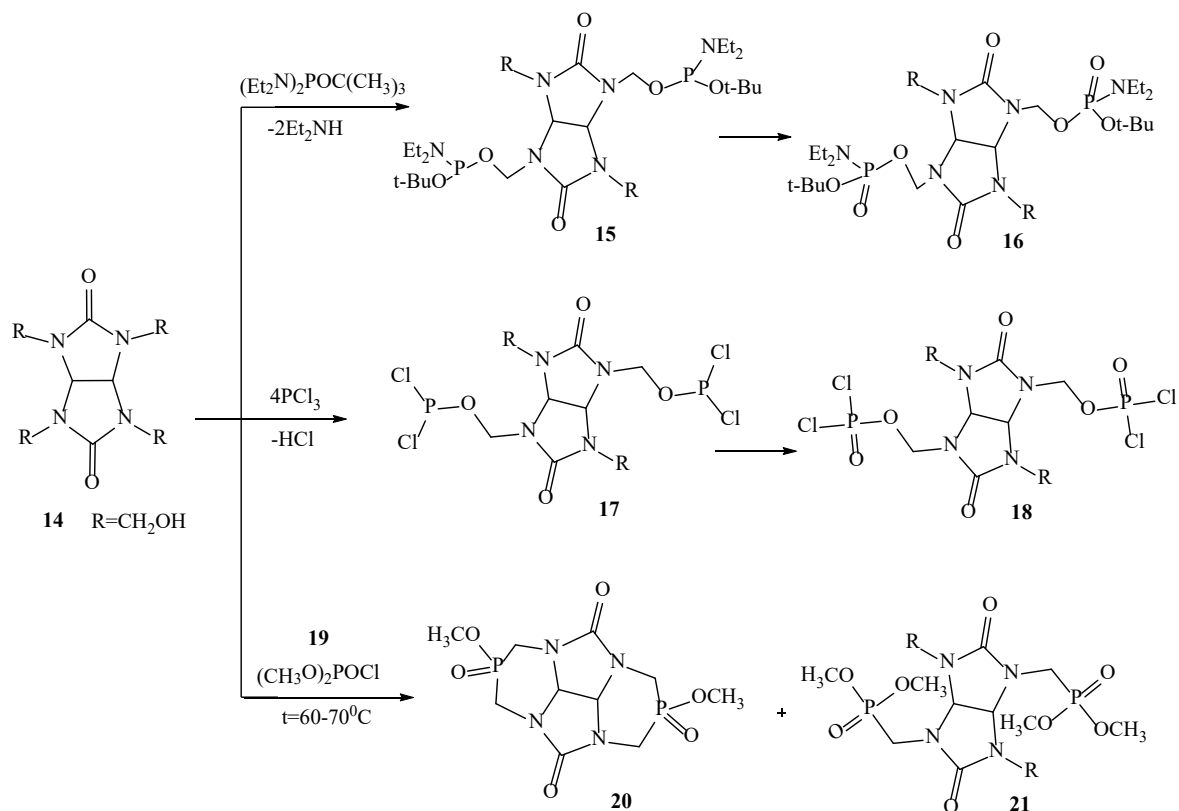


Схема 4 Реакции фосфорилирования тетра-N-метилолгликольурида 14.

В дальнейшем изучении реакционной способности тетра-N-метилолгликольурида **14** в реакциях фосфорилирования было проведено [10] его взаимодействие с треххлористым фосфором (схема 4). Фосфорилирование приводилось в достаточно мягких условиях в среде гексана при нагревании раствора. Выделенное кристаллическое вещество желтого цвета 2,6-ди-(N-метилхлорфосфато)-4,8-хлорметил-2,4,6,8-тетраазобицикло[3.3.0.]октан-3,7-дион **18** – продукт, полученный после окисления фосфорных фрагментов в соединении **17** до пятивалентного состояния (схема 4).

Известно [12], что в ряду соединений трехвалентного фосфора эфирами фосфористых кислот достаточно легко обменивают амидогруппу под действием спиртов, аминов и фенолов. Подобный способ очень удобен для получения труднодоступных в прямом синтезе амидофосфитов.

Проведение реакции **14** в среде абсолютного бензола с двумя эквивалентами диметоксихлорфосфата **19** и пиридина в качестве акцептора хлористого водорода привело к образованию смеси продуктов **20** и **21** (схема 4). Реакция протекает с сильным разогреванием, требующем значительного охлаждения. Структуры синтезированных соединений **20** и **21** были доказаны с привлечением данных ИК-, ЯМР-спектров [13].

Сравнительно недавно коллективом иранских исследователей опубликована работа [14], в которой авторами сообщается о синтезе гликольурида **23** путем трехкомпонентной реакции гликольурида **1**, параформальдегида и фосфористой кислоты (**22**) в этаноле в присутствии соляной кислоты (схема 5). Данный гликольурил (**23**) был использован в дальнейшем в качестве катализатора в мультикомпонентном синтезе производных 3-метил-1,4-дифенил-1,4дигидробензо[6,7]хромено[2,3-с]пиразол-5,10-диона.

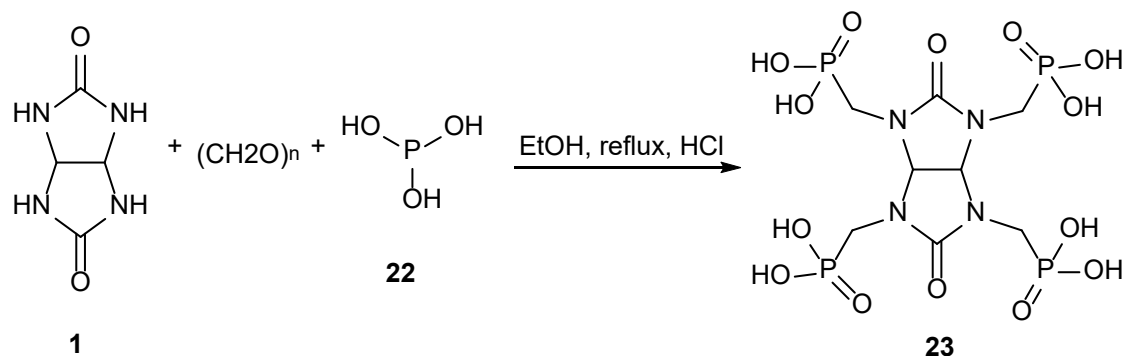


Схема 5 Синтез гликольурила 23.

Дальнейшие исследования авторов были направлены на получения нано-катализаторов на основе **23**. Так, в работе [15] авторы описывают способ получения комплекса гликольурила **23** с Fe_3O_4 и его применение в качестве катализатора в многокомпонентной реакции с целью получения производных дифенилникотинитрила.

Реакция 1,3,4-триметилгликольурила, алифатических альдегидов и трифенилфосфита в присутствии метансульфоновой кислоты дает новые фосфорсодержащие производные гликольурила. Авторами [16] была проведена реакция 1,3,4-триметилгликольурила **24**, трифенилфосфита **26** и алифатических альдегидов **25a-d** (схема 6), что приводит к образованию рацемических смесей диастереомеров 1-[1-(дифеноксифосфорил) алкил]-3,4,6-триметилгликольурилов **27a-d**. Выбор трифенилфосфита обусловлен более высокой реакционной способностью арилфосфитов по сравнению с алкилфосфитами и алкилхлорофосфитами.

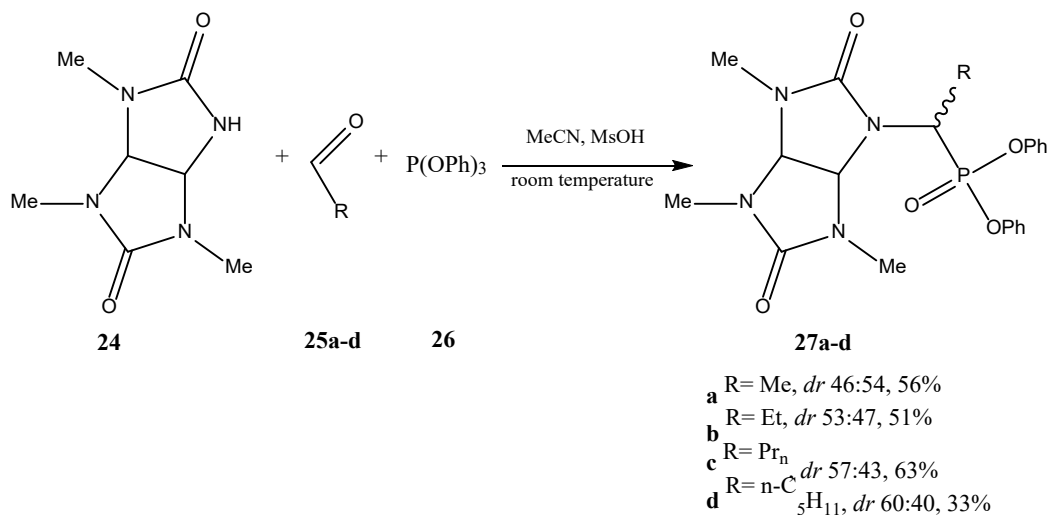


Схема 6 Реакция 1,3,4-триметилгликольурила, алифатических альдегидов и трифенилфосфита в присутствии метансульфоновой кислоты.

С целью дальнейшего развития способа введения фосфонатной группы в молекулу гликольурила авторы работы [17] расширили круг используемых альдегидов в трехкомпонентной реакции 1,3,4-триметилгликольурила, альдегида и трифенилфосфита бензальдегидом и его производными с заместителями (NO_2 , OH) в различных положениях. Авторами были выделены и охарактеризованы образующиеся в ходе реакции

индивидуальные диастереомеры фосфонатпроизводных 1,3,4-триметилгликольурилы **28e'-j'** и **28e''-j''**. Примечательно, что реакция 1,3,4-триметилгликольурилы с описанными в работе [15] бензальдегидами и трифенилфосфитом протекает с диастереомерным избытком (схема 7).

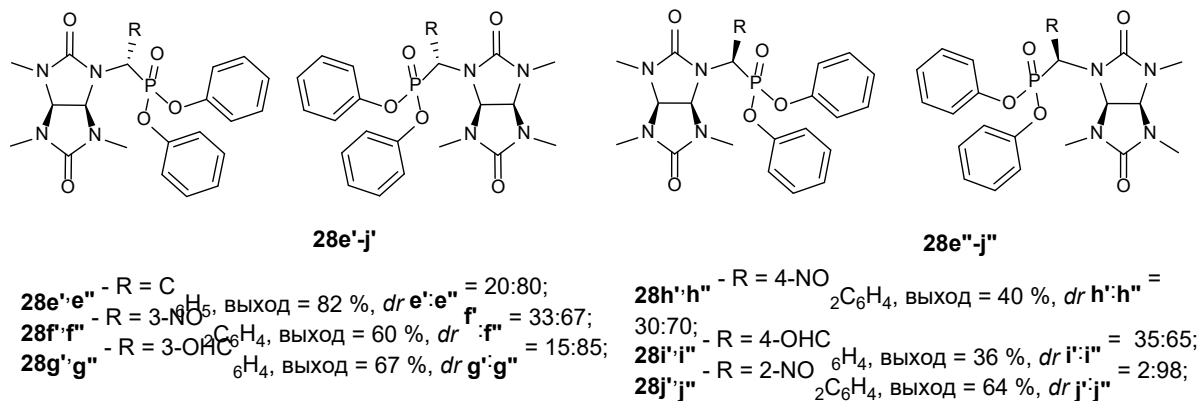


Схема 7 Диастереомерные избытки.

Заключение

Таким образом, нами проведен анализ имеющихся литературных данных по синтезу и свойствам ряда фосфорорганических гликольурилов, т.к. к настоящему времени отсутствуют обзорные материалы, посвященные данному вопросу.

Список литературы

1. Guven N., Akyol M., Demir E., Duman F. (et al.) Urea dimethacrylates functionalized with bisphosphonate/bisphosphonic acid for improved dental materials //Journal of Polymer Science Part A: Polymer Chemistry. – 2017. – Vol. 55. – № 19. – P. 3195–3204.
2. Naydenova E., Todorov P., Troev K. Synthesis and Characterization of Novel Cycloalkanespiro-5-Hydantoin Phosphonic Acids //Phosphorus, Sulfur, and Silicon and the Related Elements. – 2010. – Vol. 185. – № 7. – P. 1315–1320.
3. Пат. 2629836 Российская Федерация, МПК G01N 33/49, G01N 27/48. Вольтамперометрический способ определения общего холестерина в биологических объектах [Текст] / Воронова О.А., Дёрина К.В., Дорожко Е.В., Короткова Е.И.; заявитель и патентообладатель Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Национальный исследовательский Томский политехнический университет». – № 2016137495; заявл. 19.09.16; опубл. 04.09.17.
4. Пудовик М., Кибардина Л., Саакян Г., Хайлова Н., Шаймарданова А., Крепышева Н., Пудовик А. Фосфорилирование этилуретана, мочевины, ацетамида бис(хлорметил)хлорфосфинатом в присутствии поташа //Журнал общей химии. – 2002. – Т. 72. № 7. – С. 1157-1159.
5. Markalous F., Jerman Z., Beránek J., Černík M., Toužín J. Über Phosphorsäureureide //Collection of Czechoslovak Chemical Communications. – 1972. – Vol. 37. – № 3. – P. 725–734.
6. Ma X.-B., Zhang J.-L. New derivatives of 4,5-benzo-1,3,2-oxaza (or d1aza)-phospholane from convenient condensation of substituted urea with tris(dialkylamino)phosphine // Phosphorus, Sulfur, and Silicon and the Related Elements. - 1990. – Vol. 53. №. 1-4.- P. 227-231.
7. Wang Y. Fire retardant 4-(0,0-dimethyl phosphoryl) glycoluril compound and preparation method thereof / Y. Sheng. – Pat. CN103387590A. - 2013.
8. Wang Y. Fire retardant tetra4-(0,0-dibutyl-phosphoryl)glycoluril compound and preparation method thereof / Y. Sheng. – Pat. CN103396450A. - 2013.

9. Wang Y. Flame retardant tetra(0,0-diisopropylphosphoryl)glycoluril compound and preparation method thereof / Y. Wang, Y. Sheng. – Pat. CN103387590A. - 2013.
10. Тайшибекова Е.К. Фосфорорганические производные на основе аминотиазолов и гликольурила. [Текст]: дис. ... д-ра философии РНД: 6D060600-Химия / Е.К. Тайшибекова. - Караганда, 2015. - 167 с. - Библиогр.: с. 129-143.
11. Корбридж Д. Фосфор: Основы химии, биохимии, технологии. Москва: Мир – 1982. – 680 с.
12. Салькеева Л.К., Тайшибекова Е.К. и др. Синтез и исследование полифункциональных производных гликольурила // Вестник КарГУ. Серия «Химия». – 2016. – Т. 84, №. 4. – С. 14-20.
13. Moradi S., Zolfigol M.A., Zarei M., Alonso D.A. Khoshnood Synthesis of a Biological-Based Glycoluril with Phosphorous Acid Tags as a New Nanostructured Catalyst: Application for the Synthesis of Novel Natural Henna-Based Compounds //Chemistry Select. – 2018. – Vol. 3. – P. 3042.
14. Danishyar B., Sepehrmansourit H., Zarei M., Zolfigol M.A., As’Habi M.A., Gu Y. Synthesis and Application of Novel Magnetic Glycoluril Tetrakis(Methylene Phosphorous Acid) as a Nano Biological Catalyst for the Preparation of Nicotinonitriles via a Cooperative Vinylogous Anomeric-Based Oxidation. //Polycyclic Aromatic Compounds. – 2022. – Vol. 43. – P. 6837–6857.
15. Gorbin S., Bakibaev A., Kurgachev D., Malkov V., Novolokov K., Sysoev G. Synthesis of 1-[1-(diphenoxyphosphoryl)alkyl]-3,4,6-trimethylglycolurils. //Mendeleev Communications. – 2023. – Vol. 33. – P. 1–2.
16. Gorbin S., Bakibaev A., Tuguldurova V., Kotov A., Sysoev G., Potapov A., Pavlov D., Malkov V., Knyazev A., Kurgachev D. (et al.) Synthesis of Novel Phosphorus Containing Derivatives of 1, 3, 4-Trimethylglycoluril via the Birum–Oleksyszyn Reaction. //International Journal of Molecular Sciences. – 2023. – Vol. 24. – P. 17082.

А. А. Бакибаев, С.И. Горбин, А.Н. Гусяков, В.С. Мальков, А.Э. Ухов, К.Б. Жуманов, А.А. Губанков

Ұлттық зерттеу Томск мемлекеттік университеті, Томск, Ресей

Фосфоридденген гликолуриллерді синтездеу әдістері

Аңдатпа. Құрамында фосфор бар қосылыстар әртүрлі салаларда кеңінен қолданылады. Ауылшаруашылық қызметінде бұл қосылыстар пестицидтер ретінде қолданылады; оларды отқа төзімді заттар ретінде қолдану да белгілі. Медицинада бұл қосылыстарды ісікке қарсы препараттар мен антибиотиктер ретінде қолдануға болады. Өз кезегінде адам ағзасында құрамында фосфор бар қосылыстар әртүрлі ферменттердің құрамына кіреді. Құрамында көміртегі арқылы азот атомымен байланысқан фосфор бар заттар зерттеушілердің үлкен қызығушылығын тудырады. Олардың көмегімен құрамында фосфор бар аминқышқылдарының аналогтарын алуға болады. Мұндай қосылыстар жалынға қарсы қоспа ретінде әрекет етуі немесе биологиялық белсенділікті көрсетуі мүмкін.

Өз кезегінде циклдік мочевина химиясы, ең алдымен, соңғысының қол жетімділігі мен полифункционалдылығының арқасында адам қызметінің әртүрлі салаларында қарқынды дамудан өтті.

Гликольурил химиясының дамуының прогрессивті бағыттарының бірі - олардың негізінде фосфор бар қосылыстарды синтездеу және зерттеу. Молекуладағы мочевина фрагменттері мен фосфорил топтарының бір мезгілде үйлесуі мақсатты затқа белгілі бір пайдалы қасиеттер беруге мүмкіндік береді, бұл фосфорланған мочевиналарды алу әдістері туралы кеңінен талқыланатын тақырып.

Бұл мақалада гликольуриллер мен олардың туындыларын қолданудың негізгі бағыттары қарастырылған. Сонымен қатар, гликольурилдің фосфорланған туындыларын алудың әртүрлі әдістері жиналып, қарастырылады. Сондай-ақ бірқатар фосфорорганикалық гликольурилдердің синтезі мен қасиеттері туралы қолда бар әдеби деректерге талдау жүргізілді.

Түйін сөздер: гликолурил, мочевина, фосфорорганикалық туындылар, фосфорланған гликолуриллер.

**A.A. Bakibaev, S.I. Gorbin, A.N. Guslyakov, V.S. Malkov, A.E. Ukhov, K.B. Zhumanov,
A.A. Gubankov**

National Research Tomsk State University, Tomsk, Russia

Methods for synthesis of phosphorylated glycolurils

Abstract. Phosphorus-containing compounds have found widespread use across diverse fields. In agriculture, these compounds serve as pesticides, and their application as flame retardants is well-documented. In the realm of medicine, they exhibit potential as antitumor drugs and antibiotics, while within the human body, phosphorus-containing compounds play integral roles in various enzymes. Compounds with phosphorus linked to the nitrogen atom through carbon have garnered significant attention from researchers, offering the possibility of generating phosphorus-containing analogs of amino acids. These compounds can function as flame retardants or showcase biological activity.

Concurrently, the chemistry of cyclic urea has experienced rapid development in various domains, primarily attributed to its accessibility and multifunctionality. A progressive avenue in glycoluril chemistry involves the synthesis and exploration of phosphorus-containing compounds derived from it. The combination of urea fragments and phosphoryl groups in the molecule imparts specific and beneficial properties to the resulting substance. This integration is extensively discussed in methods for obtaining phosphorylated urea.

This article delves into the principal applications of glycolurils and their derivatives. Additionally, it compiles and examines various methodologies for synthesizing phosphorylated glycoluril derivatives. The analysis extends to existing literature data on the synthesis and properties of numerous organophosphorus glycolurils.

Keywords: glycoluril, urea, organophosphorus derivatives, phosphorylated glycolurils.

References

1. Guven N., Akyol M., Demir E., Duman F. (et al.) Urea dimethacrylates functionalized with bisphosphonate/bisphosphonic acid for improved dental materials. *Journal of Polymer Science Part A: Polymer Chemistry*. 55(19). 3195–3204(2017).
2. Naydenova E., Todorov P., Troev K. Synthesis and Characterization of Novel Cycloalkanespiro-5-Hydantoin Phosphonic Acids. *Phosphorus, Sulfur, and Silicon and the Related Elements*. 185(7).1315–1320(2010).
3. Pat. 2629836 Rossijskaya federaciya, MPK G01N 33/49, G01N 27/48. Vol'tamperometricheskij sposob opredeleniya obshchego holesterina v biologicheskikh ob»ektah [Tekst] / Voronova O.A., Dyorina K.V., Dorozhko E.V., Korotkova E.I.; zayavitel' i patentoobladatel' federal'noe gosudarstvennoe avtonomnoe obrazovatel'noe uchrezhdenie vysshego obrazovaniya «Nacional'nyj issledovatel'skij Tomskij politekhnicheskij universitet». – № 2016137495 ; zayavl. 19.09.16; opubl. 04.09.17.
4. Pudovik M., Kibardina L., Saakyan G., Hajlova N., SHajmardanova A., Krepysheva N., Pudovik A. Fosforilirovanie etiluretana, mocheviny, acetamida bis(hlormetil)hlorfosfinatom v prisutstvii potasha. *ZHurnal Obshchej himii*[Phosphorylation of ethylurethane, urea, acetamide with bis(chloromethyl)chlorophosphinate in the presence of potash. *Journal of General Chemistry*].72(7).1157-1159(2002).
5. Markalous F., Jerman Z., Beránek J., Černík M., Toužín J. Über Phosphorsäureureide. *Collection of Czechoslovak Chemical Communications*, Vol. 37, No. 3, 1972. P. 725–734.
6. Ma X.-B., Zhang J.-L. New derivatives of 4,5-benzo-1,3,2-oxaza (or d1aza)-phospholane from convenient condensation of substituted urea with tris(dialkylamino)phosphine. *Phosphorus, Sulfur, and Silicon and the Related Elements*. 53 (1-4). 227-231(1990).
7. Wang Yanlin, Yan Sheng. Fire retardant 4-(0,0-dimethyl phosphoryl) glycoluril compound and preparation method thereof, CN103387590A, 2013.
8. Wang Yanlin, Yan Sheng. Fire retardant tetra(0,0-dibutyl-phosphoryl)glycoluril compound and preparation method thereof, CN103396450A, 2013.

