



ISSN 1560-5655

Ұ Л Т Т Ы Қ
М Е М Л Е К Е Т Т І К
Ғ Ы Л Ы М И - Т Е Х Н И К А Л Ы Қ
С А Р А П Т А М А О Р Т А Л Ы Ғ Ы

НАЦИОНАЛЬНЫЙ ЦЕНТР
ГОСУДАРСТВЕННОЙ
НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКОЙ
ЭКСПЕРТИЗЫ



Международная
научно-практическая
конференция
«Science and Business»
г. Алматы



ZHALYN



НАЦИОНАЛЬНАЯ
АКАДЕМИЯ НАУК

ПРИ ПРЕЗИДЕНТЕ РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН

ҚАЗАҚСТАН ҒЫЛЫМЫНЫҢ ЖАҢАЛЫҚТАРЫ

ҒЫЛЫМИ-ТЕХНИКАЛЫҚ ЖУРНАЛ

НОВОСТИ НАУКИ КАЗАХСТАНА

НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ЖУРНАЛ

2
2024



Ұлттық мемлекеттік ғылыми-техникалық
сараптама орталығы

Национальный центр государственной
научно-технической экспертизы

ҚАЗАҚСТАН ҒЫЛЫМЫНЫҢ
ЖАҢАЛЫҚТАРЫ
ҒЫЛЫМИ-ТЕХНИКАЛЫҚ ЖУРНАЛ

НОВОСТИ НАУКИ
КАЗАХСТАНА
НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ЖУРНАЛ

№ 2(161)

Алматы 2024

Научно-технический журнал «Новости науки Казахстана» публикует статьи по следующим направлениям фундаментальных и прикладных исследований: технические и сельскохозяйственные науки, науки о Земле, пищевая и перерабатывающая промышленность, экономика, науковедение, стандартизация и пр.

Журнал основан в 1989 г. и выходит 4 раза в год.

Предназначен для профессорско-преподавательского состава Вузов, докторов PhD, магистрантов, студентов и сотрудников научно-исследовательских институтов, предприятий и организаций, а также работников министерств и ведомств.

РЕДАКЦИОННЫЙ СОВЕТ

М.Т. Велямов (главный редактор), доктор биологических наук, профессор, академик МОН РК

Л.Н. Гребцова (редактор)

М.Д. Рублева (ответственный секретарь)

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ:

Р.Г. Бияшев, д.т.н., проф.;

К.А. Исаков, д.т.н.;

К.Д. Досумов, д.х.н., проф.;

С.Е. Соколов, д.т.н., акад. МАИН;

Б.Р. Ракишев, д.т.н., акад. НАН РК;

Ж.С. Алимкулов, д.т.н.;

Ю.А. Юлдашбаев, д.с.-х.н. (Россия);

М.А. Рахматуллаев, д.т.н. (Узбекистан);

А. Сладковски, д.т.н., проф. (Польша);

Д. Пажес, гл. специалист (Франция)

Республика Казахстан, 050026, г. Алматы,
ул. Богенбай батыра, 221
Тел./факс: +8 727 350-5501, 378-0549 (вн. 141),
e-mail: l.grebtsova@ncste.kz
m.rubleva@ncste.kz
Веб-сайт: vestnik.nauka.kz

СОДЕРЖАНИЕ

ХИМИЧЕСКИЕ ТЕХНОЛОГИИ

*Байсейтов Д.А., Тулепов М.И., Кудьярова Ж.Б., Мутушев А.Ж.,
Жұмахан Қ., Диханбаев К.К.*

Исследование физико-химических свойств углерод-кремниевого сорбента9

Муханов Д.К.

Получение карбонилсодержащих сопряженных микропористых полимеров и оптимизация условий реакции перекрестного связывания Бухвальда-Хартвига 18

*Нұралы Ә.М., Мутушев А.Ж., Айтжан М.У.,
Сейсенова А.Б., Кудьярова Ж.Б., Байсейтов Д.А.*

Изучение токсичности и безопасности углеродной массы гемосорбента33

*Мутушев А.Ж., Муханов Д.К., Нұралы Ә.М.,
Рысбаева Е.Ж.*

Синтез и выпуск новых санитарно-гигиенических средств, модифицированных нанокompозитами42

СЕЛЬСКОЕ И ЛЕСНОЕ ХОЗЯЙСТВО

*Есимситова З.Б., Конысбаева А.А., Токтар М., Акимбаева А.Б.,
Нұралы Ә.М.*

Экологические проблемы техногенного загрязнения земель в республике Казахстан63

БИОТЕХНОЛОГИИ

Рысбаева Е.Ж., Лесова Ж.Т., Асанова Н.

Методы получения и определения инулина и технологические параметры растений топинамбура *Helianthus tuberosus* L.77

Нуралин Р.Ш., Нуралы Д.Р., Екибаев Т.Р., Ашимов Н.Т., Есимсиитова З.Б.

Клеточные технологии в лечении критической ишемии нижних конечностей при сахарном диабете90

Нуралин Р. Ш., Нуралы Д.Р., Екибаев Т.Р., Ашимов Н.Т., Синявский Ю.А.

Скаффолд-биотехнологии в лечении синдрома диабетической стопы.....106

ПИЩЕВАЯ ПРОМЫШЛЕННОСТЬ

Абышева К.А., Алибаева Б.Н., Надирова С.А., Абжанова Ш.А., Лесова Ж.Т.