9. Van Yanlin, Yan Shen. Flame retardant tetra(0,0-diisopropylphosphoryl)glycoluril compound and preparation method thereof, CN103387590A, 2013.
10. Tajshibekova E.K. Fosfororganicheskie proizvodnye na osnove aminotiazolov i glikol'urila [Organophosphorus derivatives based on aminothiazoles and glycoluril]: dis. ... d-ra filosofii PHD: 6D060600-Himiya - Karaganda, 2015. - 167 p. - Bibliogr.: p. 129-143.
11. Korbridzh D. Fosfor: Osnovy himii, biohimii, tekhnologii [Phosphorus: Fundamentals of chemistry, biochemistry, technology]. (Moskva, Mir, 1982, 680 p.)
12. Sal'keeva L.K., Tajshibekova E.K. i dr. Sintez i issledovanie polifunkcional'nykh proizvodnykh glikol'urila. Vestnik KarGU, Seriya «Himiya» [Synthesis and study of polyfunctional derivatives of glycoluril. Bulletin of KarSU. Series "Chemistry"]. 84 (4). 14-20(2016).
13. Moradi S., Zolfigol M.A., Zarei M., Alonso D.A. Khoshnood Synthesis of a Biological-Based Glycoluril with Phosphorous Acid Tags as a New Nanostructured Catalyst: Application for the Synthesis of Novel Natural Henna-Based Compounds. Chemistry Select. 3. 3042(2018).
14. Danishyar B., Sepehrmansourit H., Zarei M., Zolfigol M.A., As'Habi M.A., Gu Y. Synthesis and Application of Novel Magnetic Glycoluril Tetrakis(Methylene Phosphorous Acid) as a Nano Biological Catalyst for the Preparation of Nicotinonitriles via a Cooperative Vinylogous Anomeric-Based Oxidation. Polycyclic Aromatic Compounds. 43. 6837–6857(2022).
15. Gorbin S., Bakibaev A., Kurgachev D., Malkov V., Novolokov K., Sysoev G. Synthesis of 1-[1-(diphenoxyphosphoryl)alkyl]-3,4,6-trimethylglycolurils. Mendeleev Communications. 33. 1–2(2023).
16. Gorbin S., Bakibaev A., Tuguldurova V., Kotov A., Sysoev G., Potapov A., Pavlov D., Malkov V., Knyazev A., Kurgachev D. (et al.) Synthesis of Novel Phosphorus Containing Derivatives of 1,3,4-Trimethylglycoluril via the Birum–Oleksyszyn Reaction. International Journal of Molecular Sciences. 24. 17082(2023).

Сведения об авторах:

Бакибаев Абдигали Абдиманович – автор для корреспонденции, доктор химических наук, профессор, ведущий научный сотрудник лаборатории органического синтеза ХФ ТГУ, пр. Ленина, 36, Томск, Россия.

Горбин Сергей Игоревич – аспирант, заведующий лабораторией полимеров и композиционных материалов ХФ ТГУ, пр. Ленина, 36, Томск, Россия.

Гусляков Алексей Николаевич – аспирант, младший научный сотрудник в центре исследований в области материалов и технологий ХФ ТГУ, пр. Ленина, 36, Томск, Россия.

Мальков Виктор Сергеевич – кандидат химических наук, заведующий лабораторией органического синтеза ХФ ТГУ, пр. Ленина, 36, Томск, Россия.

Ухов Артур Эдуардович – аспирант, лаборант центра исследований в области материалов и технологий ХФ ТГУ, пр. Ленина, 36, Томск, Россия.

Жуманов Кайрат Берикболатулы – соискатель лаборатории органического синтеза ХФ ТГУ, пр. Ленина, 36, Томск.

Губанков Александр Александрович – магистрант, лаборант центра исследований в области материалов и технологий ХФ ТГУ, пр. Ленина, 36, Томск, Россия.

Bakibaev Abdigali Abdimanovich – corresponding author, Doctor of Chemical Sciences, Professor, Leading Researcher at the Laboratory of Organic Synthesis of the Chemistry Faculty of TSU, 36 Lenin Ave., Tomsk, Russia.

Gorbin Sergey Igorevich – graduate student, head of the laboratory of polymers and composite materials of the Faculty of TSU, 36 Lenin Ave., Tomsk, Russia.

Guslyakov Aleksey Nikolaevich – graduate student, junior researcher at the Center for Research in the Field of Materials and Technologies of the Faculty of TSU, 36 Lenin Ave., Tomsk, Russia.

Malkov Viktor Sergeevich – Candidate of Chemical Sciences, Head of the Laboratory of Organic Synthesis of the TSU Chemical Department, 36 Lenin Ave., Tomsk, Russia.

Ukhov Artur Eduardovich – graduate student, laboratory assistant at the Center for Research in the Field of Materials and Technologies of the Faculty of TSU, 36 Lenin Ave., Tomsk, Russia.

Zhumanov Kairat Berikbolatuly – applicant at the Laboratory of Organic Synthesis of the Chemistry Faculty of TSU, 36 Lenin Ave., Tomsk, Russia.

Gubankov Aleksandr Aleksandrovich – master’s student, laboratory assistant at the Center for Research in the Field of Materials and Technologies of the Faculty of TSU, 36 Lenin Ave., Tomsk, Russia.



Copyright: © 2023 by the authors. Submitted for possible open access publication under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution (CC BY NC) license (<https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/>).



С.Б.Куанышбаев¹, Е.Атасой², Г.К.Баубекова³*

¹НАО «Костанайский региональный университет имени Ахмета Байтурсынұлы»,
Костанай, Казахстан

²Улудаг Университет, Бурса, Турция
(E-mail: *baubekova1973@mail.ru, ²eatasoy@uludag.edu.tr, ¹kuanyschbayev65@bk.ru)

Анализ и классификация ойконимов Костанайской области (на примере Узункольского и Костанайского районов)

Аннотация. В статье представлена характеристика физической, социальной, экономической географии Узункольского и Костанайского районов. По данным административных карт рассматриваемых районов, справочника административно-территориального деления Костанайской области, составлен список населенных пунктов Узункольского и Костанайского районов (84 объекта), проанализированы этимология и географическое положение, проведена классификация ойконимов по 12-ти признакам и их соответствие топонимическим классам.

Анализ географических объектов показал, что многочисленную группу составляют антропотопонимы, на которые приходится 23%, далее следуют гидронимы - 14%, топонимы-мигранты, фитотопонимы, зоотопонимы – 12% и 8% соответственно, в наименьшей степени представлены ойконимы, связанные с промышленной деятельностью региона. В названии населенных пунктов определены основные языковые семьи, с которыми соотнесены рассматриваемые объекты, – это алтайская и индоевропейская, где 27% ойконимов относятся к тюркской языковой группе, преимущественно к казахскому языку.

При помощи программы QGIS были созданы карты Узункольского и Костанайского районов, на которых обозначены переименованные за последние годы населенные пункты, а также предложены к переименованию отдельные топонимы. Топонимы – наша память о языке, истории и географии, более подробное их изучение крайне важно и необходимо.

Ключевые слова: Узунколь, Костанай, ойконим, фитотопоним, зоотопоним, гидроним, антропотопоним, топоним-мигрант.

DOI: <https://doi.org/10.32523/2616-6771-2023-145-4-61-70>

Введение

Топонимика имеет большое значение для географической науки. Изучение географических названий актуально для общества. Изменения географических названий демонстрируют процессы, происходящие во времени, отражают географию, историю. Исследование географических названий - это верный путь к раскрытию новых страниц о населении, географии и истории родного края, который позволит не потерять связь

поколений и предоставит дополнительную информацию для изучения. Топонимы представляют собой хронологическое свидетельство заселения территорий, направления миграции народов, происходивших на ней исторических событий, направлений хозяйственной деятельности этих людей и др. [1].

Ханмагомедов Х.Л. пишет, что топоним – результат выражения территориальности физико-географических, социально-экономических и политических факторов, которые отмечают связь «человек – территория», «человек – окружающая среда» [2]. Например, Шоққарағай, Рыбное и т.д. В данной публикации представлен анализ топонимического класса – ойконимов. Топонимы определенной территории складываются из климатических и гидрографических особенностей местности, состава и качества воды в водоисточниках, прошлого и современного состояния флоры и фауны, фактов прежних исторических эпох и проживавших народностей [3;4].

Фундаментальная база в изучении имен собственных с позиции антропоцентризма наиболее полно представлена в трудах ученых Абдрахманова А., Джанузакова Т., Керимбаева Е и др. [4]. Исследования по региональной топонимии Казахстана изучают такие ученые, как Горбунов А.П., Каймулдинова К.Д., Сапаров К.Т., Егинбаева А.Е., Абдулина А.и другие [5;6]. За последние 25 лет в Казахстане происходят значительные топонимические преобразования географических объектов. Изменены транслитерации, произведены переименования, возвращены исторические топонимы. Это создало положительную языковую картину казахской топонимии и имеет благоприятный аспект в воспитании подрастающего поколения. В рамках данной публикации представлен анализ переименований и актуализация вопросов по топонимическим изменениям исторических названий. Исследование топонимов региона является значимой и актуальной задачей.

Методы и материалы. Географические условия районов имеют незначительные различия в климате, геоморфологии, гидрографии, почвенном покрове. Костанайская область расположена на северо-западе Казахстана. Включает 16 административных районов, 4 города областного значения и 2 города районного значения [7]. Костанайский и Узункольский районы занимают площадь около 7,1% от площади области. По данным Департамента статистики Костанайской области, численность населения на 1 октября 2023 года в Костанайском районе составляет 73461 жит., а в Узункольском районе –14964 жит., или 8,9% и 1,8 % соответственно от областного показателя [8].

Узункольский район расположен на северо-востоке области, граничит на юге с Сарыкольским, на западе - с Мендыкаринским, на востоке - с Жамбылским районами, на юго-востоке - с Тимирязевским районом Северо-Казахстанской области, на севере - с Курганской областью России. Территория района находится в пределах границы юго-западной части Западно-Сибирской низменности. Рельеф представлен слабоволнистой, слабодренированной поверхностью. Развитая гидрографическая сеть, много озер, котловины по происхождению в основном просадочно-суффозионные. Среди озер имеется ряд крупных, например Сарыоба, Речное, Балыкты, Өгізбалық (Огузбалык), Итсары, Большой Терсколь, Пресное и другие.

Костанайский район расположен в северной части области, граничит на северо-западе с Федоровским, северо-востоке – с Мендыкаринским, востоке – с Алтынсаринским, на юге с Аулиекольским и районом Беимбета Майлина. Рельеф равнинный, северная часть района находится в пределах южной окраины Западно-Сибирской низменности и северной равнинной части Торгайского прогиба. Высота над уровнем моря составляет 200-220 м. С юго-запада на север течет главная водная артерия области – река Тобол, также много небольших озер. Климат резко континентальный с суровой снежной зимой и жарким сухим летом. Основные отрасли экономики – сельское хозяйство, пищевая и легкая промышленность [9;10].

В данной статье представлена география 84 ойконимов, анализ и классификация. Басик С.Н. в учебном пособии «Общая топонимика» пишет, что ойконим – это названия любых населенных пунктов [11]. Географические исторические, теоретические и эмпирические

методы исследования использованы при анализе ойконимов. Географические названия наглядно отражают ландшафтные условия, геологическое строение местности, гидрографические особенности. Исходя из разнообразия природной среды, различия растительного и животного мира, ойконимы районов были классифицированы. Определена динамика их развития во времени, связи между социальными, историческими и природными процессами и явлениями. Сопоставлены, проанализированы административные карты районов Костанайской области (2004, 2023гг.). Статья выполнена на основе материалов исследования ученых в области топонимии, научного проекта «Исторические топонимы Костанайской области», научно-исследовательских проектов, дипломных работ студентов образовательной программы «География» [12;13].

Обсуждение результатов

С 2009 года в рамках научного проекта «Историческая топонимика Костанайской области» акимата Костанайской области учеными Костанайского государственного педагогического института (сейчас КРУ им. А. Байтұрсынұлы) составлены базы данных по топонимам районов, проанализированы и результаты опубликованы книжными изданиями в 5-ти частях. По данным акимата Узункольского и Костанайского районов, на 2022 год насчитывается 32 и 52 населенных пункта соответственно. С 2004 года по настоящее время **на территории исследуемых районов упразднены 30 населенных** пунктов, из которых 24 приходится на Узункольский район (Энгельс, Карл Маркс, Борки, Березово и т.д.) и 6 населенных пунктов на Костанайский район [14]. Одна из причин упразднения сел - уменьшение населения, так, например, по данным Департамента статистики Костанайской области, с 2018 года по 2022 год население района уменьшилось на 11% [8].

Топонимы крайне тесно связаны с единичными географическими понятиями и указывают на единичные предметы, не называя классы однородных предметов. Все топонимы можно разделить на классы в зависимости от специфики объекта номинации. Каждый класс делится на подклассы топонимов. Если в названии топонимов представлена флора местности, породы деревьев, виды травяных растений, злаковых растений, они образуют класс фитотопонимов, например, село Каратек (упраздненное), слово «терек» в переводе с казахского языка означает тополь; географические названия, в своем составе имеющие лексемы фауны, образуют класс зоотопонимов, например, село Өгізбалық упразднено 2014 году, в переводе с казахского языка слово «балық» означает рыба, «өгіз» бык. В 500 м. от села расположено озеро с одноименным названием и богатое рыбой; лексемы, характеризующие качество, цвет воды, названия водных объектов, формируют класс гидронимов [6;11].

Ойконимы сгруппированы по общим признакам и классифицированы в топонимические классы, такие, как оронимы, гидронимы, фитотопонимы, зоотопонимы, лимнонимы, потопонимы и другие (рис.1).



Рис.1. Классификация ойконимов.

Одним из больших по численности ойконимов является класс антропотопонимов, их происхождение связано в большей степени с миграцией этнических групп, создавших новые поселения (села Ксеневка, Ивановское, Давыденковка и т.д.). В основе названий ойконимов - собственные имена людей, например, села Жамбыл, Абай, Кировское. Таких ойконимов в Костанайском районе 25% и в Узункольском районе 19% [12;13].

Следующую группу ойконимов представляют топонимы-мигранты, которые составляют 17% в Костанайском районе и 13% Узункольском районе. Как отмечает Басик С.Н., различаются два пути миграции топонимов: 1) когда миграция населения на новое место жительства способствует переносу топонимов оставленной Родины, 2) когда топонимы-близнецы появляются как результат подражания известным, ярким и благозвучным названиям [11]. В качестве примера можно привести такие топонимы-мигранты, как, например, села Московское, Казанка. Многие ойконимы носят названия, происходящие от имен собственных, чаще всего от имен первопоселенцев, например, село Борис-Романовка и т.д.). В книге Черныша П.М. «Очерки истории Кустанайской области» представлены документальные, исторические факты о миграциях в районе урочища Урдабай на реке Тобол (ныне областной центр Костанай) в конце XIX века и до середины XX века. Костанайский регион стал центром миграционного движения [15]. Как отмечает Уразаева К., важным фактором широкого распространения искусственных топонимов был второй этап миграции русскоязычного населения в период освоения целины в XX веке [16].

Гидронимы представляют собой самый архаичный пласт топонимов, поскольку они редко подвергаются переименованию, являются носителями ценной информации о народах, ранее населявших территории современных стран [11]. В гидронимических топонимах раскрываются особенности течения водных потоков, цвета, вкуса, запаха, характера русла и поймы. Ойконимы, включающие слова «озеро», «көл», «су» и т.д., относятся к классу гидронимов. В результате анализа названий населенных пунктов ойконимы-гидронимы в Костанайском районе составляют 16% и Узункольском районе 13%. Например, этимология села «Майколь» в словаре Койчубаева Е. обозначает «священное озеро» и является первичным топонимом [17]. Село «Светлый Жарколь», этимология слова означает «светлое обрывистое озеро», историческое название «Жалтыркөл» [13]. В данном топониме использован прием калькирование.

13% населенных пунктов в Костанайском и 6% в Узункольском районах относятся к классу фитотопонимов. Названиям ойконимов присущи флористические основы, связанные с произрастанием и распространением растительных формаций. Например, ойконим «Осиновка» обязан своему названию лиственному дереву из рода Тополь – Осина. Расположение данного поселка в центральной части междуречья Тобола и Убагана благоприятно сказалось на его произрастании, здесь осинового колки занимают увлажненные западины [18].

Зоотопонимы представлены двумя ойконимами в каждом районе (Балыкты, Укаткан и т.д.). Например, Укіатқан (Укаткан) – поселок, находится в 20 км к северо-востоку от села Узунколь в лесостепной зоне. Брагина Т. в монографии «Особо охраняемые природные территории Казахстана и перспективы организации экологической сети» пишет, что в березовых и осиново-березовых лесах обитает болотная сова, а в «колодной степи» - ушастая сова [18]. Это подтверждено и этимологией ойконима, который характеризуется тем, что в данных местах издревле водилось много сов, которые в вечернее время не давали местным людям покоя. Местные жители начали охоту на них. После этих событий поселок стал называться как Укіатқан, что в переводе с казахского означает (үкі – «сова», атқан – «стрелять») - «стрелять сов» [12].

Ойконимы, отражающие духовную жизнь людей, связанные с религиозно-культурными названиями, составляют 5% от общего количества топонимов. Топонимы, отражающие, почвенно-грунтовые условия района, составляют 1%. Таким образом, собственные имена людей, географические термины, названия естественно-природных объектов, которые перешли в наименование населенных пунктов, функционируют и характеризуют современные ойконимы районов.

В Костанайской области процесс переименования населенных пунктов, возвращение исторических топонимов ведется последовательно, и это можно проследить на географических картах. Мурзаев Э. писал, что «...карта требует сопоставимости всего показываемого материала. Поэтому карта всегда более объективна и наглядна, чем текст» [19]. При помощи программы QGIS составлены карты районов, где условными знаками показаны переименования и предложены примеры для отдельных населенных пунктов по возвращению исторических названий [12] (рис. 2, 3).

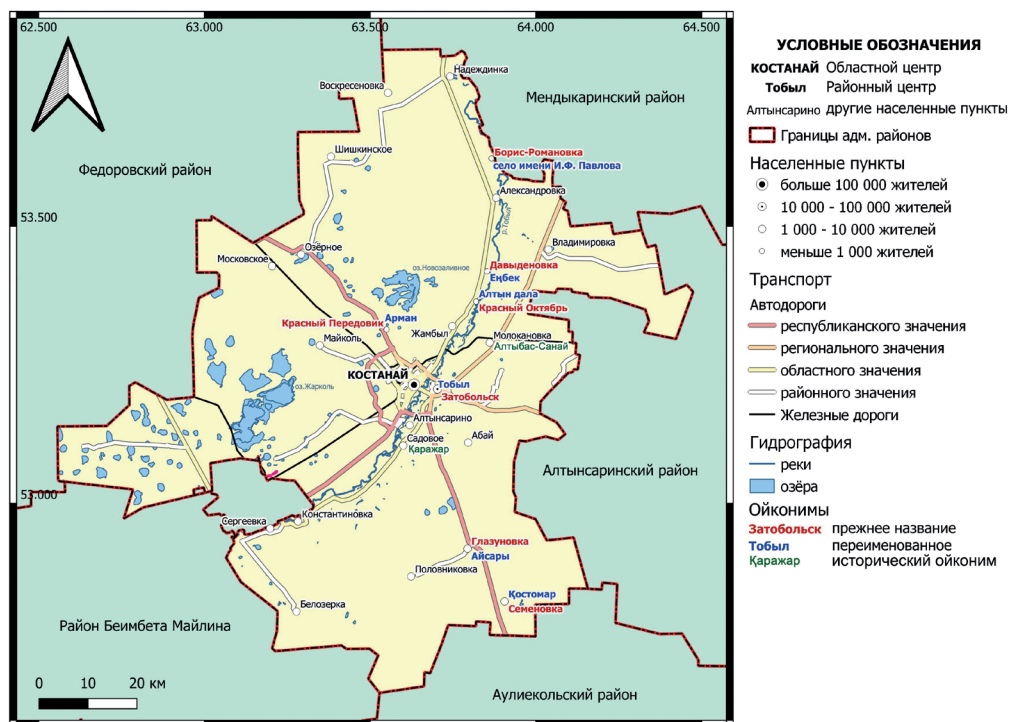


Рис.2. Костанайский район.

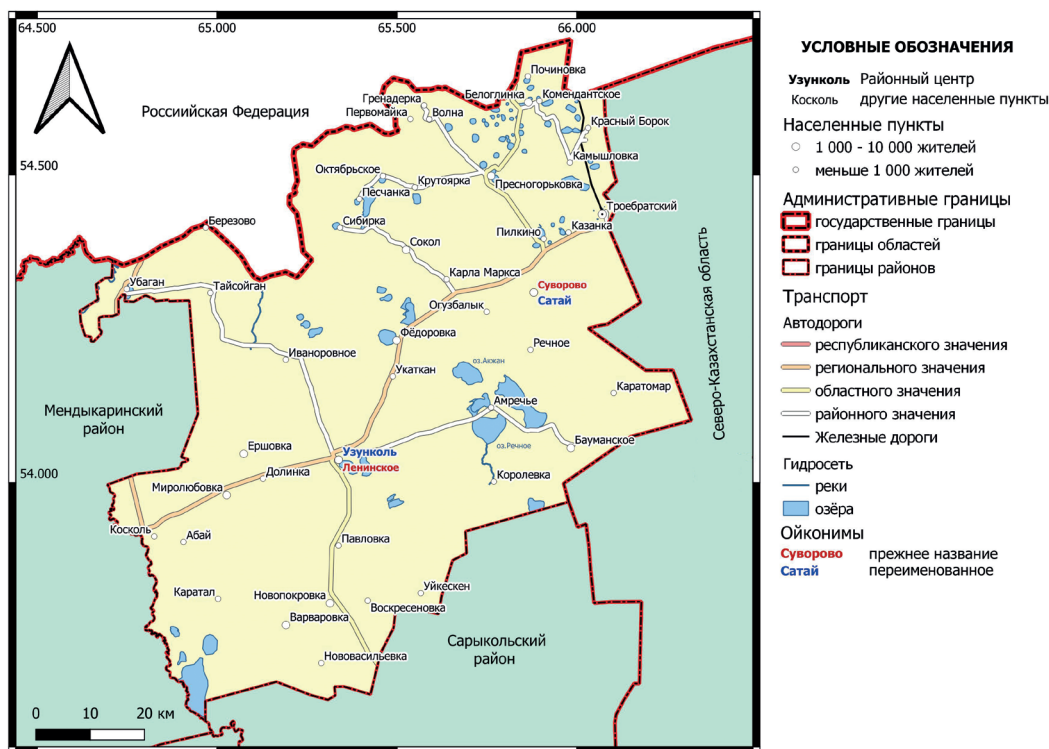


Рис.3. Узункольский район.

Таким образом, с 2004 года в Костанайском районе упразднены 6 сел (Косколь, Ломоносовка и т.д.), переименованы 7 населенных пунктов (село Красный Октябрь – село Алтын Дала), что составляет 13% от общего числа ойконимов района (52). В Узункольском районе сокращены, упразднены 4 сельских округа (Российский, Петропавловский, Карл Марксовый, Чапаевский), 24 населенных пункта (Королевка, Вершковое, Гренадерка и т.д.), переименован 1 ойконим (село Суворово – село Сатай) [12;13;20].

В основе ойконимов Костанайского и Узункольского районов выделяются два основных типа языков: тюркский (казахский) и славянский (русский), которые формируют две параллельно функционирующие топосистемы – казахскую и русскую. Так, при анализе этимологии топонимов выявлено, что 27 % ойконимов относятся к группе казахских лексем (Отынағаш, Есмырза, Майкөл и др.) и 73% к группе славянских языков (Садовый, Новопокровка и т.д.) [12;13].

За рассматриваемый период изменены названия восьми населенных пунктов, из них в Костанайском районе семь (Айсары, Арман и т.д.) и Узункольском один (Сатай). 73% названий населенных пунктов образованы в прошлом столетии, которые характеризуют исторические процессы того периода (Столыпинская реформа, установление и развитие советской власти, освоение целинных и залежных земель и т.д.).

Выводы. Названия ойконимов Узункольского и Костанайского районов сформировались в результате исторических, этнических, географических процессов развития региона. Административно-территориальное деление Костанайской области на 06 мая 2022 год включает 526 населенных пунктов (справочник), их них в Узункольском районе 32 и Костанайском 52, или 6% и 9,9% соответственно от областного показателя. 73% ойконима сохранили названия, которые были сформированы в конце XIX-начале XX века. С 2004 года 10% названий населенных пунктов изменены, и они представлены на картах 2 и 3. Выявлены две топонимические системы – казахская и русская. Топонимы - наша память о языке, истории и географии и более подробное изучение крайне важно и необходимо.

Список литературы

1. Темирбаева Р.К., Егембердиева К.Б., Оразбекова К.С., Кожирова С.Б., Алькеев М.А. Тюркские топонимы в казахстанско-российском приграничье: инвентаризация и систематизация // Вестник КазНУ. Серия географическая. -2022. - Том 67. - № 4. - С.43-52.
2. Ханмагомедов А.Н., Гебекова Х.Л. Учение о географических названиях (топонимика) и пути его развития [Электронный ресурс]. - 2011. <http://vernadsky.tstu.ru/pdf/2011/04/03.pdf> (дата обращения 08.11.2023).
3. Абдрахманов С., Макенова А. Суверенному Казахстану - суверенная топонимика // Мысль. [Электронный ресурс]. - 2013. - URL: <https://mysl.kazgazeta.kz/news/1621> (дата обращения 05.11.2023).
4. Мадиева Г.Б., Супрун В.И. Теория и практика ономастики. Учебное пособие. - Алматы: Қазақ университеті; Волгоград: Изд-во ВГСПУ «Перемена», 2015. – 199 с.
5. Сапаров К.Т., Егинбаева А.Е. Топонимика региона как основа восстановления и развития ландшафтов Павлодарского Прииртышья: учебное пособие для студентов естественно-научных и гуманитарных специальностей. - Алматы: Эпиграф, 2017. -168 с.
6. Abdullina A., Saparov K., Atasoy E., Shumakova G. Географические основы формирования топонимов (на примере Актюбинской области)// The Journal of International Social Research / Uluslararası Sosyal Araştırmalar Dergisi.-2018.- Vol. 11-Is. 60.-P.269-275.
7. Статистическая информация. Акимат Костанайской области. [Электронный ресурс]. – 2023. – URL <https://www.gov.kz/memleket/entities/kostanay/> (дата обращения 08.11.2023).
8. Бюро национальной статистики. Демографическая статистика. [Электрон. ресурс]. – 2023. – URL <https://stat.gov.kz/ru/industries/social-statistics> (дата обращения 08.11.2023).
9. Статистическая информация. Акимат Узункольского района. [Электронный ресурс]. - 2023. - URL: <https://www.gov.kz/memleket/entities/kostanai-usunkol-audany-akimat/press/article/details/9579?lang=ru> (дата обращения 08.11.2023).
10. Показатели социально-экономического развития Костанайского района. [Электронный ресурс]. - 2023. - URL: <https://www.gov.kz/memleket/entities/kostanai-kostanai-audany-akimat/activities/4819?lang=ru> (дата обращения 08.11.2023).
11. Басик С.Н. Общая топонимика: учебное пособие для студентов географического факультета. – Минск: БГУ, 2006. - 200 с.
12. Абиль Е.А., Алибек Т.К., Байдалы Р., Қүзембайұлы А., Мурзахметов К., Урманов К.Т. Историческая топонимика Костанайской области (Мендыкаринский, Узункольский районы). В 5-ти частях. Научное издание. Часть 1 (Мендыкаринский, Узункольский районы). – Костанай: ТОО «Центрум», 2010. – 170 с.
13. Қүзембайұлы А., Абиль Е., Байдалы Р., Алибек Т.К. Историческая топонимика Костанайской области. В 5-ти частях. Научное издание. Часть 2 (Карабалыкский, Фёдоровский, Костанайский районы). – Костанай: ТОО «Центрум», 2009. – 294 с.
14. Совместное постановление акимата Костанайской области от 20 ноября 2009 года № 8 и решение маслихата Костанайской области от 20 ноября 2009 года № 241 [Электронный ресурс]. - 2009. - URL: https://online.zakon.kz/Document/?doc_id=30538479 (дата обращения 08.11.2023).
15. Черныш П. М. Очерки истории Кустанайской области. – Костанай: «Полиграфия», 1995. - 271 с.
16. Уразаева К. Топонимика современного Казахстана и языковая политика. [Электронный ресурс]. - 2012. -URL:<https://www.viaevrasia.com/> (дата обращения 08.11.2023).
17. Койчубаев Е. Краткий толковый словарь топонимов Казахстана. – Алма-Ата: Наука,1974. - 284 с.
18. Брагина Т.М. Особо охраняемые природные территории Казахстана и перспективы организации экологической сети (с законодательными основами в области особо охраняемых природных территорий). - Костанай: Костанайский Дом печати, 2007. – 164 с.
19. Гордова Ю.Ю., Герцен О.А., Герцен А.А., Костовска С.К. Применение картографических методов в топонимике (история вопроса и современные исследования) // ИнтерКарто. ИнтерГИС. 2021. т. 27. ч. 4. - С. 520-536.
20. Жұмабай С. Сатай батырдың үш даналығы.–Астана:Газета «EGEMEN QAZAQSTAN». [Электронный ресурс] – 2021. –URL:<https://www.ar.egemen.kz/article/276434-satay-batyrdynh-ush-danalyghy> (дата обращения 08.11.2023).

С.Б.Куанышбаев¹, Е.Атасой², Г.К.Баубекова¹

¹А.Байтұрсынов атындағы Қостанай өңірлік университеті, Астана, Қазақстан

²Улудаг университеті, Бурса, Түркия

Қостанай облысының ойконимдерін талдау және жіктеу (Ұзынкөл және Қостанай аудандарының мысалында)

Аңдатпа. Мақалада Ұзынкөл және Қостанай аудандарының физикалық, әлеуметтік, экономикалық географиясының сипаттамасы келтірілген. Қарастырылып отырған аудандардың әкімшілік карталарының деректеріне сәйкес, Қостанай облысының әкімшілік-аумақтық бөлінісінің анықтамалығы Ұзынкөл және Қостанай аудандарының елді мекендерінің тізімін жасады (84 объект), этимологиясы мен географиялық жағдайы талданды, ойконимдердің 12 белгі бойынша жіктелуі және олардың топонимикалық сыныптарға сәйкестігі жүргізілді.

Географиялық объектілерді талдау көрсеткендей, көптеген топ антропотопонимдерден тұрады, олар 23% құрайды, содан кейін гидронимдер - 14%, мигрант топонимдер, фитотопонимдер, зоотопонимдер-сәйкесінше 12% және 8%, аймақтың өндірістік қызметіне байланысты ойконимдер аз дәрежеде ұсынылған. Елді мекендердің атауында қарастырылып отырған объектілер өзара байланысты негізгі тілдік отбасылар айқындалған – бұл Алтай және үндіеуропалық, мұнда ойконимдердің 27% - ы түркі тілдер тобына, негізінен қазақ тіліне жатады.

QGIS бағдарламасының көмегімен Ұзынкөл және Қостанай аудандарының карталары жасалды, оларда соңғы жылдары қайта аталған елді мекендер белгіленді, сондай-ақ қайта атауға жекелеген топонимдер ұсынылды. Топонимдер-біздің тіл, тарих және география туралы жадымыз Толығырақ оқу өте маңызды және қажет.

Түйін сөздер: Ұзынкөл, Қостанай, ойконим, фитотопоним, зоотопоним, гидроним, антропотопоним, топоним-мигрант.

S.B.Kuanyshbayev¹, E. Atasoy², G.K.Baubekova¹

¹ Akhmet Baitursynuly Kostanay Regional University, Kostanay, Kazakhstan

²Uludag University, Bursa, Turkey

Analysis and classification of oikonyms of Kostanay region (on the example of Uzunkol and Kostanay districts)

Abstract. The article presents the characteristics of the physical, social, and economic geography of Uzunkol and Kostanay districts. According to the data of the administrative maps of the considered areas, the directory of administrative-territorial division of Kostanay region, a list of settlements of Uzunkol and Kostanay districts (84 objects) was compiled, etymology and geographical location were analyzed, the classification of oikonyms according to 12 signs and their correspondence to toponymic classes was carried out.

Analysis of geographical objects has showed that a large group consists of anthroponyms, which account for 23%, followed by hydronyms - 14%, migrant toponyms, phytotoponyms, zootonyms - 12% and 8%, respectively, the least represented are oikonyms associated with the industrial activity of the region. The names of settlements identify the main language families to which the objects under consideration are related – these are Altai and Indo-European, where 27% of the oikonyms belong to the Turkic language group, mainly to the Kazakh language.

With the help of the QGIS program, maps of Uzunkol and Kostanay districts were created, which indicate renamed settlements in recent years, as well as individual toponyms proposed for renaming. Toponyms are our memory of language, history and geography. A more detailed study is extremely important and necessary.

Keywords: Uzunkol, Kostanay, oikonym, phytotoponym, zootoponym, hydronym, anthropotoponym, migrant toponym.

References

1. Temirbaeva R.K., Egemberdieva K.B., Orazbekova K.S., Kozhirova S.B., Al'keev M.A.. Tyurkskie toponimy` v kazakhstansko-rossijskom prigranich`e: inventarizacziya i sistematizacziya [Turkic toponyms in the Kazakh-Russian border area: inventory and systematization] Vestnik KazNU. Geographical series x [Russian language and literature], 2022, vol. 67, p 43-52 [in Russian]-Journal article
2. Khanmagomedov A.N., Gebekova Kh.L. Uchenie o geograficheskikh nazvaniyakh (toponimika) i puti ego razvitiya [Doctrine of geographical names (toponymy) and the ways of its development] 2011. Available at: <http://vernadsky.tstu.ru/pdf/2011/04/03.pdf> [in Russian] (accessed 08.11.2023).-Internet resources
3. Adbrakhmanov S., Makenova A. Suverennomu Kazakhstanu–Suverennaya toponimika // My`sl`. [Sovereign Kazakhstan–Sovereign toponymy // Thought. 2013, Available at: <https://mysl.kazgazeta.kz/news/1621> [in Russian] (accessed 05 November 2023)-newspaper article
4. Madieva G.B., Suprun V.I. Teoriya i praktika onomastiki [Theory and practice of onomastics] (Triad, textbook – Almaty: Kazakh University; Volgograd: Publishing house of VGSPU “ Peremena “, 2015. 199 p.) [in Russian]-the book
5. Saparov K.T., Eginbaeva A.E. Toponimika regiona — kak osnova vosstanovleniya i razvitiya landshaftov Pavlodarskogo Priirty`sh`ya: uchebnoe posobie dlya studentov estestvenno-nauchny`kh i gumanitarny`kh special`nostej [Saparov K.T., Eginbayeva A.E. Toponymy of the region — as the basis for the restoration and development of landscapes of the Pavlodar Irtysh region]: a textbook for students of natural sciences and humanities (Triad, Almaty: Epigraph, 2017. -168 p. [in Russian]-the book
6. Abdullina A., Saparov K., Atasoy E., Shumakova G. Geograficheskie osnovy` formirovaniya toponimov (na primere Aktyubinskoy oblasti) [Geographical bases of the formation of toponyms (on the example of the Aktobe region)] [Russian language and literature], 2018, Vol. 11-Is. 60.-P.269-275[in Russian]-Journal article
7. Statisticheskaya informacziya. Akimat Kostanajskoj oblasti. [Statistical information. Akimat of Kostanay region]2023. Available at: <https://www.gov.kz/memleket/entities/kostanay> [in Russian] (accessed 08.11.2023).-Internet resources
8. Byuro naczional`noj statistiki. Demograficheskaya statistika [Bureau of National Statistics. Demographic statistics]2023. Available at: <https://stat.gov.kz/ru/industries/social-statistics> [in Russian] (accessed 08.11.2023).-Internet resources
9. Statisticheskaya informacziya. Akimat Uzunkol`skogo rajona. [Statistical information. Akimat of Uzunkol district]2023. Available at: <https://www.gov.kz/memleket/entities/kostanai-usunkol-audany-akimat/press/article/details/9579?lang=ru> [in Russian] (accessed 08.11.2023).- internet resource
10. Pokazateli soczial`no-e`konomicheskogo razvitiya Kostanajskogo rajona [Indicators of socio-economic development of Kostanay region]2023. Available at: <https://www.gov.kz/memleket/entities/kostanai-kostanai-audany-akimat/activities/4819?lang=ru> [in Russian] (accessed 08.11.2023).- internet resource
11. Basik S.N. Obshhaya toponimika: Uchebnoe posobie dlya studentov geograficheskogo fakul`teta [General toponymy: A textbook for students of the Faculty of Geography]- (Triad, Minsk: BSU, 2006. - 200 p.) [in Russian]-The book
12. Abil E.A., Alibek T.K., Bajdaly R., Kyzembajuly A., Murzakhmetov K., Urmanov K.T. Istoricheskaya toponimika Kostanajskoj oblasti (Mendy`karinskij, Uzy`nkol`skij rajony`) [Historical toponymy of Kostanay region (Mendykarsky, Uzynkol districts)] In 5 parts. Scientific publication. Part 1 (Mendykara, Uzynkol districts) (Triad, Kostanay: Tsentrum LLP, 2010.–170p.) [in Russian]-The book
13. Kuzembajuly A., Abil E., Bajdaly R., Alibek T.K. Istoricheskaya toponimika Kostanajskoj oblasti [Historical toponymy of Kostanay region] In 5 parts. Scientific publication. Part 2 (Karabalyk, Fedorovsky, Kostanay districts) (Triad, Kostanay: Tsentrum LLP, 2009. – 294 p.) [in Russian]-The book
14. Sovmestnoe postanovlenie akimata Kostanajskoj oblasti ot 20 noyabrya 2009 goda №8 i reshenie maslikhata Kostanajskoj oblasti ot 20 noyabrya 2009 goda №241 [Joint resolution of the Akimat of Kostanay region No. 8 dated November 20, 2009 and the decision of the Maslikhat of Kostanay region No. 241 dated November 20, 2009]2009. Available at: https://online.zakon.kz/Document/?doc_id=30538479 [in Russian] (accessed 08.11.2023).- internet resource
15. Cherny`sh P. M. Ocherki istorii Kustanajskoj oblasti [Essays on the history of the Kostanay region] (Triad, Kostanay: “Polygraiya”, 1995. - 271 p.) [in Russian]-The book

16. Urazaeva K. Toponimika sovremennogo Kazakhstana i yazy'kovaya politika [Toponymy of modern Kazakhstan and language policy]2012. Availableat: <https://www.viaevrasia.com/> [in Russian] (accessed 08.11.2023).- internet resource

17. Kojchubaev E. Kratkij tolkovy'j slovar' toponimov Kazakhstana [A short explanatory dictionary of toponyms of Kazakhstan] (Triad, Alma-Ata: Nauka, 1974.-284p.) [in Russian]-The book

18. Bragina T.M. Osobo okhranyaemy'e prirodny'e territorii Kazakhstana i perspektivy` organizaczii e`kologicheskoi seti (s zakonodatel`ny`mi osnovami v oblasti osobo okhranyaemy`kh prirodny`kh territorij) [Specially protected natural territories of Kazakhstan and prospects for the organization of an ecological network (with legislative bases in the field of specially protected natural territories)] (Triad, Kostanay: Kostanajskij Dom pečati, 2007. – 164 p.) [in Russian]-The book

19. Gordova Yu.Yu., Gerczen O.A., Gerczen A.A., Kostovska S.K. Primenenie kartograficheskikh metodov v toponimike (istoriya voprosa i sovremenny'e issledovaniya) [The use of cartographic methods in toponymy (background and modern research)] InterKarto. InterGIS [Russian languageand literature], 2021. vol. 27. part 4.- p. 520-536. [in Russian]-Journal article

20. Zhumabaj S. Sataj baty`rdy`n ush danaly`gy` [The three wisdoms of satai batyr] – Astana: newspaper “EGEMEN QAZAQSTAN”.2021 Availableat: <https://www.ar.egemen.kz/article/276434-satay-batyrdynh-ush-danalyghy> (accessed 08.11.2023) [in Kazakh]- newspaper article

Сведения об авторах:

Куанышбаев Сейтбек Бекенович – доктор географических наук, ассоциированный профессор кафедры естественно-научных дисциплин, НАО КРУ имени Ахмета Байтурсынұлы, ул.Байтурсынова, 47, Костанай, Казахстан.

Emin Atasoy – доктор, профессор, Университет Улудаг, Görükle Campus 16059, Бурса, Турция.

Баубекова Гаухар Коныспаевна – автор для корреспонденции, магистр педагогического образования, НАО КРУ имени Ахмета Байтурсынұлы, ул.Байтурсынова, 47, Костанай, Казахстан.









Kuanyshtbayev Seitbek Bekenovich – Doctor of Geographical Sciences, Associate Professor, Department of Natural Sciences, Akhmet Baitursynuly Kostanay Regional University, 47 Baytursynov Street, Kostanay, Kazakhstan.

Emin Atasoy – Doctor, Professor, Uludag University, Görükle Campus 16059, Bursa, Turkey.

Baubekova Gauhar Konyspaevna – corresponding author, Master of Pedagogical Education, Senior Lecturer, Department of Natural Sciences, Akhmet Baitursynuly Kostanay Regional University, 47 Baytursynov Street, Kostanay, Kazakhstan.



Copyright: © 2023 by the authors. Submitted for possible open access publication under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution (CC BY NC) license (<https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/>).

S.A. Nigmatova¹ , A.K. Zhamangara^{2*} , Sh.B. Akmagambet³ ,
I.T. Madyarova⁴ , N.B. Abubakirova⁵ , K.K. Kashaganov⁶ ,
A. Seidali⁷ , A.M. Zadagali⁸ 

^{1, 2, 3, 5, 6, 8} Institute of Botany and Phytointroduction, Kazakhstan, Almaty

^{2, 3, 5, 8} L.N. Gumilyov Eurasian National University, Astana, Kazakhstan

^{1, 4, 7} Institute of Geological Sciences named after K.I. Satpaev, Almaty, Kazakhstan
(E-mail: ¹nigmatova@mail.ru, ²kashagankizi@mail.ru,

³ashakhizada@gmail.com, ⁴ilnura_elya@mail.ru, ⁵nukon_89@mail.ru, ⁶kaisar.kashagan@gmail.com, ⁷sejdaliev96@mail.ru ⁸z.a.aizhan1993@gmail.com)

Possibilities for reconstructing the paleoclimate of the paleogene and neogene based on the study of fossil flora (using the example of the paleoflora of the Uly-zhilanshik river)

Abstract. The article provides an analysis of Cenozoic floras collected and studied at different times in the valley of the Uly-Zhilanshik River (South Torgai Depression, Kazakhstan), and also discusses the prospects for reconstructing the Cenozoic paleoclimate based on the study of fossil floras. The Uly-Zhilanshchik River valley is a key area for understanding the processes of environmental change in the Paleogene and Neogene. These studies of these paleofloras make it possible to reconstruct paleogeographical conditions: paleolandscapes and climate change. It was shown that floras of the same age were not of the same type and had their own regional characteristics. Floristic composition represented in floras from sediments of different ages along the river. Uly-Zhilanshik, allows us to trace the stages of retreat of the Chegan Sea and further aridization of the territory.

The article was prepared during the implementation of the grant project AP19677563 "Study of paleoflora and climate of Central Kazakhstan at the boundary of the Oligocene and Miocene and the initial stage of desertification of the region" (2023 – 2025)

Key words: Uly-Zhilanshik, paleoflora of the Torgai type, fossil floras, Paleogene, Neogene, localities

DOI: <https://doi.org/10.32523/2616-6771-2023-145-4-71-82>

Introduction

Southern Torgai is a necessary area for the transformation of the processes of formation and development of the steppe and desert zones of Eurasia [1]. It is located in the central part of the Kazakh shield, separating the West Siberian and Turanian plates. In this territory, from the beginning of the Cenozoic, a continental regime was established with landscapes of denudation conditions and low highlands, which served as a kind of buffer between the marine regime in the western part of Kazakhstan and the purely continental regime in the eastern part. On the territory of Central Kazakhstan, Cenozoic deposits are well exposed and contain rich paleontological material, on the basis of which it is possible to determine both the relative age of the deposits and its paleogeographic characteristics and climate.

Studying and identifying the direction of development of paleofloras of Central Kazakhstan is fundamentally important for understanding the general direction of change in the composition of ancient and modern floras of Eurasia, since they reflect the characteristics of the vegetation of Western Kazakhstan, Central Asia and Western Siberia, being a connecting link and one of

the main sources of flora migration. Within the framework of the grant project AP19677563 "Research of the paleoflora and climate of Central Kazakhstan at the boundary of the Oligocene and Miocene and the initial stage of desertification of the region" (2023-2025), extensive geological and paleontological material was collected, allowing for a review of previously completed studies of the fossil floras of Central Kazakhstan and Turgai and highlighting the most interesting areas in paleogeographical terms.

An unique object for studying the diversity of Paleogene and Neogene paleoflora is the Turgai trough, where thick Cenozoic continental deposits with a high saturation of these strata with organic, and in particular plant remains are developed and exposed in many places [2].

The Uly-Zhilanchik River (Kazakh: Uly Zhylanshyk) is located in the eastern part of the South Turgai Plain, in the Kostanay region, Amangeldinsky and Dzhangeldinsky districts, formed at the confluence of the Dulygaly and Ulken-Zhilanchik rivers, which in turn originate in the Ulytau Mountains. In Russian-language (Soviet) sources it may also be called Zhylanshyk and Zhilanchik.

Uly-Zhylanshyk flows to the northwest, then turns to the southwest. It flows into the drainless salt lake Akkol. The territory of the Uly-Zhilanchik arc (cliffs of the bank of the Uly-Zhilanchik River and adjacent territories) is interesting because continental Paleogene-Neogene deposits with unpredictably rich plant remains are exposed here in many places. These include such well-known locations of fossil plants as Nausha, Bolattam, Tortmola, Myneskesuek, Sarysay, Altyn-zhar, Erzhilansai, Kushuk.

In the composition of these paleofloras, a large number of fossil species new to science and endemic to the Turgai trough have been identified. *Myrica turgaica* Kornilova was first known from Tortmola, and *Lindera ovata* Kolakovski was first established on the territory of Kazakhstan from here. In Myne'skesuek, along with the flora, M. D. Biryukov collected the remains of the skeleton of *pristinotherium*. The flora includes, along with the usual cosmopolitan species of Turgai floras, *Cassia phaseolites* Ung., *Weinmannia microphylla* Heer. The composition and paleoflora of the Akmola (Bolattam) location is interesting. From there the following were identified for the first time: *Cedrus kazachstabica* Bud., *Acer monoides* Kirich., Schap., *Tilia multinervis* Kornilova, *Cercis turgaica* Usn. Imprints of flowers of *Carpenteriantus turgaicus* Bors were collected from the Naush locality. The Lower Miocene Burdigalian flora of Kushuk is represented by small-leaved mesoxerophytic species, among which there are also many new to science - *Peryploca kryshofovichii* Kornilova, *Sorbaria callicomaefolia* Kornilova, *Vaccinium paiaeoretusum* Kornilova, *Trapa vassiljevii* Kornilova and many others.

Floristic complexes studied from these places make it possible to reconstruct the history of the development of the Kazakh flora from the early Oligocene to the Miocene, as well as to establish the stages of gradual climate aridization, which subsequently led to the desertification of this region [3].

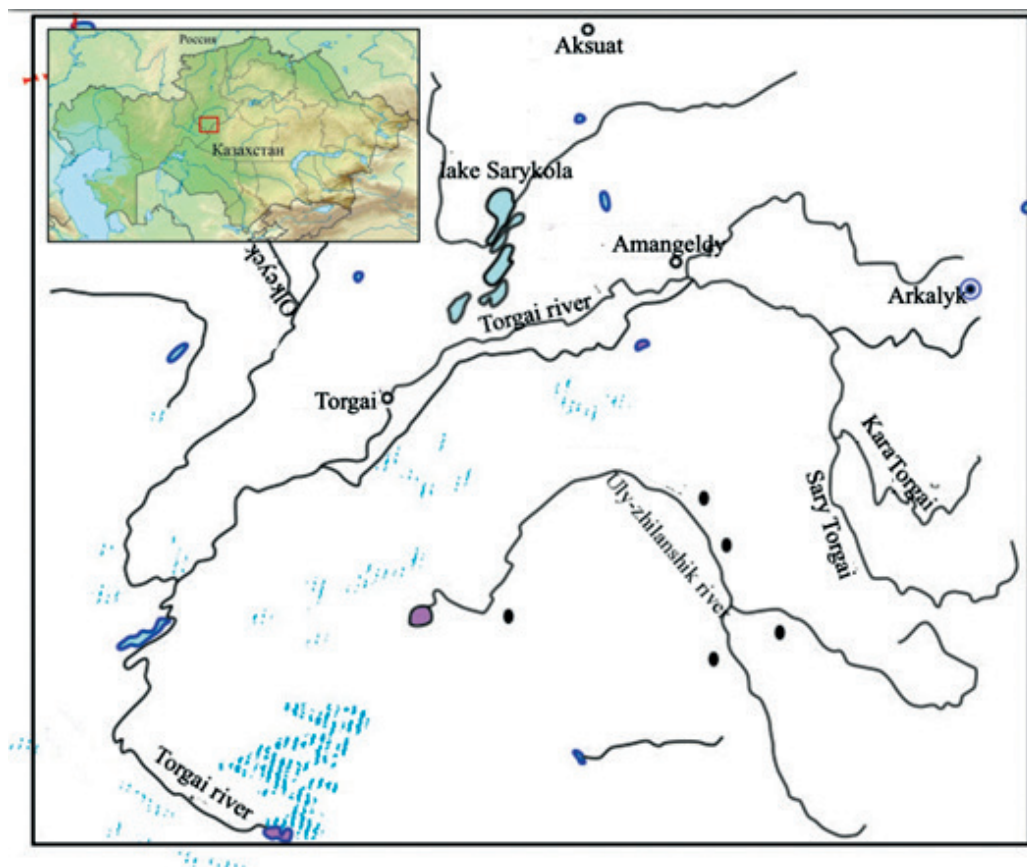


Figure 1. Map of the Torgai region

Objects and methods of research

Plant remains “imprints” are cavities formed as a result of plant parts getting into the rock and its further hardening. Moreover, in the hardened rock the process of smoldering of organic residues continues, as a result only a cavity remains, which in its shape corresponds to the original part of the plant. One such print then consists of two parts - a print and a counterprint, as they are not entirely correctly called, which correspond to the top and bottom sides of the sheet. In rare cases, under special conditions of fossilization, remains of phytoliteims are preserved.

Fossil plant sites are rock outcrops or outcrops where imprints of leaves, fruits, stems, falling shoots, cones, and inflorescences of higher plants are preserved.

Comparison of the size of the leaf blade, its shape, the shape of the apex and base of the leaf, the type of serration and venation with previously studied fossils, as well as modern species, allows us to establish the systematic affiliation of the specimen. To determine the ecological appearance, paleoecological methods are used:

the method of Bailey and Sinnott, based on the study of the ratio of leaves of simple and complex, with smooth and serrated edges, with pinnate and palmate venation, since all these characteristics are associated with climatic conditions [4];

the method of Axelrod and Bailey, supplementing the above with an analysis of the size of the leaf blade, since a reduction in leaf size usually indicates a water deficit [5].

To the history of studying the issue. The study of fossil plants on the territory of the Turgai trough has a history of almost a century and a half and, despite the seemingly sufficient knowledge, at the present stage remains very promising for paleobotanical research, clarification of the conditions of climate change and the environment. The first collections of plant remains

in the Turgai trough were made by A.I. Antipov in 1856-57, when he discovered signs of coal content in the form of deposits of brown coal and lignite in the Zhar-Kue (Yar-Kue) tract [6]. The selected plant imprints were identified by the Swiss paleobotanist O. Geer and identified 11 species of woody plants: *Taxodium dubium* Heer, *Sequoia langsdorfii* Heer, *Carpinus grandis* Heer, *Corylus insignis* Heer, *Fagus antipovii* Heer, *Quercus nimrodii* Ung., *Q. drymeja* Heer, *Ficus populina* Heer, *Dryandra Ungeru* Ett., *Ziziphus tiliaefolius* Heer, *Liquidambar* sp. [7, 8]. O. Geer compared the Turgai collection with the tertiary plants of Switzerland, which had been well studied by that time, and concluded that the fossil flora of the "Kyrgyz steppe" was preserved in freshwater deposits of the Oligocene, which correspond to the lower freshwater mollas of Switzerland.

By the end of the 40s of the 20th century, more than 60 species of fossil plants were known in the fossil floras of the Turgai trough.

From 1946 to 1958 On the territory of the Turgai trough, in connection with widespread geological exploration work, a complex geological and paleontological expedition of the Academy of Sciences of Kazakhstan carried out work. Research was carried out on various paleobotanical objects: L.Yu. studied plant macroremains. Budantsev, A.I. Kirichkova, V.S. Kornilov, spores and pollen were analyzed by R.Ya. Abuzyarova, E.P. Boytsova, Z.K. Zhuchenko, T.V. Pogodaeva, I.M. Pokrovskoy, L.N. Rzhannikova, fruits and seeds were determined by P.I. Dorofeev. During this time, many new localities of fossil flora and fauna were discovered [9-12].

In the work of S.G. Zhilin, a new approach to dating the floras of Western Kazakhstan and Turgai was proposed [13]. Thus, he attributed the paleofloras of Shintuzsay, Murunchik, Zhaman-Kaindy to the Middle Oligocene (Ruppel), the floras of Bolattam, Zharkuye Zhilin S.G. dates back to the Upper Oligocene (Hattian), and Erzhilansai and Nausha to the Early Miocene (Aquitanian). This dating by S.G. Zhilin proposed based on the results of comparison with paleofloras of Northern Ustyurt, dated paleofaunistically.

Comparison of the paleoflora of the river Uly-Zhilanshchik and paleogeography of the time of their existence. The territory of the Turgai trough and adjacent regions of Western and Eastern Kazakhstan is very interesting and favorable for learning the history of the development and evolution of flora and climate of the Cenozoic era.

P.V. Shilin [14] believed that during the Paleocene and Eocene there was a radical restructuring of floras. The beginning of this stage corresponds to the time of development and formation of thermophilic subtropical flora, which is characterized by the almost complete absence of ferns, weak participation in plant groups of conifers, single occurrence of monocots, tree and shrub species of various families of angiosperms, mainly with tropical and subtropical habitats, are predominant. The entire plant complex is characterized by quite distinct thermophilicity [15].

In Eastern Kazakhstan [15, 16] it corresponds to the Kiin-Kerish stage. Its beginning corresponds to the time of development of thermophilic flora, in which, as I. A. Ilyinskaya emphasized [17], various species of extinct genera are noted, conditionally attributed to the family Platanaceae-Protophyllum, Protoacerophyllum, Zaissania. At the same time, "a significant increase in the subtropical Gelinden element is observed" [16], in particular, the genus *Dryophyllum* appears and achieves great diversity. At the end of the Romankol-Karasor and Kiin-Kerish stages, natural taxa develop predominantly; they account for 70% of all genera and 76% of species known in the flora.

Since the Oligocene, which marks the beginning of the Late Cenophyte, a radical restructuring of the flora took place in the territory under consideration. The subtropical Eocene flora is replaced by a fundamentally different mesophilic flora of the Turgai evolutionary-time stage. Its composition involves mainly natural taxa, modern analogues of which now live within two continents - America and Eurasia.

The floras of the beginning and end of the Turgai stage have some peculiarities. The first of them (the beginning of the Middle Oligocene) covered the time of development of taphofloras, well known from the Shintuzsay, Tortmola, Zhaman-Kaindy and Myneske-Suek localities. The beginning of the stage is characterized by a mixed flora of subtropical and a small number of

temperate broad-leaved elements. As noted by V.S. Kornilova [3], on the territory of the Turgai trough in the early-middle Oligocene, the participation of evergreen elements in floras was constantly decreasing, and the diversity of broad-leaved trees was increasing. As a result, the floras of the early Middle Oligocene were already dominated by deciduous forms of temperate and warm-temperate climates, although individual elements of subtropical floras were still preserved: *Cinnomomum*, *Palibinia*, *Lomatia*, etc. The most ancient taphocenoses of this time were forest: coniferous-deciduous, with the participation of evergreens and mesoxerophilous. *Myrica* species are found everywhere; apparently, they were part of plant groups on the sea coast, and then on other bodies of water.

The flora of the beginning of the Turgai stage from the Shintuzsay locality has been the most studied [18-21]. The following species are noted in its composition: *Salvinia natanella* Schap., *Taxodium dubium* Heer, *Populus grandifera* Heer, *Populus* sp., *Pterocarya paradisiaca* Iljinskaja, *Lautus primigenium* Ung., *Laurophyllum* sp., *Cinnamomum scheuchzeri* Heer, *Cinnamomum* sp., *Sassaftas turgaicum* Kornilova, *Cercidiphyllum crenatum* (Ung.) Brown., *Liquidambar europeum* A. Br., *Cercis* cf. *turgaica* Uan., *Aser angustilobum* Heer, *Ziziphus tiliaefolius* Heer, *Pistacea oligocenica* Mar., *Andromeda protogea* Ung., *A. vacciniaefolia* Heer, *Dryandra* sp. [20]. It consists of 22 species, one species of ferns (*Salvinia natanella* Schap.), one of gymnosperms (*Taxodium dubium* Heer.) and 20 species of angiosperms. Ferns and gymnosperms have not yet been established in the Tortmoly flora. Ferns, of which there are 23 species, are represented by both warm-temperate species (*Cercidiphillum crenatum*, *Zelkova zelkovifolia*, *Pterocarya paradisiaca*, *Magnolia ingelefieldii*), and evergreen and xerophilous elements, possible relicts of the Eocene time - *Cinnamomum schuchzerii* Heer, *Laurus primigenia* Ung., *Phus turcomanica* (Krysht) Kornilova, *Partenocissus duligalensis* Tokar, *Leoconthoe protogea* Ung.

In the adjacent territory of the Northern Aral Sea region, the stratigraphically most ancient flora of the Turgai evolutionary-time stage is the Kumbulak flora on the coast of Butakova Bay, the remains of which are preserved in clayey silts and clays of the Kutanbulak formation [22]. Judging by the systematic composition, the same picture of the development of the flora of the beginning of the Turgai evolutionary-time stage is observed. Eocene relicts are also preserved here, among which, according to G.S. Rayushkina [23], some can be considered as edicators of coasts (*Myrica*) and coastal areas (*Sequoia*, *Cinnamomum*). Characteristic forest formations were redwood, broadleaf slope and valley forests of *zelkova*, maples, elms, sassafras, oak, with brown laurel in the understory.

A completely similar flora developed in other regions of Kazakhstan, in particular in the Zaisan depression, where in general it is more diverse.

Already in the second half of the Middle Oligocene, the flora of the Shintuzsay type, which characterized the beginning of the stage, was replaced by a purely mesophilic forest, in which Eocene relicts were practically absent. This time marks the beginning of the second half of the Turgai evolutionary-temporal stage, covering the development of Early Miocene floras known in the territory of the Turgai trough. Their main feature was the almost complete disappearance of evergreen and subtropical elements. Ferns are rare. Among them are *Osmunda doroschiana* Goep., *O. heeri* Gaud et Strozzi, *Woodwardia* sp., *Asplenim tenerum* Lesq., *Lygodium* sp., *Dryopteris* sp. [20]. At that time, aquatic ferns of the genus *Salvinia* reached a significant flourishing on the territory of Kazakhstan; 5 species grew here: *Salvinia natanella* Shap., *Salvinia paleopilosae* Shap., *Salvinia cerebrata* Nikit (megaspores), *Salvinia* sp. (megaspores) [15, 24]. All species diversity was concentrated in the Turgai trough region. According to V.S. Kornilova, the reservoirs of the Turgai Plain after the retreat of the Chegan Sea became one of the centers of species diversity of aquatic ferns, especially *salvinia* in Northern Asia [18]. Conifers are also rich, among which the most typical are species of the *Taxodiaceae* family from the genera *Taxodium*, *Metasequoia*, *Glyptostrobus*, and some genera of other families: *Cedrus*, *Pseudolarix*, *Pinus* and others [21].

Noteworthy is the generic and species diversity of flowering plants: *Cercidiphillum crenatum*, *Lequidambar europea*, *Fagua antipofii*, *Quercus alexeevii*, *Quercus antipofii*, *Carpinus*

subcordata, *Carpinus grandis*, *Corylus jarmolencoi*, *Pterocarya paradisiaca*, *Phellodendron grandifolium*, *Carpenterianthus turgaicus*, *Sassafras ferretianum*, *Cercis turgaica*, *Aser monoides*, *Aser tricuspidatum*, *Ulmus carpinoides*, *Ulmus drepanodonta*, *Fraxinus nigrifolia*, *Populus latior*, *Populus balsamoides*. Apparently, in the late Oligocene and early Miocene times, swampy forests with swamp cypress (*Taxodium*), rich coniferous-deciduous forests with metasequoia, cedar, beech, oaks, maples and many other woody plants existed everywhere in Kazakhstan around numerous flowing and still water bodies. watersheds.

The floras of Kazakhstan, uniform in type, were not completely identical and had regional characteristics in the western and eastern parts. Only in Western Kazakhstan plant complexes were the species *Fraxinus dubia* Budans., *Sorbus praetorminalis* Krysht. et Baik., *Aser kinjakense* Zhilin, *Cotinus lavrovii* Budans. According to G.S. Rayushkina [25], these differences are explained by paleogeographical features, but we believe that along with the geographical factor of the time of development of Oligocene floras, there was also a paleogeographical factor of the previous evolutionary stages (Romankol-Karasor in the west and Kiinkerish in the east of the country). And, probably, the differences in the floras of the Turgai stage are inherited from previous floras.

Outside of Kazakhstan, these floras are close to the Sarmatian flora of the Ambrosievka locality [26], located on the territory of Ukraine, in the river basin. Krynki. The number of common species reaches 8, and the number of common genera of these floras is 15. There are absolutely no gymnosperms in the floristic complex of Ambrosievka. Monocots are numerous, mainly representatives of the family Cyperaceae; evergreen forms are included in the composition of angiosperms. The paleoflora of Erzhilansai is somewhat older than that of Ambrosievo, which explains these differences [27].

The floristic complex of Erzhilansai shows a noticeable similarity with the flora of the Ciscarpathian region [28]. Along with the general species, of which there are 11, the flora of the Ciscarpathian region also includes representatives of genera not found in Erzhilansai, such as *Salix*, *Myrica*, *Carya*, *Fagus*, *Celtis*, *Aristolochia*, *Parrotia*, *Podogonium*, *Rhus*, *Rhamnus*, *Berchemia*, *Cornus*. In the composition of the flora of the Ciscarpathian region, the participation of subtropical elements characteristic of the floras of the Poltava ecological appearance is quite significant. The absence of such in the Erzhilansai paleoflora is its main difference from the typical European floras of the Turgai ecological type of the Ciscarpathian region.

A noticeable similarity between the types of floras appears with the paleofloras of the Far East and Primorsky Krai. The Aquitanian flora of Erzhilansai has 8 common species with the Paleogene flora of Sakhalin [28]. All of them are typical representatives of the Turgai ecological floras. Along with them, this flora includes species of the genera *Myrica*, *Castanea*, *Celtis*, *Ficus*, *Ribes*, *Corylopsis*, *Platanus*, *Vaccinium*, etc.

By the end of the Turgai evolutionary-time stage, the composition of forests becomes significantly depleted due to the loss of coniferous and many broad-leaved species. The flora is becoming increasingly xerophytic, depleted of elements of forest tree species of warm-temperate and humid climates, being replaced by mesoxerophilic species, and shrub and herbaceous communities are widespread. With the expansion of mesoxerophilic formations, a radical restructuring of the entire flora occurs and a new Kushuk stage of its historical development begins. The remains of plants from this stage are preserved in the Kushuk locality. The Kushuk stage is characterized by xerophytic, ancient Mediterranean (according to V.S. Kornilova) flora with a predominance of mesoxerophytic species - especially oaks. Some species included in its composition indicate continuity from more ancient floras of Western Kazakhstan: *Salvinia mildeana* Goepp., *Populus latior* A. Br., *Pterocarya paradisiaca* Iljinskaja, *Betula subpubescens* Goepp., *Ulmus carpinoides* Goepp., *Zelkova zelkovifolia* Buzek et Kotlaba, *Peryploca kryshtofovichii* Kornilova. Another group includes plants known in Kazakhstan so far only from the Kushuk locality. These are *Salvinia kryshtofovichiana* Shap., *Salix integra* Goepp., *Sorbatia callicomifolia* Kornilova, *Gleditsia allemanica* Heer, *Mirtus minor* Ung., *Trapa vassiljevi* Kornilova, *Vaccinium palaeoretusum* Kornilova, *Fraxinus praedicta* (Goepp.) Heer. As noted by

V.S. Kornilov, flowering plants, with few exceptions, are represented by deciduous small-leaved forms. The place of mesophilic large-leaved plants of the Turgai stage was taken by mesoxerophilic forms, modern analogues of which now live in Western Asia and the Mediterranean [19].

The Early Miocene flora of Aktau is dominated by black poplars, numerous legumes, tree-trees, elms, and xerophytic oaks and pistachios are known [30].

How the flora developed later can be judged from the plant remains preserved in the Middle Miocene deposits of Kazakhstan outside the Turgai trough. For example, (data from V.S. Kornilova [18]) in the younger, mid-late Miocene floras of the Kochkor and Tekesoy depressions of the Tien Shan, more than 50 species have been established. Among them, the willow family stands out for the number of prints and the largest number of representatives. The zonal type of vegetation of this time was probably forests and xerophilous woodlands, consisting of juniper, Caracas, barberry, almond, legumes, etc. Tugai forests were dominated by turanga poplars and coastal communities with reeds, which is also characteristic of the features of the modern landscape.

The locations of leaf imprints from the end of the Neogene and Quaternary periods of the Cenozoic era in Kazakhstan and in particular in the Turgai trough were practically unknown until recently. Therefore, information about the formation of modern flora of lowland areas is very scarce. They are based on data from studying the remains of spores and pollen, from which it is possible to establish only the genus, and not the species.

Conclusion

In conclusion, we note that the development of the flora of the Turgai evolutionary-temporal stage was characterized by the development of the indricotherium (Turgai fauna). It was studied for the first time from the territory of the Turgai trough by A. A. Borisyak, who described the hornless rhinoceros Indricotherium from this area, typical of the Turgai fauna. The indricotherium (Turgai) vertebrate fauna is represented by a complex of predominantly mammalian animals that inhabited mainly the vast expanses of Central Asia. One of the main elements of the Turgai fauna were odd-toed ungulates, chalicotherium, some rodents, and predators; of artiodactyls, the pig-like Entelodon, Anthrocoterium, etc. In the early Miocene, a radical restructuring of the mammal fauna occurred. Within the Turgai trough, the so-called gomphotherian fauna developed, its remains were first collected in the Kushuk locality.

Thus, the analysis of paleofloras allows us to establish that during the Oligocene - Miocene there was a gradual drying of the climate, especially along the watershed, where open spaces began to form already at the beginning of the Miocene.

References

1. Геология СССР. т. XXXIV, кн.1 (Тургайский прогиб). - М.: «Недра», 1971. - 532 с.
2. Геология СССР. т. XXXIV, кн. 2 (Тургайский прогиб). - М.: «Недра», 1971. - 311 с.
3. Barbolini N. et al., Cenozoic evolution of the steppe-desert biome in Central Asia. *Sci. Adv.* 6, eabb8227(2020). DOI:10.1126/sciadv.abb8227
4. Нигматова С. А. Стратиграфия, палеогеография и климаты четвертичного периода аридных регионов Центральной Азии (по палинологическим данным) // дис. докт. геол.-мин. наук. - Алматы: Институт геологических наук им. К.И. Сатпаева, 2010. - 271 с.
5. Bailey J.W. Nodal anatomy in retrospect.- 1983.-Vol.61. -P. 2717—2728.
6. Axelrod D.I. Edaphic aridity as a factor in angiosperm evolution // *Amer. Natur.*- 1972. -Vol. 106. N 949.- P. 311—320.
7. Жилин С. Г. Основные этапы формирования умеренной лесной флоры в олигоцене-раннем миоцене Казахстана. - Л.: Наука, 1984. - 111 с.
8. Корнилова В. С. Новые данные к флоре индрикотериевых слоев Тургай // *Изв. АН КазССР. Сер. биол.* - 1950. - Т. 9. - С. 54-59.
9. Корнилова В. С. Континентальная третичная флора Тортмолы // *Уч. зап. КазГУ. Сер. геол. и географ.* 1. 1954. - № 15. - С. 80-94.

10. Киричкова А.И. Палеоботаническое обоснование стратиграфии и сопоставления юрских и нижнемеловых континентальных отложений Западной Якутии// Стратиграфия нижнемеловых отложений нефтегазоносных областей СССР. - Л., 1979. - С. 123.

11. Абузьярова Р.Я. Третичные споро-пыльцевые спектры Тургая и Павлодарского Прииртышья: автореферат диссертации. Казахский гос.университет, биология, 14 вып. 4.

12. Бойцова Е.П., Покровская И.М. Материалы по стратиграфии континентальных олигоценовых и миоценовых отложений Тургайской впадины // Материалы по палинологии и стратиграфии. - М.: Госгеотехиздат, 1954. - 86-114 с.

13. Буданцев Л.Ю. Эоценовая флора Павлодарского Прииртышья // Сборник памяти А.Н. Криштофовича. - М.: Издательство АН ССР, 1957. - С. 177-198.

14. Жилин С. Г. Третичные флоры Устюрта. - Л.: Наука, 1974. - 121 с.

15. Шилин П.В., Токарь Л.Б. Олигоценовая флора Науша (Тургайский прогиб)// Мат-лы по истории флоры и фауны Казахстана. - 1971. - Т. 5. - С. 163-180.

16. Popova S. Utescher Torsten, Averyanova A., Tarasevich V., Tropina P., Xing Ya., Early Miocene flora of central Kazakhstan (Turgai Plateau) and its paleoenvironmental implications, Plant Diversity.-2019.-V. 41. Is. 3.- P. 183-197 (in English)

17. Averyanova A., Tarasevich V., Popova S., Torsten Utescher, Su Tao, Volker Mosbrugger, Late Rupelian flora of the Zaissan Depression (Eastern Kazakhstan)//Review of Palaeobotany and Palynology.-2022.-Volume 304.-P.104721, (in English)

18. Ильинская И.А. Палеогеновые флоры горы Киин-кериш и их новые виды (Восточный Казахстан) //Ботанический журнал. - Россия: Издательство "Наука". Ленинградское отделение, 1986.

19. Корнилова В.С. Новые данные к флоре индрикотериевых слоев Тургая // Изв. АН КазССР. Сер. биол. - 1950. - Т. 9. - С. 54-59.

20. Корнилова В.С. Континентальная третичная флора Тортмолы // Уч. зап. КазГУ. Сер. геол. и географ. 1. - 1954. - № 15. - С. 80-94.

21. Корнилова В.С. Новые виды олигоценовой флоры Тургая и их стратиграфическое значение // Уч. зап. КазГУ. Сер. биол. и почвовед. - 1956. - Т. 21. - С. 31-54.

22. Корнилова В.С. Нижнемиоценовая флора Кушука. - А-Ата: Издательство Академии Наук Казахской ССР. - 1960. - С.123-150.

23. Nigmatova S., Zhamangara A., Bayshashov B., Akmagambet S., Berdenov Z. Canyons of the Charyn river (South-East Kazakhstan): Geological history and geotourism Geojournal of Tourism and Geosites this link is disabled.- 2021.- 34(1). P. 102–111 <https://doi.org/10.1016/j.gloplacha.2018.07.019>. (in English)

24. Раюшкина Г.С. Новые данные по олигоценовой флоре Западного Казахстана // Мат. по истории фауны и флоры Казахстана. - А-Ата, 1977. -Т. 7. - С. 163-177.

25. Averyanova A., Tarasevich V., Popova S. Torsten Utescher, Shu-Feng Li, Volker Mosbrugger, Yaowu Xing Rupelian Kazakhstan floras in the context of early Oligocene climate and vegetation in Central Asia// Terra Nova.-2021.- Volume 33. Issue 4.- P. 383-399 –.doi:10.1111/ter.12523 (in English)

26. Раюшкина Г.С. Новые данные по олигоценовой флоре Западного Казахстана// Мат. по истории фауны и флоры Казахстана. - А-Ата, 1977. -Т. 7. - С. 163-177.

27. Пименова Н.В., Криштофович А.Н., Новик Е.О. Сарматская флора Амвросиевки. - К.: Издательство Академии наук Украинской ССР, 1954. - 137 с.

28. Нигматова С. Ископаемая флора Ержиланская (Тургайский прогиб): Автореф. дис. на соиск. учен. степ. канд. биол. наук: 03.00.05 / Ин-т ботаники, АН Республики Казахстан, 1998.

29. Danišik M., Ponomareva V., Portnyagin M., Popov S., Zastrozhnov A., Christopher L. Kirkland, Noreen J. Evans, Konstantinov E., Folkmar Hauff, Dieter Garbe-Schönberg, Gigantic eruption of a Carpathian volcano marks the largest Miocene transgression of Eastern Paratethys, Earth and Planetary Science Letters.- Volume 563.- 2021.-<https://doi.org/10.1016/j.epsl.2021.116890>. (<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0012821X21001497>)

30. Bondarenko O.V., Blokhina N.I., Henrot A.-J., Utescher T. Paleogene vegetation changes in Primorye, Far East of Russia: A study based on diversity of plant functional types// Geological Journal.- 2021.- 56.-P. 650–672. <https://doi.org/10.1002/gj.3788>

31. Nigmatova S.A., Bayshashov B.U., Zhamangara A.K., Lucas S.G., Bayadilov K.O., Kasymkhanqyzy A. The new data on biostratigraphy of the basic geological section of the continental Senozoic deposits of Aktau mountains (south-east Kazakhstan, Ili basin) // News of the National Academy of sciences of the republic of Kazakhstan. Series of geology and technical sciences. -2018. -Vol. 5. N. 431.-P. 150 – 162. (in English)

С.А. Нигматова¹, А.К. Жаманғара^{2*}, Ш.Б. Акмағамбет³,
И.Т. Мадьярова⁴, Н.Б. Абубакирова⁵, К.К. Кашаганов⁶,
А. Сейдали⁷, А.М. Задағали⁸

^{1, 2, 3, 5, 6, 8} Ботаника және фитоинтродукция институты, Алматы, Қазақстан
^{2, 3, 5, 8} Л.Н. Гумилев атындағы Еуразия ұлттық университеті, Астана, Қазақстан
^{1, 4, 7} Қ. И. Сәтбаев атындағы Геологиялық ғылымдар институты, Алматы, Қазақстан

Қазба флорасын зерттеу негізінде палеоген мен неогеннің палеоклиматын қайта құру мүмкіндіктері (Ұлы-жыланшық өзенінің палеофлорасын мысалға ала отырып)

Аңдатпа. Мақалада Ұлы-Жыланшық өзенінің алқабында (Оңтүстік Торғай ойпаты, Қазақстан) әр уақытта жинақталған және зерттелген кайнозой флорасына талдау жасалған, сонымен қатар қазбалы флораларды зерттеу негізінде кайнозой палеоклиматын қалпына келтіру перспективалары қарастырылған. Ұлы-Жыланшық өзенінің аңғары палеоген мен неогендегі қоршаған ортаның өзгеру процестерін түсінудің негізгі аймағы болып табылады. Бұл палеофлораларды зерттеу палеогеографиялық жағдайларды: палеоландшафтарды және климаттың өзгеруін қайта құруға мүмкіндік береді. Бір жастағы флоралардың бір типке жатпайтыны және өзіне тән аймақтық ерекшеліктері бар екені көрсетілді. Өзен бойындағы әртүрлі жастағы шөгінділерден алынған флорада ұсынылған флористикалық құрам. Ұлы-Жыланшық Шеген теңізінің шегінуі және аумақты одан әрі аридизациялау кезеңдерін байқауға мүмкіндік береді.

Мақала АР19677563 «Олигоцен мен миоцен шекарасындағы Орталық Қазақстанның палеофлорасы мен климатын зерттеу және аймақтың шөлейттенуінің бастапқы кезеңі» (2023–2025) гранттық жобасын іске асыру барысында дайындалған.

Түйін сөздер: Ұлы-Жыланшық, Торғай типті палеофлора, қазбалы флора, палеоген, неоген, елді мекендер

С.А. Нигматова¹, А.К. Жаманғара^{2*}, Ш.Б. Акмағамбет³,
И.Т. Мадьярова⁴, Н.Б. Абубакирова⁵, К.К. Кашаганов⁶,
А. Сейдали⁷, А.М. Задағали⁸

^{1, 2, 3, 5, 6, 8} Институт ботаники и фитоинтродукции, Алматы, Казахстан
^{2, 3, 5, 8} Евразийский национальный университет имени Л.Н. Гумилева, Астана, Казахстан
^{1, 4, 7} Институт геологических наук им. К. И. Сатпаева, Алматы, Казахстан

Возможности реконструкции палеоклимата палеогена и неогена по данным изучения ископаемой флоры (на примере палеофлоры р. Улы-Жиланшик)

Аннотация. В статье приведен анализ кайнозойских флор, собранных и изученных в разное время в долине реки Улы-Жиланшик (Южно-Торгайская впадина, Казахстан), а также рассмотрены перспективы реконструкции палеоклимата кайнозоя по данным изучения ископаемых флор. Долина реки Улы-Жиланшик является ключевым районом для понимания процессов изменения окружающей среды в палеогене и неогене. Данные изучения этих палеофлор позволяют восстановить палеогеографические условия: палеоландшафты и изменения климата. Показано, что разновозрастные флоры не были однотипными и имели свои региональные особенности. Флористический состав, представленный во флорах из разновозрастных отложений по р. Улы-Жиланшик, позволяет проследить этапы отступления Чеганского моря и дальнейшей аридизации территории.

Статья подготовлена при реализации грантового проекта АР19677563 «Исследования палеофлоры и климата Центрального Казахстана на рубеже олигоцена и миоцена и начальный этап опустынивания региона» (2023–2025 гг.)

Ключевые слова: Улы-Жиланшик, палеофлора торгайского типа, ископаемые флоры, палеоген, неоген, местонахождения.

References

1. Geologiya SSSR t. XXXIV, kn.1 i 2 (Turgajskij progib) [Geology of the USSR, Book 1 (Turgai trough)] (M., «Nedra» 1971, 32). [in Russian]
2. Geologiya SSSR t. XXXIV, kn.1 i 2 (Turgajskij progib) [Geology of the USSR, Book 2 (Turgai trough)] (M., «Nedra» 1971, 311). [in Russian]
3. Barbolini N.et al., Cenozoic evolution of the steppe-desert biome in Central Asia.Sci. Adv.6, 8227(2020).DOI:10.1126/sciadv.abb8227
4. Nigmatova S.A. Stratigrafiya, paleogeografiya i klimaty chetvrtichnogo perioda aridnyh regionov Central'noj Azii (po palinologicheskim dannym) [Stratigraphy, paleogeography and climates of the Quaternary period of the arid regions of Central Asia (according to palynological data)]: dis.dokt.geol.-min.naur. (Almaty: Institut geologicheskikh nauk. Im. K.I. Satpaeva, 2010,271 p.) [in Russian]
5. Bailey J.W. Nodal anatomy in retrospect.61. 2717–2728(1983).
6. Axelrod D.I. Edaphic aridity as a factor in angiosperm evolution. Amer. Natur. 106(949). 311–320 (1972)
7. Zhilin. S.G. Osnovnye etapy formirovaniya umerennoj lesnoj flory v oligocene-rannem miocene Kazahstana [The main stages of the formation of temperate forest flora in the Oligocene-Early Miocene of Kazakhstan]. (L: Nauka. 1984. 111p.) [in Russian]
8. Kornilova V.S. Novye dannye k flore indrikoterievyyh sloev Turgaya [New data on the flora of the indricotherium layers of Turgai]. Ser. Biol. 9. 54-59(1950). [in Russian]
9. Kornilova V.S. Kontinental'naya tretichnaya flora Tortmoly [Continental Tertiary flora of Torttoglio]. Uch. zap. KazGU. Ser. geol. i geograf. 1(15). 80-94(1954). [in Russian]
10. Kirichkova A.I. Paleobotanicheskoe obosnovanie stratigrafii i sopostavleniya yurskih i nizhnemelovyh kontinental'nyh otlozhenij Zapadnoj YAkutii [Paleobotanical substantiation of stratigraphy and comparison of Jurassic and Lower Cretaceous continental deposits of Western Yakutia].— in book: Stratigrafiya nizhnemelovyh otlozhenij neftegazonosnyh oblastej SSSR[In the book: Stratigraphy of Lower Cretaceous deposits of the oil and gas-bearing regions of the USSR]. (L., 1979, 123–1). [in Russian]
11. Abuzyarova R.YA. Tretichnye sporo-pyl'cevye spektry Turgaya i Pavlodarskogo Priirtysh'ya [Tertiary spore-pollen spectra of Turgai and Pavlodar Irtysh region]- Abstract of the dissertation. Kazakh State University, biology, 14(4). [in Russian]
12. Caves Rugenstein Jeremy, Bayshashov Bolat, Zhamangara Aizhan, Ritch Andrea, Ibarra Daniel, Mix Hari, Winnick Matthew, Chamberlain, Charles.. Late Miocene Uplift of the Tian Shan and Altai and Reorganization of Central Asia Climate. GSA Today. 27(2017). Doi 10.1130/GSATG305A.1.
13. Budancev L.YU. Eocenovaya flora Pavlodarskogo Priirtysh'ya [Eocene flora of the Pavlodar Irtysh region], Sbornik pamyati A.N. Krishtofovicha[Collection of memory of A.N. Kristofowicz]. (Publishing House of the USSR Academy of Sciences, Moscow, 1957, 177-198 p.) [in Russian]
14. Zhilin S.G. Tretichnye floy Ustyurta [Tertiary floes of Ustyurt]. (L.: Nauka. 1974, 121 p.) [in Russian]
15. Shilin P.V., Tokar' L.B. Oligocenovaya flora Nausha (Turgajskij progib)[Oligocene flora of Nausha (Turgai trough)], Mater. on the history of flora and fauna of Kazakhstan. 5. 163-180(1971). [in Russian]
16. Popova S., Utescher Torsten, Averyanova A., Tarasevich V., Tropina P., Xing Yaowu, Early Miocene flora of central Kazakhstan (Turgai Plateau) and its paleoenvironmental implications, Plant Diversity, 41(3), 183-197(2019).
17. Averyanova A., Tarasevich V., Popova S., Torsten Utescher, Su Tao, Volker Mosbrugger, Late Rupelian flora of the Zaissan Depression (Eastern Kazakhstan), Review of Palaeobotany and Palynology, 304, 104721(2022)
18. Il'inskaya I.A. Paleogenovye flory gory Kiin - kerish i ih novye vidy (Vostochnyj Kazahstan) [Paleogene floras of Mount Kiin-Kerish and their new species (Eastern Kazakhstan) Botanical Journal. (Russia, L. Publishing House "Nauka", 1986). [in Russian]
19. Kornilova V.S. Novye dannye k flore indrikoterievyyh sloev Turgaya [New data on the flora of the indricotherium layers of Turgai] (Publishing house AN KazSSR. Ser. biol. 1950. 9. 54-59). [in Russian]
20. Kornilova V.S. Kontinental'naya tretichnaya flora Tortmoly [Continental Tertiary flora of Tortmoly]. Uch. zap. Kazgu. Ser. geol. and geographer 1(15). 80-94(1954). [in Russian]
21. Kornilova V.S. Novye vidy oligocenovoj flory Turgaya i ih stratigraficheskoe znachenie [New species of Oligocene flora of Turgai and their stratigraphic significance]. Uch. zap. Kazgu. Ser. biol. and soil scientist. 21. 31-54(1956). [in Russian]

22. Kornilova V.S. Nizhnemiocenovaya flora Kushuka [Lower Miocene flora of Kushuka]. (A-Ata. 1960. 170 p.) [in Russian]
23. Nigmatova S., Zhamangara A., Bayshashov B., Akmagambet S., Berdenov Z. Canyons of the Charyn river (South-East Kazakhstan): Geological history and geotourism Geojournal of Tourism and Geosites this link is disabled, 34(1), 102–111 (2021), <https://doi.org/10.1016/j.gloplacha.2018.07.019>.
24. Rayushkina G.S. Novye dannye po oligocenovej flore Zapadnogo Kazakhstana [New data on the Oligocene flora of Western Kazakhstan]. Materials on the history of fauna and flora of Kazakhstan. 7. 163–177(1977). [in Russian]
25. Averyanova A., Tarasevich V., Popova S., Torsten Utescher, Shu-Feng Li, Volker Mosbrugger, Yaowu Xing Rupelian Kazakhstan floras in the context of early Oligocene climate and vegetation in Central Asia . Terra Nova. (2021) –.doi:10.1111/ter.12523 (in English)
26. Rayushkina G.S. Novye dannye po oligocenovej flore Zapadnogo Kazakhstana [New data on the Oligocene flora of Western Kazakhstan]. Materials on the history of fauna and flora of Kazakhstan. 7. 163–177(1977). [in Russian]
27. Pimenova N.V., Krishtofovich A.N., Novik E.O. Sarmatskaya flora Amvrosievki [Sarmatian flora of Amvrosievka] (Publishing house of the Academy of Sciences of the Ukrainian SSR, Kyiv, 1954, 137 p.) –[in Russian]
28. Nigmatova S. Iskopaemaya flora Erzhilansaya (Turgajskij progib) [Fossil flora of Erzhilansai (Turgai trough)] : Author's abstract. dis. for the degree of candidate of biological sciences: 03.00.05. In-t botaniki, AN Resp. Kazahstan, 1998- [in Russian]
29. Martin Danišik, Ponomareva V., Portnyagin M., Popov S., Zastrozhnov A., Christopher L. Kirkland, Noreen J. Evans, Konstantinov E., Folkmar Hauff, Dieter Garbe-Schönberg, Gigantic eruption of a Carpathian volcano marks the largest Miocene transgression of Eastern Paratethys, Earth and Planetary Science Letters, 563, 116890(2021), <https://doi.org/10.1016/j.epsl.2021.116890>.
30. Bondarenko O.V., Blokhina N.I., Henrot A.-J., Utescher T. Paleogene vegetation changes in Primorye, Far East of Russia: A study based on diversity of plant functional types. Geological Journal, 56, 650–672(2021). <https://doi.org/10.1002/gj.3788>
31. Nigmatova S.A., Bayshashov B.U., Zhamangara A.K., Lucas S.G., Bayadilov K.O., Kasymkhankyzy A. The new data on biostratigraphy of the basic geological section of the continental Cenozoic deposits of Aktau mountains (south-east Kazakhstan, Ili basin) // News of the National Academy of sciences of the republic of Kazakhstan. Series of geology and technical sciences. 5(431), 150 – 162(2018). (in English)

Information about authors:

Nigmatova Saida Arapovna – Doctor of Geological and Mineralogical Sciences, Associate Professor, Institute of Botany and Phytointroduction, 36 Timiryazev str, Almaty; Institute of Geological Sciences named after K.I.Satpaev, 22a Satpaev str., Almaty, Kazakhstan.

Zhamangara Aizhan Kashagankyzy - Candidate of Biological Sciences, Associate Professor, Institute of Botany and Phytointroduction, 36 Timiryazev str, Almaty; L.N. Gumilyov Eurasian National University, 2 Satpaev str., Astana, Kazakhstan.

Akmagambet Shakhizada Beyimbetkyzy – *corresponding author*, Master of Biology, Junior Researcher, Institute of Botany and Phytointroduction, 36 Timiryazev str, Almaty; L.N. Gumilyov Eurasian National University, 2 Satpaev str., Astana, Kazakhstan.

Madyarova Ilmira Tolkunovna - Master of Geology, Senior Researcher, geologist, stratigrapher, Institute of Geological Sciences named after K.I.Satpaev, 22a Satpaev str., Almaty, Kazakhstan.

Seidali A. – PhD student, Institute of Geological Sciences named after K.I.Satpaev, 22a Satpaev str., Almaty, Kazakhstan.

Abubakirova Nurganym Begezhonovna - Master of Ecology, Institute of Botany and Phytointroduction, 36 Timiryazev str, Almaty, Kazakhstan.

Kashaganov Kaisar Kairatovich – Master of Technical Sciences, Junior Researcher, Institute of Botany and Phytointroduction, 36 Timiryazev str, Almaty, Kazakhstan.

Zadagali Aizhan Meirangalievna - Master of Ecology, Junior Researcher, Institute of Botany and Phytointroduction, 36 Timiryazev str, Almaty; L.N. Gumilyov Eurasian National University, 2 Satpaev str., Astana, Kazakhstan.

Нигматова Саида Араповна – геология-минералогия ғылымдарының докторы, Ботаника және фитоинтродукция институтының доценті, Алматы қ., Тимирязев к-сі, 36; атындағы Геология ғылымдары институты. Қ.И.Сәтбаева, Қазақстан, Алматы, Сәтбаев көш., 22а

Жамангара Айжан Қашағанқызы – биология ғылымдарының кандидаты, Ботаника және фитоинтродукция институтының доценті, Алматы қ., Тимирязев к-сі, 36; Л.Н. атындағы Еуразия ұлттық университеті. Гумилев, Қазақстан, Астана, Сәтбаев көш., 2.

Ақмағамбет Шахизада Бейімбетқызы – корреспондент автор, биология ғылымдарының магистрі, Ботаника және фитоинтродукция институтының кіші ғылыми қызметкері, Алматы қ., Тимирязев к-сі, 36; Л.Н.Гумилев атындағы Еуразия ұлттық университеті., Қазақстан, Астана, Сәтбаев көш., 2.

Мадьярова Ильмира Толкуновна – геология ғылымдарының магистрі, аға ғылыми қызметкер, геолог, стратиграф, Геология ғылымдары институты. Қ.И.Сәтбаева, Қазақстан, Алматы, Сәтбаев көш., 22а.

Сейдали А. – докторант, Геология ғылымдары институты. Қ.И.Сәтбаева, Қазақстан, Алматы, Сәтбаев көш., 22а.

Әбубәкірова Нұрғаным Бекежановна – экология магистрі, Ботаника және фитоинтродукция институты, Тимирязев көш., 36, Қазақстан, Алматы қ.

Қашағанов Қайсар Қайратұлы – техника ғылымдарының магистрі, кіші ғылыми қызметкер, Ботаника және фитоинтродукция институты, Тимирязев көш., 36, Қазақстан, Алматы қ.

Задағали Айжан Мейранғалиқызы – экология ғылымдарының магистрі, Ботаника және фитоинтродукция институтының кіші ғылыми қызметкері, Алматы қ., Тимирязев к-сі, 36; Л.Н. Гумилев атындағы Еуразия ұлттық университеті. Қазақстан, Астана, Сәтбаев көш., 2.



Copyright: © 2023 by the authors. Submitted for possible open access publication under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution (CC BY NC) license (<https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/>).

*G.A. Sadyrova¹, ²A.K. Tanybayeva², ³T.A. Bazarbaeva³,
⁴G.A. Mukanova⁴, ⁵S.M. Jamilova⁵, ⁶A.S. Nurmakhanova⁶

^{1,2,3,4,6}Al-Farabi Kazakh National University, Almaty, Kazakhstan

⁵Abay Kazakh National Pedagogical University, Almaty, Kazakhstan
(E-mail: ¹gulbanu-s@mail.ru, ²Ainur.Tanybekova@aznu.edu.kz,

³Tursynkul.Bazarbaeva@kaznu.kz, ⁴Gulzhanat.Mukanova@kaznu.kz, ⁵sauka70@mail.ru,
⁶akmaral_1976@mail.ru)

Analysis of the ecological state of urban green spaces in the Medeu district of Almaty

Abstract. This article examines the environmental problems of cities in Kazakhstan using the example of the Almaty metropolis. The importance of green spaces in urbanized areas is very difficult to overestimate. In the city of Almaty, more than 70 species of trees and shrubs recommended by the botanical garden have been introduced into production. Among trees are *Phellodendron amurense*, *Faidherbia albida*, *Crataegus sanguinea*, *Crataegus maximowiczii*, *Crataegus submollis*, *Crataegus punctata*, *Ulmus glabra*, *Aesculus hippocastanum*, *Acer ginnala*, *Acer saccharum*, *Juniperus Virginiana*, among shrubs – *Syringa josikaea*, *Spiraea vanhouttei*, *Spiraea thunbergii*, *Spiraea japonica* and others. A detailed floristic analysis of the tree and shrub flora of the city of Almaty showed that green spaces are represented by 208 species belonging to 58 genera and 34 families. Among tree and shrub species, 54 species (20%) represent the natural flora of Kazakhstan (9 coniferous and 45 deciduous species) from 13 genera and 9 families, and 154 species (80%) are introduced species, i.e. plants grown in soil outside their natural ranged 154 species (80%) are introduced chronologically, i.e. plants grown in soil due to their distribution.

Key words: Green spaces, urban environment, Almaty city.

DOI: <https://doi.org/10.32523/2616-6771-2023-145-4-83-92>

Introduction

Currently, the influence of various factors of human activity on the environment has led to major changes in the urban flora and vegetation of large cities of the Republic of Kazakhstan. Today, environmental protection, which is regulated by regulations, is of current importance at the state level in the country. The intensification of environmental problems in the cities of Kazakhstan associated with air and soil pollution by road transport, the accumulation of industrial and household waste, the acute problem of drinking water and energy resources have led to a violation of the environmental sustainability, balance and safety of cities and its population. Increasing environmental problems associated with urbanization of territories are becoming key factors in achieving the Sustainable Development Goals. As is known, the urbanized urban system directly has a great impact on the natural environment and adjacent territories, which leads to changes in climate, topography, soil cover, flora, and fauna. Changes in natural environmental conditions through various anthropogenic factors lead to changes in the species composition of urban flora and its ratio. Over the past 20 years, in large and small cities of the republic, there has been an active development of territories with high-rise buildings of entire blocks and large public buildings, which leads to the question of the sustainability of already transformed ecosystems and their functioning in new transformed conditions. Therefore, there is a need to study various aspects of the functioning of urban landscapes in order to prevent the complete destruction

of already changed ecosystems. Today, high air pollution in large metropolitan cities, large migration of the rural population to the city, increasing overpopulation in certain urban areas affect the normal functioning of a person, his health and life expectancy, which in turn affects the environmental sustainability of the functioning of the urban ecosystem. The expansion of urban areas transforms natural landscapes, thereby affecting ecosystems and biodiversity. A city is a socio-economic geotechnogenic system with the local inclusion of ecosystems (biogeocenoses), which include parks, forest parks, preserved areas of meadow vegetation, as well as swamps and reservoirs [1]. Urbanized areas, as part of a broader ecological system, influence other landscapes with which they interact, and in doing so, different choices, and ways of assessing and understanding the impacts of urbanization on human health and the environment can lead to better environmental outcomes. Vegetation is a fundamental component of urban ecosystems and plays a huge role in creating a favorable living environment for the population. It should be noted that living plants perform vital functions. Among them, it should be noted sanitary and hygienic. Just as in natural landscapes, the green plants of cities perform such important work as supplying oxygen, while plants play an important role in clearing the city of dust, gases and smoke that are released into the atmosphere every day. Various substances contained in the soil are also absorbed by plants. Therefore, in a number of countries, especially active absorbent grasses are planted to cleanse soils of heavy metal contamination. It is no coincidence that environmentalists recommend increasing not only the area of green spaces in cities, but also using any other possibilities - organizing lawns ("green carpets"), planting greenery on walls, roofs, and interiors.

In the last decade, scientific interest in the study of green spaces in cities has noticeably increased [2,3,4,5,6,7,8, 9]. Megacities have a great influence on the state of the environment and are the driving force of social, economic, environmental changes and ensure the well-being of the urban population. In Kazakhstan, large cities with a population of over 1 million residents include cities such as Almaty, Astana, Shymkent. The city of Almaty is located in the southeast of the Republic of Kazakhstan and is unique in its physical-geographical and natural-climatic characteristics that shape the ecological features of its territory. The total area of the city of Almaty is more than 683.5 square kilometers. The metropolis is located in the valley of the Bolshaya Almatinka and Malaya Almatinka rivers and their tributaries. Currently, the city of Almaty is characterized by a difficult environmental situation not only because of its location in the foothill basin, but also by problems typical of large cities. To meet the oxygen demand of the population of the city of Almaty, more than 30 thousand hectares of green space are needed [10]. However, I would like to note that today, for the current ecological state of Almaty, this figure must be safely doubled, due to the large emissions of pollutants into the atmosphere associated especially with road transport, which accounts for more than 70% of all emissions. This situation is aggravated by the blocking of a number of streets and avenues in the city of Almaty with high-rise buildings, creating additional obstacles to the movement of air flows. In the last decade, the growth of new buildings in the city of Almaty has intensified the processes of anthropogenic impact on urban flora. The existing experience of green construction of the city of Almaty does not fully take into account the specificity of the environmental conditions of various areas of the city and the level of their technogenic pollution, and the issues of the condition of plantings in residential areas and the resistance of vegetation to the effects of the urban environment remain insufficiently studied. In this regard, monitoring of green spaces in the city, including an inventory and assessment of the current state of the flora, seems very relevant. In conditions of weak natural ventilation and a large number of mobile and stationary sources, air pollution is the most pressing environmental problem of the city of Almaty.

The object of our research was the urban flora of the Medeu district of Almaty. Medeu district is the largest administrative, industrial and cultural center of Almaty. The area of Medeu district is 253.4 km² (Table 1). The total area of boulevards, squares and green areas of the Medeu district of Almaty is 32.35 hectares.

Table 1**General characteristics of the studied Medeu district of Almaty**

District	Date of foundation	Area km ²	Population (thousand people)	Natural area
Medeu	1936	253.4	209,836	forest-steppe

Table 2 below shows the total number of parks, squares, boulevards, and green areas in the Medeu district of Almaty (Table 2).

Table 2**Total number of parks, squares, boulevards, green areas of Medeu district of Almaty**

District	Name					
	Parks	Groves	Alleys	Boulevards	Squares	Green areas
Medeu	3	1	2	9	30	7

Materials and Methods

To study the urban flora of the Medeu district of Almaty, generally accepted classical and traditional methods of botanical and floristic research were used: in the field conditions, the traditional route reconnaissance method was used. At various times during the spring, summer and autumn growing seasons (from April to September), walking routes were combined with automobile routes. Places of intensive introduction of adventive plants and pockets of local flora preserved within the city limits were subjected to a detailed examination. The collection and processing of herbarium material was carried out according to the generally accepted method of A.K. Skvortsov [11]. In the process of identifying the herbarium, multi-volume reports were used as sources: "Flora of Kazakhstan" [12], "Trees and shrubs of Kazakhstan" [13], "Plants of Central Asia" [14], "Identifier of plants of Central Asia" [15], "Illustrated guide to plants of Kazakhstan" [16] and others. To clarify species and generic names, the latest reports by S.K. Cherepanov [17], S.A. Abdulina [18]. The types of life forms were carried out according to the classification of I.G. Serebryakov, K. Raunkier [19]. Our route studies covered various ecotopes of the Medeu district of Almaty (streets, cars, residential areas of multi-storey buildings and the private sector, city lawns, playgrounds, sports complexes, etc.). To conduct floristic research, generally accepted traditional methods were used. The urban flora of Almaty includes plant species that spontaneously grow within the administrative boundaries of the city, as well as cultivated trees and shrubs. Herbarium material was collected throughout the growing season; the same places were visited repeatedly to collect herbarium specimens as completely as possible. To conduct a systematic, ecological, geographical analysis, the morphological-geographical method was used. We carried out an inventory of the urban flora of the Medeu district of Almaty within the administrative boundaries of the cities.

Results and Discussion

As a result of the research, a comprehensive inventory was carried out and characteristics of the floras of boulevards, squares and green areas of the urbanized areas of the Medeu district of Almaty were given. Analysis of the urban flora of squares, boulevards and green areas of the Medeu district of Almaty revealed 217 species belonging to 129 genera and 52 families. The

largest number of species falls on 11 families: 110 species out of 217 plant species, which is 34%. The spectrum of the leading families of the flora of the Medeu region showed that the largest families are: *Poaceae* (15; 13.7%), *Asteraceae* (15; 13.7%), *Rosaceae* (8; 7.3%), *Brassicaceae* (6; 5.5%), *Fabaceae* (5; 4.5%), *Pinaceae* (5; 4.5%), *Oleaceae* (4; 3.6%), *Aceraceae* (4; 3.6%), *Salicaceae* (3; 2.7%), *Chenopodiaceae* (3; 2.7%), *Ulmaceae* (3; 2.7%). These 11 families account for 34.0% (74 species) of the entire flora of the Medeu region. An analysis of the largest genera of urban flora in the Medeu district of Almaty showed that the largest genera of the park are: *Acer* (5; 3.6%), *Picea* (5; 3.6%), *Ulmus* (3; 3.3%), *Artemisia* (3; 3.3%), *Poa* (3; 3.3%). The following 10 genera each contain 2 species: *Tilia*, *Fraxinus*, *Trifolium*, *Festuca*, *Plantago*, *Pinus*, *Populus*, *Arctium*, *Urtica*, *Chenopodium*. These fifteen genera (26 species) account for 39.3% of the total urban flora of the Medeu region. The remaining 73 genera contain one species each. An analysis of the life forms of the flora of the Medeu district of Almaty showed that herbaceous plants are in first place, of which there are 97 species or 44.7% (See Figure 1).

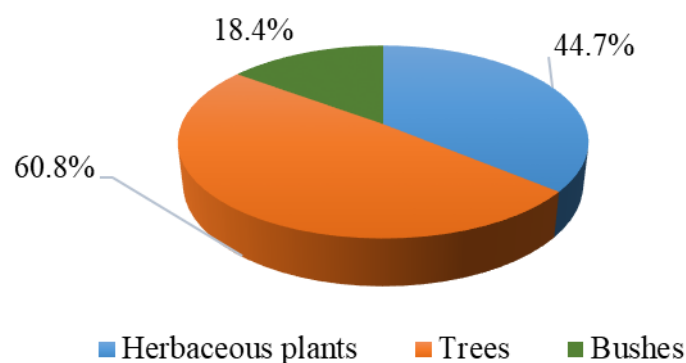


Figure 1. Correlation of life forms of the flora of the Medeu region

In second place are trees. There are 90 species of tree species in the Medeu district of Almaty (41.4%), and the third place is occupied by shrubs - 30 species or 13.8% of the total species composition of the studied flora. Trees in the Medeu district of Almaty are widely represented in the families *Rosaceae* (12 species), *Salicaceae* (6 species), *Pinaceae* (11 species), *Cupressaceae* (3 species), *Aceraceae* (7 species), *Moraceae* (2 species), *Fagaceae* (2 species). Among tree and shrub species, 24 species (11.0%) represent the natural flora of Kazakhstan (9 coniferous and 15 deciduous species) from 13 genera and 19 families, and 66 species (30.4%) are introduced species, i.e. plants grown in soil outside their natural distribution range (See Figure 2). Of the introduced species, 12 are coniferous, and 54 deciduous species from 11 genera and 24 families.

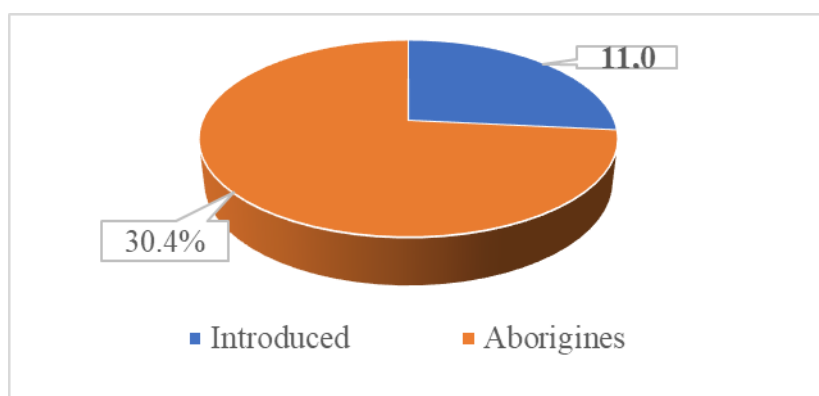


Figure 2. Distribution of introduced and native species among tree and shrub species in Medeu district of Almaty

In the flora of the Medeu district of Almaty, among the introduced species, tree and shrub plant species are represented by 66 species belonging to 37 genera and 18 families. The ratio of introduced species (66; 24.8%) between the occurring tree and shrub life forms is presented in Figure 3, and is 54 species (trees) (24.8%) and 12 species (shrubs) or 5.50%, respectively (See Figure 3).

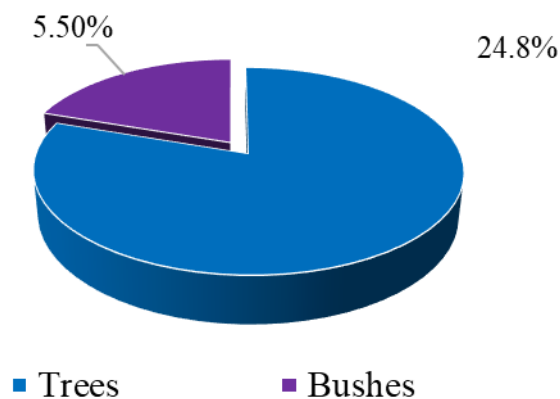


Figure 3. The ratio of introduced tree and shrub forms in the Medeu district of Almaty

As our research has shown, introduced species found in tree and shrub plantations of the Medeu district of Almaty have different centers of origin. Among the tree and shrub introduced species that stand out sharply in terms of species richness are species from Asia (27.0%) (*Ailanthus altissima*, *Phellodendron amurense*, *Salix matsudana*, *Acer ginnala*, *Kerria japonica*, *Cotoneaster lucidus*, *Cerasus tomentosa*, *Chaenomeles speciosa*, *Salix babylonica*, *Juglans mandshurica*, *Forsythia intermedia*), North America (17.0%) (*Acacia albida*, *Acer saccharinum*, *Acer negundo*, *Crataegus horrida*, *Populus deltoides*, *Populus balsamifera*, *Juglans nigra*, *Juglans cinerea*, *Mahonia aquifolium*, *Picea glauca*, *Picea pungens*, *Picea engelmannii*, *Pseudotsuga menziesii*, *Pinus sponderosa*, *Tsuga Canadensis*, *Fraxinus lanceolata*), Europe (13.8%) (*Euonymus europaea*, *Acer pseudoplatanus*, *Sorbus aucuparia*, *Crataegus monogina*, *Tilia platyphyllos*, *Tilia cordata*, *Picea abies*, *Pinus mugo*) and Palearctic (6.2%) (*Viburnum opulus*, *Spiraea vanhouttei*, *Padus avium*, *Salix alba*, *Populus alba*, *Populus nigra*, *Buxus sempervirens*, *Sambucus nigra*, *Cotinus coggygria* and others). A small percentage of species belong to Eurasia (3.7%) (*Cornus alba*, *Frangula alnus*, *Acer mono*, *Acer platanoides*, *Populus italica*), the Caucasus and Crimea (1.2%) (*Pinus pallasiana*, *Amelanchier spicata*), the Mediterranean (3.1%) (*Pinus nigra*, *Fraxinus excelsior*, *Fraxinus rotundifolia*, *Ligustrum vulgare*, *Syringa vulgaris*) and the Holarctic (2.5%) (*Swida alba*, *Aesculus hippocastanum*, *Grossularia uva-crispa*).

The study of urban flora and its biomorphological structure reflects the nature of plant adaptation to a set of environmental conditions prevailing in certain ecotopes. Therefore, its analysis is the main tool in understanding the ecology of plant habitats. The basis for the analysis of life forms in our research was the system of life forms by K. Raunkier [19]. An analysis of the life forms of K Raunkier showed that among the tree and shrub flora of the Medeu district of Almaty, phanerophytes and chamephytes dominate – 53.7%. The group of phanerophytes is well represented in the families *Oleaceae* (5 species), *Rosaceae* (12 species), *Ulmaceae* (5 species), *Pinaceae* (11 species), *Salicaceae* (6 species), *Aceraceae* (7 species), *Betulaceae* (3 species), *Fabaceae* (4 species), *Elaeagnaceae* (4 species), *Juglandaceae* (3 species), *Anacardiaceae* (3 species). Among them, about 20 species are cultivated - this *Berberis vulgaris*, *Grossularia uva-crispa*, *Malus domestica*, *Fraxinus pensylvanica* and others. The group of chamephytes in the urban flora of the Medeu district of Almaty is widely found in the families *Rosaceae* (5 species), *Berberidaceae* (3 species), *Cupressaceae* (8 species), *Oleaceae* (5 species), *Grossulariaceae* (4 species), *Caprifoliaceae* (4 species), *Fabaceae* (4 types). Among gymnosperms *Picea schrenkiana*, *P. obovate*, *Abies sibirica* *Pinus sylvestris*, *Larix sibirica*, *Juniperus sabina*, *J. communis*, *J. turkestanica* and *J. sibirica* are native i.e. local, and

the remaining 26 (6.5%) species are represented by cultivated plants: *Pinus pallasiana*, *Pinus nigra*, *Pinus mugo*, *Picea glauca*, *Picea pungens*, *Thuja occidentalis*, *Juniperus scopulorum*, *Juniperus virginiana*, *Pseudotsuga menziesii*, *Larix gmelinii* and others.

Below are photographs of the squares and boulevards of the Medeu district of Almaty (See Figure 4).



Figure 4. Boulevards and squares of Medeu district of Almaty

Conclusion

As a result of the study, it was revealed that only 20% of the species diversity of local tree and shrub plants is used in landscaping among the green spaces of the tree and shrub flora of the Medeu district of Almaty, 80% are represented by introduced species. The natural and climatic conditions of the city of Almaty make it possible to significantly expand the range of landscaping for the city, both due to local and introduced tree and shrub plants. It should be noted that today

the weak points of landscaping in Almaty are its monotony, i.e. landscaping is dominated mainly by northern species of mass assortment and there is no assortment of plants with local southern flavor, which should become the main goal of landscapers in the future when creating new and reconstructing old plantings; lack of special landscape solutions for landscaping highways at the entrance to the city, as well as new areas where local ornamental grasses, flowering shrubs (for example, species, varieties and forms *Spiraea hypericifolia*, *Berberis iliensis*, *Berberis heteropoda*, *Lonicera altmanni*, *Lonicera alberti*, *Caragana turkestanica*) and trees (*Armeniaca vulgaris*, *Cerasus tianschanica*, *Cerasus erythrocarpa*, *Prunus sogdiana*) will give a special color scheme and emphasize the southern flavor of the landscape complex of the city of Almaty.

References

1. Рысин Л.П., Рысин С.Л. Урболесоведение. – Москва, 2012. – 240 с.
2. Abhijith K.V., Kumar P. Evaluation of respiratory deposition doses in the presence of green infrastructure Air Quality //Atmosphere & Health. – 2021. - Vol. 14 (6). - P. 911-924. DOI: 10.1007/s11869-021-00989-w.
3. Angel S., Parent J., Civco D.L., Blei A., Potere D. The dimensions of global urban expansion: Estimates and projections for all countries, 2000–2050 //Progress in Planning. – 2011. - Vol. 75 (2).-P. 53-107. DOI: 10.1016/j.progress.2011.04.001.
4. Arias-Pérez R.D., Tabora N.A., Gómez D.M., Narvaez J.F., Porras J., Hernandez J.C. Inflammatory effects of particulate matter air pollution Environmental Science and Pollution Research //Environmental Protection Agency. – 2020. - Vol. 27 (34). - P. 42390-42404. DOI: 10.1007/s11356-020-10574-w.
5. Baldauf R. Roadside vegetation design characteristics that can improve local, near-road air quality //Transportation Research Part D. – 2017. - Vol. 52. – P. 354-36. DOI: 10.1016/j.trd.2017.03.013.
6. Bloemsma L.D., Wijga A.H., Klompmaaker J.O., Koppelman, et al. The associations of air pollution, traffic noise and green space with overweight throughout childhood: The PIAMA birth cohort study // Environmental Research. - 2019. - Vol. 169. - P. 348-356. DOI: 10.1016/j.envres.
7. Collins R.M., Spake R., Brown K.A., et al. A systematic map of research exploring the effect of greenspace on mental health //Landscape Urban Planning. – 2020. - Vol. 201. - P. 03823-103913. DOI: 10.1016/j.landurbplan.
8. Khaled Hashad, Jiajun Gu, Bo Yang, Morena Rong, Edric Chen, Xiaoxin Ma, et al. Designing roadside green infrastructure to mitigate traffic-related air pollution using machine learning //Science of The Total Environment. - 2021. - Vol. 773. - P. 144760 DOI: 10.1016/j.scitotenv.
9. Yuhan Huang, Chengwang Lei, Chun-Ho Liu, Pascal Perez, Hugh Forehead, Shaofei Kong, et al. A review of strategies for mitigating roadside air pollution in urban street canyons //Environmental Pollution. – 2021. - Vol. 280. - P. 116971. DOI:10.1016/j.envpol.2021.116971.
10. Бессчетнов П.П., Голощанов Г.В. Садово-парковое строительство Казахстана. - Алма-Ата, 1988. - 222 с.
11. Скворцов А.К. Гербарий. – Москва, 1977. – 199 с.
12. Флора Казахстана. - Алма-Ата, 1956-1966. Т.Т. 1 – 9.
13. Деревья и кустарники Казахстана. – Алма-Ата, Т.Т. 1-2. -1966.
14. Растения Центральной Азии //под ред. В.И. Грубова. – М.:–Л., 1963-1989. Т.Т. 1-9.
15. Определитель растений Средней Азии. – Ташкент: ФАН, 1968-1993. Т.Т. 1-10.
16. Иллюстрированный определитель растений Казахстана. – Алма-Ата, 1962-1975. Т.Т. 1-2.
17. Черепанов С.К. Сосудистые растения СССР. - Ленинград, 1981. - 509 с.
18. Абдулина С.А. Сосудистые растения Казахстана. - Алматы, 1998. – 188 с.
19. Серебряков И.Г. Экологическая морфология растений. – Москва, 1962. – 378 с.

**Г.А. Садырова, А.К. Таныбаева, Т.А. Базарбаева, Г.А. Муканова, С.М. Джамилова¹,
А.С. Нурмаханова**

Әл-Фараби атындағы Қазақ Ұлттық университеті, Алматы, Қазақстан

¹Абай атындағы Қазақ ұлттық педагогикалық университеті, Алматы, Қазақстан

Алматы қаласы Медеу ауданындағы қалалық жасыл желектердің экологиялық жағдайын талдау

Аңдатпа. Бұл мақалада Алматы мегаполисін мысалға ала отырып, Қазақстан қалаларының экологиялық проблемалары талқыланады. Урбанизация процесінің дамуымен қалалардың табиғи ортасы айтарлықтай өзгереді. Олар табиғи қауымдастықтарға тән емес заттар мен энергия айналымының ерекше түрі бар нақты экологиялық ортамен сипатталады. Қалалық жерлерде жасыл кеңістіктер маңызды. Жасыл өсімдіктер үлкен қалалардың тұрғындарын шаңнан, түтіннен және зиянды газдардан қорғауда үлкен рөл атқарады. Алматы қаласында ботаникалық бақ ұсынған ағаштар мен бұталардың 70-тен астам түрі өндіріске енгізілді. Ағаштардан бұл - *Phellodendron amurense*, *Faidherbia albida*, *Crataegus sanguinea*, *Crataegus maximowiczii*, *Crataegus submollis*, *Crataegus punctata*, *Crataegus chrysoarpa*, *Ulmus laevis*, *Ulmus glabra*, *Gleditsia triacanthos*, *Catalpa bignonioides*, *Aesculus hippocastanum*, *Acer ginnala*, *Acer platanoides*, *Acer saccharum*, *Juniperus virginiana*, *Juglans mandshurica*, *Padus maackii*, из кустарников - *Amorpha fruticosa*, *Swida alba*, *Syringa josikaea*, *Spiraea vanhouttei*, *Spiraea thunbergii*, *Spiraea japonica* және басқалар. Алматы қаласының ағаш-бұта флорасына флористикалық талдау жасау жасыл алқаптар 58 туыстар мен 34 тұқымдасқа жататын 208 түрмен ұсынылғанын көрсетті. Ағаш және бұта түрлерінің ішінде Қазақстанның табиғи флорасын 13 туыстар пен 9 тұқымдастың 54 түрі (20%) құрайды (9 қылқанжапырақты және 45 жапырақты түр). 154 түрі (80%) интродукцияланған, бұл табиғи таралу аймағынан тыс топырақта өсетін өсімдіктер.

Түйін сөздер: Жасыл желектер, қалалық урбанизацияланған орта, Алматы қаласы.

**Г.А. Садырова, А.К. Таныбаева, Т.А. Базарбаева, Г.А. Муканова, С.М. Джамилова¹,
А.С. Нурмаханова**

Казахский национальный университет им. аль-Фараби, Алматы, Казахстан

¹Казахский национальный педагогический университет имени Абая, Алматы, Казахстан

Анализ экологического состояния городских зеленых насаждений Медеуского района города Алматы

Аннотация. В данной статье на примере мегаполиса Алматы рассматриваются экологические проблемы городов Казахстана, где с развитием процесса урбанизации естественная природная среда в городах очень сильно изменяется, для которой характерна специфическая экологическая среда с особым типом круговорота веществ и энергии, не свойственной природным сообществам. Значение зеленых насаждений на урбанизированных территориях очень трудно переоценить. Большую роль зеленые растения оказывают в защите населения крупных городов от пыли, дыма и вредных газов. В городе Алматы более 70 видов деревьев и кустарников, рекомендованных ботаническим садом, были внедрены в производство. Из деревьев это - *Phellodendron amurense*, *Faidherbia albida*, *Crataegus sanguinea*, *Crataegus maximowiczii*, *Crataegus submollis*, *Crataegus punctata*, *Crataegus chrysoarpa*, *Ulmus laevis*, *Ulmus glabra*, *Gleditsia triacanthos*, *Catalpa bignonioides*, *Aesculus hippocastanum*, *Acer ginnala*, *Acer platanoides*, *Acer saccharum*, *Juniperus virginiana*, *Juglans mandshurica*, *Padus maackii*, из кустарников - *Amorpha fruticosa*, *Swida alba*, *Syringa josikaea*, *Spiraea vanhouttei*, *Spiraea thunbergii*, *Spiraea japonica* и другие. Подробный флористический анализ древесно-кустарниковой флоры города Алматы показал, что зеленые насаждения представлены 208 видами, относящихся к 58 родам и 34 семействам. Среди древесно-кустарниковых видов - 54 вида (20%) представляют природную флору Казахстана (9 хвойных и 45 лиственных пород) из 13 родов и 9 семейств, и 154 видов (80%) являются интродуцентами, т.е. растения, выращенные в грунте за пределами ареала их природного распространения.

Ключевые слова: зеленые насаждения, урбанизированная среда, город Алматы.

References

1. Rysin L.P., Rysin S.L. Urbolesovedeniye [Urban forestry] (Moscow, 2012, 240 p.) [in Russian]
2. Abhijith K.V., Kumar P. Evaluation of respiratory deposition doses in the presence of green infrastructure Air Quality, Atmosphere & Health, 14 (6), 911-924 (2021). DOI: 10.1007/s11869-021-00989-w.
3. Angel S., Parent J., Civco D.L., Blei A., Potere D. The dimensions of global urban expansion: Estimates and projections for all countries, 2000–2050. Progress in Planning, 75 (2), 53-107 (2011). DOI: 10.1016/j.progress.2011.04.001.
4. Arias-Pérez R.D., Taborda N.A., Gómez D.M., Narvaez J.F., Porrás J., Hernández J.C. Inflammatory effects of particulate matter air pollution Environmental Science and Pollution Research, 27 (34), 42390-42404 (2020). DOI: 10.1007/s11356-020-10574-w.
5. Baldauf R. Roadside vegetation design characteristics that can improve local, near-road air quality Transportation Research Part D. 52, 354-361 (2017). DOI: 10.1016/j.trd.2017.03.013.
6. Bloemsma L.D., Wijga A.H., Klompmaaker J.O., Koppelman, et al. The associations of air pollution, traffic noise and green space with overweight throughout childhood: The PIAMA birth cohort study. Environmental Research, 169, 348-356 (2019). DOI: 10.1016/j.envres.
7. Collins R.M., Spake R., Brown K.A., et al. A systematic map of research exploring the effect of greenspace on mental health Landscape Urban Planning. 201, 03823-103913 (2020). DOI: 10.1016/j.landurbplan.
8. Khaled Hashad, Jiajun Gu, Bo Yang, Morena Rong, Edric Chen, Xiaoxin Ma, et al. Designing roadside green infrastructure to mitigate traffic-related air pollution using machine learning Science of The Total Environment. 773, 144760 (2021). DOI: 10.1016/j.scitotenv.
9. Yuhan Huang, Chengwang Lei, Chun-Ho Liu, Pascal Perez, Hugh Forehead, Shaofei Kong, et al. A review of strategies for mitigating roadside air pollution in urban street canyons Environmental Pollution, 280, 116971 (2021). DOI:10.1016/j.envpol.2021.116971.
10. Besschetnov P.P., Goloshchapov G.V. Landscape construction in Kazakhstan, A-Ata, 22-32 (1988).
11. Skvortsov A.K. Gerbariy [Herbarium] (M., 1977, 199 p.) [in Russian]
12. Flora Kazakhstana [Flora of Kazakhstan] (Alma-Ata, V.V. 1-9 (1956 – 1966). [in Russian]
13. Derev'ya i kustarniki Kazakhstana [Trees and shrubs of Kazakhstan] (Alma-Ata, V.V. 1-2 (1966). [in Russian]
14. Rasteniya Tsentral'noy Azii //pod red. V.I. Grubova [Plants of Central Asia / Edited by V.I. Grubov] (M.-L, V.V. 1-9 (1963 – 1989). [in Russian]
15. Opredelitel' rasteniy Sredney Azii [Key to plants of Middle Asia] (Tashkent: FAN, V.V. 1-10 (1968-1993). [in Russian]
16. Illyustrirovannyi opredelitel' rasteniy Kazakhstana [Illustrated guide to plants of Kazakhstan] (Alma-Ata, V.V. 1-2 (1962-1975). [in Russian]
17. Cherepanov S.K. Sosudistyeye rasteniya Rossii i sopredel'nykh gosudarstv (v predelakh byvshego SSSR) [Vascular plants of Russia and neighboring states (within the former USSR)] S.-Pb, 990 p. 1995 [in Russian]
18. Abdulina S.A. Sosudistyeye rasteniya Kazakhstana [Vascular plants of Kazakhstan] (Almaty, 1998, 188 p.) [in Russian]
19. Serebryakov I. G. Ekologicheskaya morfologiya rasteniy [Ecological morphology of plants] (M., 1962, 378 p.) [in Russian]

Information about authors:

Sadyrova G.A. – corresponding author, Doctor of Biological Sciences, Al-Farabi Kazakh National University, 71 Al-Farabi Avenue, Almaty, Kazakhstan.

Tanybayev A. K. – Candidate of Chemical Sciences, Al-Farabi Kazakh National University, 71 Al-Farabi Avenue, Almaty, Kazakhstan.

Bazarbaeva T.A. – Candidate of Geographical Sciences, Al-Farabi Kazakh National University, 71 Al-Farabi Avenue, Almaty, Kazakhstan.

Mukanova G.A. – Candidate of Biological Sciences, Al-Farabi Kazakh National University, 71 Al-Farabi Avenue, Almaty, Kazakhstan.

Jamilova S.M. – Master of Science, Senior Lecturer, Department of Biology, Abay Kazakh National University, 13 Dostyk Avenue, Almaty, Kazakhstan.

Nurmakhanova A. S. – PhD, Al-Farabi Kazakh National University, 71 Al-Farabi Avenue, Almaty, Kazakhstan.

Садырова Г.А. – автор для корреспонденции, биология ғылымдарының докторы, әл-Фараби атындағы Қазақ ұлттық университеті, әл-Фараби даңғылы, 71, Алматы, Қазақстан.

Таныбаева А.Қ. – химия ғылымдарының кандидаты әл-Фараби атындағы Қазақ ұлттық университеті, әл -Фараби даңғылы, 71, Алматы, Қазақстан.

Базарбаева Т.А. – география ғылымдарының кандидаты әл-Фараби атындағы Қазақ ұлттық университеті, әл-Фараби даңғылы, 71, Алматы, Қазақстан.

Мұқанова Г.А. – биология ғылымдарының кандидаты әл-Фараби атындағы Қазақ ұлттық университеті, әл-Фараби даңғылы 71, Алматы, Қазақстан.

Джамилова С.М. – ғылым магистрі, ҚазҰУ биология кафедрасының аға оқытушысы, Абай атындағы Қазақ ұлттық педагогикалық университеті, Достық даңғылы, 13, Алматы, Қазақстан.

Нурмаханова А.С. – PhD, әл-Фараби атындағы Қазақ ұлттық университеті, әл-Фараби даңғылы, 71, Алматы, Қазақстан.



Copyright: © 2023 by the authors. Submitted for possible open access publication under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution (CC BY NC) license (<https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/>).

Ж.А. Тусупбеков^{1*}, В.А. Казаков², А.А. Шарапов³

*Омский государственный аграрный университет имени П.А. Столыпина, Омск,
Российская Федерация*

(E-mail: ^{1}gggkiovr@mail.ru, ²va.kazakov35.06.01@omgau.org,
³aa.sharapov1518@omgau.org)*

**Мангутский водоток как решение проблемы затопления,
подтопления Называевского муниципального района Омской области**

Аннотация. *Водные ресурсы территории относятся к самым востребованным природным ресурсам для жизни человека. Дефицит воды всегда создает большие неудобства не только для нормального развития хозяйственной деятельности населения, но и является угрозой для существования. В связи с этим человек всегда в первую очередь осваивает территории с достаточными водными ресурсами. В то же время, избыточное количество воды также создаёт определенные проблемы для человека. К наиболее распространенным негативным последствиям воды относятся проблемы затопления и потопления населённых пунктов, сельскохозяйственных угодий, промышленных объектов и т.д. Наиболее подверженным к подобным последствиям воды являются равнинные территории, с замкнутым стоком. Незначительные уклоны водосборной поверхности снижают естественную дренированность территории накапливая атмосферные осадки в мелких понижениях, дополнительно создавая условия для подтопления территории. Проблема усиливается в результате антропогенной деятельности. Строительство зданий и сооружений, особенно линейных, нарушает гидрологический режим водосборной поверхности дополнительно создавая условия переувлажнения. Территория юга Западной Сибири имея плоско-западный равнинный рельеф ежегодно подвергается затоплению и подтоплению. Повторяемость водных проблем зависит от водности года и в последнее десятилетие наблюдается тенденция их увеличения. Называевский район Омской области, расположенный в бессточной части Иртыш-Ишимского водораздела является типичным примером негативного воздействия вод. В статье рассмотрены основные причины затопления и подтопления Называевского района и мероприятия по их уменьшению с помощью водоотводного Мангутского водотока. Выполнена оценка состояния Мангутского водотока и предложены основные мероприятия по улучшению водопрпускной способности.*

Ключевые слова: *Затопление, подтопление, водоотводящий водоток, поверхностный сток, заиление, зарастание.*

DOI: <https://doi.org/10.32523/2616-6771-2023-145-4-93-104>

Введение

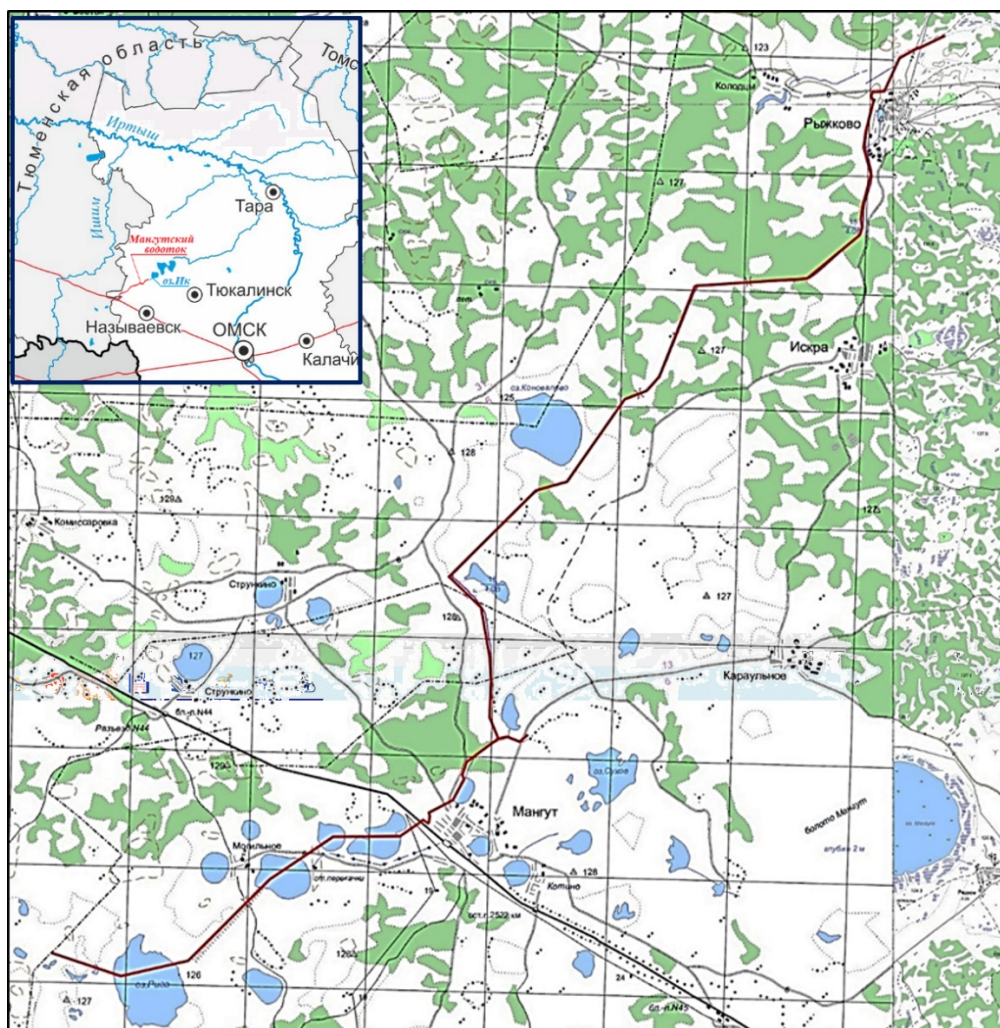
Негативное воздействие вод, в частности затопление и подтопление, для равнинных территорий Российской Федерации относится к числу наиболее

актуальных проблем. Ярким примером отрицательного влияния вод являются состояние территории Называевского муниципального района Омской области, расположенной в условиях плоско-западного рельефа Западно-Сибирской низменности.

Ежегодно в период весеннего половодья, значительная часть Омской области подвергается затоплению и подтоплению. Последствия негативного воздействия вод отрицательно влияют на хозяйственную деятельность населения, нанося значительный материальный ущерб, приводит к сокращению сроков эксплуатации зданий и сооружений, оказывает влияние на здоровье людей и т.п.

К одним из проблемных участков, часто подвергаемых к затоплению и подтоплению, относится территория Называевского района Омской области.

Территория Называевского муниципального района располагается в западной части Омской области (рис.1) и граничит Сладковским районом Тюменской области. Общая площадь района составляет 5,9 тыс. кв. км.



Условные обозначения: — гтрасса канала.

Рисунок 2 – Схема расположения Мангутского водотока.

Рассматриваемая территория представляет собой бессточную равнину с отметками поверхности земли 125-130 м БС с широким развитием озёрно-болотного ландшафта. Равнинный характер рельефа с большим количеством неглубоких блюдцеобразных понижений предопределило наличие множества мелких озёр и заболоченных участков. На территории района количество озёр превышает 140, а заболоченность доходит до 25%.

Таяние снега в весенний период хоть и непродолжительный, но очень дружный, активный сход снега и осадки приводят резкому повышению уровня воды в многочисленных озёрах, что нередко приводит к подтоплению населённых пунктов Называевского, Крутинского и Тюкалинского районов Омской области, а также Сладковского района Тюменской области.

На всей территории района остро стоит вопрос подтопления и затопления, который с каждым годом усиливается. Несмотря на имеющийся малый уклон территории к северу атмосферные осадки летнего периода и весенние талые воды в большей части аккумулируются в поверхностных понижениях. Такому положению дел в первую очередь способствовало нарушение условий поверхностного стока в результате освоения сельскохозяйственных территорий и строительства дорог разного значения. Таким образом, развитие процессов затопления и подтопления связано как с природно-климатическими, так и с техногенными факторами.

В настоящее время повышение уровня поверхностных вод на территории отражается почти во всех населённых пунктах района. Затапливаются и подтапливаются дома, приусадебные участки, дороги, социальные объекты. В значительной степени страдает и сам районный центр город Называевск.

Усилению процесса подтопления способствовало расположение территории в центральной – бессточной – части Иртыш-Ишимского междуречья. Водораздел реки Ишим, с отметками 138...140 м БС, расположенный западнее, придаёт уклон всей правобережной части в сторону исследуемой территории. В следствии чего, в период снеготаяния поверхностный сток рассматриваемой территории усиливается за счёт поступления воды с запада, со стороны Тюменской области.

Обсуждение

Для решения данной проблемы на территории Называевского и Крутинского районов, во второй половине прошлого столетия был построен Мангутский водоотводной канал (рис.1), в дальнейшем получивший статус водотока [1-2].

Мангутский водоток расположен в пределах Ишимо-Иртышской равнины. По схеме зонально - ландшафтного районирования территория исследуемого участка расположена в лесостепной зоне. Область питания расположена с южной стороны Транссибирской магистрали, преимущественно в Сладковском районе Тюменской области. Водоток берёт начало севернее Транссибирской магистрали, западнее село

Мангут и переходит на территорию Крутинского муниципального района Омской области. Разгрузка стока водосборно-сбросного канала происходит в сильно заболоченный исток реки Яман в 3 км северо-восточнее села Рыжково Крутинского района. Общая протяженность водотока с юга на север, до истока реки Яман составляет 37,6 км [3].

Таким образом водоток, кроме поверхностных стоков Называевского района Омской области и Сладковского района Тюменской области, также служит и для дренирования стока, формирующегося на территории Тюкалинского и Крутинского районов Омской области [4].

Естественная гидрографическая сеть в пределах исследуемого участка представлена заболоченными озерами и болотами. Существовавшие до возникновения населенных пунктов и железной дороги, ложбины стока давно искажены и местами перегорожены в процессе освоения территории. В настоящее время гидрографическая сеть участка имеет в значительной мере искусственный, техногенный, характер и представлена существующей системой ливнесбросных канав (кюветов) автомобильных дорог и кюветов вдоль насыпи Транссибирской железнодорожной магистрали (Транссиб). Так же, в пределах рассматриваемой территории в различных участках имеют место бессточные понижения рельефа, заполненные водой и поросшие растительностью [5-7].

Долгие годы Мангутский водоток являлся бесхозным сооружением, а, следовательно, не получал должного обслуживания и в многоводные годы, не справлялся с пропуском поверхностных вод. Это приводило, время от времени, к затоплению населенных пунктов, повышению уровня грунтовых вод, заболачиванию сельскохозяйственных угодий, нарушению коммуникаций, размыву дорожного полотна и другим неблагоприятным последствиям.

Наряду с поверхностными водами канал дренирует и подземные воды, поэтому канал находится в рабочем состоянии в течении всего года, за исключением летних и зимних сезонов маловодных лет.

Известно, что любое гидротехническое сооружение, находящаяся под воздействием воды, тем более потока, постепенно разрушается. Отсутствие органов, осуществляющих эксплуатацию канала, привело к ее заилению и зарастанию (рис.2). Наибольшую нагрузку испытывают водопропускные сооружения, расположенные под автомобильными и железными дорогами, поэтому они требуют ежегодного ремонта. Существенные разрушения наблюдаются после прохождения весенних паводков (рис.3), что в дальнейшем приводило к снижению пропускной способности сооружения и выходу их из строя. Нарушение проектного режима трубчатых водопропускных сооружений сопровождалось образованием значительных участков затопления и подтопления [6-7]. Заилению водотока в значительной мере влияют «бобровые плотины» (рис.4) появляющиеся в разных частях. Подобные сооружения задерживая сток усиливают процесс подтопления прибрежной территории,

снижение скорости потока сопровождается преждевременным заилением и зарастанием водотока (рис.2).



Рисунок 2 – Вид на заросший участок водотока.



Рисунок 3 – Трубчатый переезд, подлежащий реконструкции.



Рисунок 4 – Бобровая плотина в русле водотока.

Направление канала от юго-запада к северо-востоку совпадает с направлением реки Ишим. Учитывая возвышенные участки правобережного водораздела реки Ишим (Сладковский район Тюменской области), расположенный примерно в 40 км к северо-западу от канала и уклон территории, имеющий наклон в юго-восточном направлении определен площадь водосбора, которая составила около 1500 км². Вся эта «озёрно-болотная равнина» является источником как поверхностного, так и подземного питания водотока в течении всего года, особенно поверхностного в период снеготаяния [8-10].

По сравнению с подземным стоком площадь поверхностного питания зависит от водности года увеличиваясь в многоводны годы.

В особо водные годы или в случае резкого таяния снега за счет переполнения небольших углублений, занятых озерами, поверхностный сток может иметь «плоскостной» характер, когда вода может идти широким потоком принося большие объемы воды.

При этом последствия стока могут иметь катастрофический характер затопливая не только населенные пункты, но и сельскохозяйственные угодья.

Надежным способом защиты в таких случаях является нормальная работа всех водопропускных и водоотводных гидротехнических сооружений [11-13].

Заключение

Таким образом, «озёрно-болотная равнина» в Тюменской области фактически является областью питания для всех нижерасположенных участков, в том числе и села Мангут. При выпадении достаточного количества осадков озёра переполняются и излишки воды поступают по рельефу местности вниз, через водопропускные трубы Транссибирской магистрали и автомобильных дорог.

Единственно правильным и надёжным методом защиты от затопления и подтопления междуречья Иртыш-Ишим является концентрация стока, поступающего из водосборной площади, организованный пропуск через водопропускные сооружения транспортных путей и направление его в водоотводной Мангутский канал в русло реки Яман. С этой целью необходимо восстановить пропускную способность водоотводного канала, отрегулировать пропускную способность отдельных элементов на всем ее протяжении и вести постоянный контроль за состоянием канала.

Решения проблемы затопления и подтопления населенных пунктов, расположенных на данной территории, требует комплексного подхода и участия всех заинтересованных сторон. Работы необходимо начинать с восстановления штатной работы водоотводного сооружения.

Восстановление Мангутского водотока, это необходимое мероприятие для решения из года в год повторяющейся проблемы затопления и подтопления. Восстановление проектной пропускной способности водотока и своевременное выполнение ремонтных работ максимально снизит проблемы затопления и подтопления населенных пунктов, заболачивания сельскохозяйственных угодий, нарушения коммуникаций, размыва дорожных полотен, а также уменьшит ежегодные финансовые затраты, направленные на ликвидацию негативных последствий вод.

Для улучшения пропускной способности водотока необходимо провести следующие мероприятия:

1. Расчистить русло водотока от бобровых плотин, поваленных деревьев и обвалившегося грунта;
2. На существующих трубчатых переездах, построенных через водоток, следует очистить водопропускные сооружения от наносов и мусора;
3. Отдельные трубчатые переезды, пропускная способность которых явно недостаточна, реконструировать или убрать из русла водотока;

4. В связи с тем, что проектные отметки дна ниже, чем существующие отметки трубчатых переездов, необходимо на первое время произвести их расчистку, а в последующем выполнить их реконструкцию или ликвидацию. Наиболее эффективным вариантом является замена их на мостовые переезды, что обеспечит нормальный пропуск воды по руслу без образования подпора;

5. Необходимо предусмотреть дно углубительные мероприятия до проектной отметки водотока. Вынимаемый грунт распланировать по обе стороны водотока.

Список литературы

1. Белоненко Г.В., Тусупбеков Ж.А. Оценка ветрового переноса снега по данным метеонаблюдений в зоне влияния транссибирской магистрали и федеральных автодорог юга западной Сибири // Научные проблемы транспорта Сибири и Дальнего Востока. ФБОУ ВПО «Новосибирская государственная академия водного транспорта». – 2014. – № 1-2. – С. 131-134.

2. ГОСТ 17.1.1.02-77 «Охрана природы. Гидросфера. Классификация водных объектов». Дата введения: 01.07.78. Переиздание: июнь 1992. – Москва: Госстандарт России, 1992. – 20 с.

3. Омскую область перестанет топить, если Мангутский канал заберёт Москва. [Электрон. ресурс]. – 2024. – URL: https://omsk.aif.ru/society/omskuyu_oblast_perestanet_topit_esli_mangutskiy_kanal_zaberyot_moskva (дата обращения: 02.03.2024).

4. Пособие по определению расчетных гидрологических характеристик. // Гидрометеиздат. – Ленинград. – 1984. – С. 11-14.

5. Ресурсы поверхностных вод СССР. Алтай и Западная Сибирь. // Нижний Иртыш и Нижняя Обь. // Гидрометеиздат. – №3 (15). – Ленинград. – 1973. – С. 28-34.

6. СП 104.13330.2016. Свод правил. Инженерная защита территории от затопления и подтопления. Актуализированная редакция СНиП 2.06.15-85.

7. СП 11-103-97. Инженерно-гидрометеорологические изыскания для строительства. Госстрой России. – Москва. – 1997.

8. СП 131.13330.2020 Строительная климатология (актуализированная редакция СНиП 23-01-99*). – Москва. – 2000.

9. СП 33-101-2003. Определение основных расчетных гидрологических характеристик. Госстрой России. – Москва. – 2004.

10. Справочник по геологическим условиям сельскохозяйственного водоснабжения Называевского района Омской области. – Омск. – 1983.

11. Тусупбеков Ж.А., Ряполова Н.Л. Гидролого-климатические ресурсы увлажнения регионов для защиты от затопления и подтопления. // Геология, география и глобальная энергия. Физическая география и биогеография, география

почв и геохимия ландшафтов (географические науки). – № 1 (80). – Астрахань. – 2021. – С. 102-108.

12. Nadtochiy V., Tusupbekov Zh., Ryapolova N., Ibraev M. Geocological assessment of the state of water bodies in the Irtysh river basin within the Omsk region. // E3S Web of Conferences. – 2023. – P. 411-415.

13. Справочник по геологическим условиям сельскохозяйственного водоснабжения Называевского района Омской области. – Омск. – 1983.

Ж.А. Тусупбеков^{1*}, В.А. Казаков², А.А. Шарапов³

*П.А. Столыпин атындағы Омбы мемлекеттік аграрлық университеті, Омбы,
Ресей Федерациясы*

Маңғыт су ағыны Омбы облысының Называевск муниципалды ауданын су басу, су тасқының мәселесін шешу

Аннотация. Аумақтың су ресурстары адам өміріне қажетті табиғи ресурстардың бірі болып табылады. Су тапшылығы әрқашан халықтың шаруашылық қызметінің қалыпты дамуы үшін үлкен қолайсыздықтар туғызып қана қоймай, өмір сүруге қауіп төндіреді. Осыған байланысты адамдар әрқашан су ресурстары жеткілікті аумақтарды игереді. Сонымен қатар, артық су да адамдар үшін белгілі бір проблемаларды тудырады. Судың жиі кездесетін жағымсыз салдары елді мекендерді, ауылшаруашылық жерлерді, өнеркәсіптік нысандарды су басу және суға бату проблемалары болып табылады. Судың мұндай зардаптарына ең сезімтал аймақтар - жабық дренажы бар жазық аумақтар. Дренаждық беткейдің шамалы еңістері тайыз ойпаттарда жауын-шашынның жиналуы арқылы аумақтың табиғи дренажын азайтады, одан әрі аумақты су басуға жағдай жасайды. Мәселе антропогендік әрекеттермен күшейеді. Ғимараттар мен құрылыстарды, әсіресе желілік құрылыстарды салу дренаждық бетінің гидрологиялық режимін бұзады, одан әрі батпақтану жағдайларын жасайды. Батыс Сібірдің оңтүстігіндегі жер бедері жазық-батыс жазық болғандықтан жыл сайын су тасқыны мен су басуға ұшырайды. Су проблемаларының қайталануы жылдың судылығына байланысты және соңғы онжылдықта олардың көбею үрдісі байқалды. Омбы облысының Называев ауданы, Ертіс-Есіл су алабы ағысының дренаждық бөлігінде орналасқан, судың теріс әсерінің типтік мысалы болып табылады. Мақалада Называев ауданындағы су басу мен батпақтанудың негізгі себептері және Мәңгүт дренажды су ағынының көмегімен оларды азайту шаралары қарастырылған. Маңғұт су ағысының жағдайына баға беріліп, су өткізу қабілетін жақсарту бойынша негізгі шаралар ұсынылды.

Түйін сөздер: су басу, су басу, дренажды су ағыны, жер үсті ағыны, лайлану, өсу.

Zh.A. Tusupbekov^{1*}, V.A. Kazakov², A.A. Sharapov³
Omsk State Agrarian University named after P.A. Stolypin,
Omsk, Russian Federation

Mangut watercourse as a solution to the problem of flooding, flooding of the Nazyvaevsky municipal district of the Omsk region

Аннотация. The water resources of the territory are among the most in demand natural resources for human life. Water shortage always creates great inconvenience not only for the normal development of economic activity of the population, but is also a threat to existence. In this regard, people always first develop territories with sufficient water resources. At the same time, excess water also creates certain problems for humans. The most common negative consequences of water are problems of flooding and drowning of populated areas, agricultural land, industrial facilities, etc. The areas most susceptible to such water consequences are flat areas with closed drainage. Slight slopes of the drainage surface reduce the natural drainage of the territory by accumulating precipitation in shallow depressions, further creating conditions for flooding of the territory. The problem is intensified by anthropogenic activities. The construction of buildings and structures, especially linear ones, disrupts the hydrological regime of the drainage surface, further creating conditions of waterlogging. The territory of the south of Western Siberia, having a flat-western plain topography, is annually subject to flooding and flooding. The recurrence of water problems depends on the water content of the year and in the last decade there has been a tendency to increase them. The Nazyvaevsky district of the Omsk region, located in the drainage part of the Irtysh-Ishim watershed, is a typical example of the negative impact of water. The article discusses the main causes of flooding and waterlogging in the Nazyvaevsky district and measures to reduce them with the help of the Mangut drainage watercourse. An assessment of the state of the Mangut watercourse was carried out and basic measures were proposed to improve water throughput.

Key words: Flooding, underflooding, drainage watercourse, surface runoff, siltation, overgrowth.

References

1. Belonenko G.V., Tusupbekov ZH.A. Otsenka vetrovogo perenosa snega po dannym meteonablyudeniyy v zone vliyaniya transsibirskoy magistrali i federal'nykh avtodorog yuga zapadnoy Sibiri [Assessment of wind transport of snow based on meteorological observations in the zone of influence of the Trans-Siberian Railway and federal roads in the south of Western Siberia], 2014, № 1-2, P. 131-134 [in Russian]

2. GOST 17.1.1.02-77 «Okhrana prirody. Gidrosfera. Klassifikatsiya vodnykh ob'yektov». [Nature conservation. Hydrosphere. Classification of water bodies], Date of introduction: 07.01.78. Reissue, June 1992, Moscow: Gosstandart of Russia, 1992, 20 p. [in Russian]
3. Omskuyu oblast' perestanet topit', yesli Mangutskiy kanal zaberot Moskva. [The Omsk region will stop flooding if Moscow takes over the Mangut Canal], 2024. Available at: <https://omsk.aif.ru/society/omskuyu-oblast-perestanet-topit-esli-mangutskiy-kanal-zaberyot-moskva> (accessed: 02.03.2024).
4. Posobiye po opredeleniyu raschetnykh gidrologicheskikh kharakteristik [A guide to determining calculated hydrological characteristics], Gidrometeoizdat, Leningrad, 1984, p. 11-14. [in Russian]
5. Resursy poverkhnostnykh vod SSSR. Altay i Zapadnaya Sibir'. Nizhniy Irtysh i Nizhnaya Ob' [Surface water resources of the USSR. Altai and Western Siberia. Lower Irtysh and Lower Ob], Gidrometeoizdat, №3 (15), Leningrad, 1973, P. 28-34 [in Russian]
6. SP 104.13330.2016. Svod pravil. Inzhenernaya zashchita territorii ot zatopleniya i podtopleniya [Set of rules. Engineering protection of the territory from flooding and flooding], Updated version of SNIIP 2.06.15-85 [in Russian]
7. SP 11-103-97. Inzhenerno-gidrometeorologicheskiye izyskaniya dlya stroitel'stva [Engineering and hydrometeorological surveys for construction], Gosstroy of Russia, Moscow, 1997 [in Russian]
8. SP 131.13330.2020 Stroitel'naya klimatologiya [Construction climatology] (updated edition SNIIP 23-01-99*), Moscow, 2000 [in Russian]
9. SP 33-101-2003 Opredeleniye osnovnykh raschetnykh gidrologicheskikh kharakteristik. Gosstroy Rossii [Determination of the main calculated hydrological characteristics. Gosstroy of Russia]. Moscow, 2004 [in Russian]
10. Spravochnik po geologicheskim usloviyam sel'skokhozyaystvennogo vodosnabzheniya Nazyvayevskogo rayona Omskoy oblasti [Handbook on the geological conditions of agricultural water supply in the Nazyvayevsky district of the Omsk region], Omsk, 1983 [in Russian]
11. Tusupbekov ZH.A., Ryapolova N.L. Gidrologo-klimaticheskiye resursy uvlazhneniya regionov dlya zashchity ot zatopleniya i podtopleniya [Hydrological and climatic resources for moistening regions for protection against flooding and flooding], Geology, geography and global energy. Physical geography and biogeography, soil geography and landscape geochemistry (geographical sciences), № 1 (80), Astrahan, 2021, P. 102-108 [in Russian]
12. Nadtochiy V., Tusupbekov Zh., Ryapolova N., Ibraev M. Geocological assessment of the state of water bodies in the Irtysh river basin within the Omsk region. // E3S Web of Conferences. – 2023. – P. 411-415

13. Spravochnik po geologicheskim usloviyam sel'skokhozyaystvennogo vodosnabzheniya Nazyvayevskogo rayona Omskoy oblasti [Handbook on the geological conditions of agricultural water supply in the Nazyvaevsky district of the Omsk region], Omsk, 1983 [in Russian]

Сведения об авторах:

Тусупбеков Жанболат Ашикович – автор для корреспонденции, кандидат географических наук, доцент, Омский государственный аграрный университет имени П.А. Столыпина, Омск, Российская Федерация.

Казаков Василий Анатольевич – аспирант, Омский государственный аграрный университет имени П.А. Столыпина, Омск, Российская Федерация.

Шаранов Александр Анатольевич – аспирант, Омский государственный аграрный университет имени П.А. Столыпина, Омск, Российская Федерация.

Tusupbekov Zhanbolat Ashikovich – corresponding author, candidate of Geographical Sciences, Associate Professor, Omsk State Agrarian University named after P.A. Stolypin, Omsk, Russian Federation.

Kazakov Vasily Anatolyevich – graduate student, Omsk State Agrarian University named after P.A. Stolypin, Omsk, Russian Federation.

Sharapov Alexander Anatolyevich – graduate student, Omsk State Agrarian University named after P.A. Stolypin, Omsk, Russian Federation.



Copyright: © 2023 by the authors. Submitted for possible open access publication under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution (CC BY NC) license (<https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/>).

Бас редакторлары: **Э.Е. Копишев, Н.Е. Рамазанова, Ж.Г. Берденов**

Компьютерде беттеген: **Ж.Қ. Оспан**

Авторларға арналған нұсқаулықтар,
жарияланым этикасы журнал сайтында енгізілген: <http://bulchmed.enu.kz>

Л.Н. Гумилев атындағы Еуразия ұлттық университетінің Хабаршысы.
Химия. География. Экология сериясы.
– 4(145)/2023 – Астана: ЕҰУ. – 106 б.
Шартты б.т. – 7.5. Таралымы – 8 дана.
Басуға қол қойылды: 29.12.2023 ж.

Ашық қолданыстағы электронды нұсқа: <http://bulchmed.enu.kz>

Мазмұнына типография жауап бермейді

Редакция мекен-жайы:
010008, Қазақстан Республикасы Астана қ., Сәтбаев көшесі, 2.
Л.Н. Гумилев атындағы Еуразия ұлттық университеті
Тел.: +7(71-72) 70-95-00(ішкі 31-413)