Изучение детоксикационных свойств пектинсодержащего шубата120

ЭКОЛОГИЯ

Полякова Г.Г., Соколова Н.В., Сенашева В.А., Подоляк Н.М.

Биоиндикация токсичности воздуха с помощью многолетнего мониторинга сосняков Красноярского мегаполиса133

МАЗМҰНЫ

ХИМИЯЛЫҚ ТЕХНОЛОГИЯ

*Байсейтов Д.А., Тулепов М.И., Кудьярова Ж.Б., Мутушев А.Ж.,
Жұмахан Қ., Диханбаев К.К.*

Көміртек-кремнийлі сорбенттің физикалық-химиялық қасиеттерін
зерттеу9

Муханов Д.К.

Құрамында карбонил бар конъюгацияланған
микрокеукті полимерлерді алу және Бухвальд-Хартвигтің айқаспалы
байланыс реакциясы жағдайларын оңтайландыру 18

*Нұралы Ә.М., Мутушев А.Ж., Айтжан М.У.,
Сейсенова А.Б., Кудьярова Ж.Б., Байсейтов Д.А.*

Гемосорбент көміртек массасының уыттылығы мен қауіпсіздігін
зерттеу33

*Мутушев А.Ж., Муханов Д.К., Нұралы Ә.М.,
Рысбаева Е.Ж.*

Нанокөміртермен модификацияланған жаңа санитарлық-
гигиеналық өнімдерді синтездеу және өндіру42

АУЫЛ ЖӘНЕ ОРМАН ШАРУАШЫЛЫҒЫ

*Есімсітова З.Б., Қонысбаева А.Ә., Токтар М., Акимбаева А.Б.,
Нұралы Ә.М.*

Қазақстан Республикасындағы жердің техногендік бастауының
экологиялық мәселелері.....63

БИОТЕХНОЛОГИЯЛАР

Рысбаева Е.Ж., Лесова Ж.Т., Асанова Н.

Helianthus tuberosus L. Топырық алмұрты өсімдігінен инулинді бөліп алу және технологиялық параметрлерін анықтау.....77

Нұралин Р.Ш., Нұралы Д.Р., Екібаев Т.Р., Әшімов Н.Т., Есімситова З.Б.

Қант диабетіндегі аяқ-қолдардың төменгі критикалық ишемиясын емдеудегі жасушалық технологиялар90

Нұралин Р.Ш., Нұралы Д.Р., Екібаев Т.Р., Әшімов Н.Т., Синяевский Ю.А.

Диабеттік табан синдромын емдеудегі скаффолд биотехнологиясы 106

ТАМАҚ ӨНЕРКӘСІБІ

Абышева К.А., Алибаева Б.Н., Надирова С.А., Абжанова Ш.А., Лесова Ж.Т.

Құрамында пектин бар шұбаттың детоксикациялық қасиеттерін зерттеу 120

ЭКОЛОГИЯ

Полякова Г.Г., Соколова Н.В., Сенашева В.А., Подоляк Н.М.

Красноярск мегаполисіндегі қарағайлы ормандарды ұзақ мерзімді бақылау арқылы ауаның уыттылығының биоиндикациясы 133

CONTENT

CHEMICAL TECHNOLOGY

*Baiseitov D.A., Tulepov M.I., Kudyarova Zh.B., Mutushev A.Zh.,
Zhumakhan K., Dikhanbayev K.K.*

Investigation of the physico-chemical properties of carbon-silicon
sorbent.....9

Mukhanov D.K.

Careful choice of carbonyl-containing cmps, and optimisation of
Buchwald-Hartwig crosscoupling reaction conditions..... 18

*Nuraly A.M., Mutushev A.Zh., Aitzhan M.U., Seisenova A.B.,
Kudyarova Zh.B., Baiseitov D.A.*

Studying the toxicity and safety of the carbon mass of hemosorbent ...33

Mutushev A.Zh., Mukhanov D.K., Nuraly A.M., Rysbayeva Ye.Zh.

Synthesis and production of new sanitary and hygienic products modified
with nanocomposites42

AGRICULTURE AND FORESTRY

*Yessimsiitova Z.B., Konysbayeva A.A., Toktar M., Akimbayeva A.B.,
Nuraly A.M.*

Ecological problems of technogenic land pollution in the republic of
Kazakhstan63

BIOTECHNOLOGY

Rysbayeva Ye.Zh., Lessova Zh.T., Assanova N.

Methods for the preparation and determination of inulin and technological parameters of jerusalem artichoke *Helianthus tuberosus* L.77

Nuralin R. Sh., Nuraly D.R., Ekibaev T.R., Ashimov N.T., Yessimsiitova Z.B.

Cell technologies in the treatment of critical lower limb ischemia in diabetes mellitus.....90

Nuralin R. Sh., Nuraly D.R., Ekibaev T.R., Ashimov N.T., Sinyavskii Yu.A.

Scaffold biotechnolgy in treatment of diabetic foot syndrome106

FOOD INDUSTRY

Abyshva K.A., Alibayeva B.N., Nadirova C.A., Abzhanova Sh.A., Lessova Zh.T.

Development of technology for functional pectin containing shubat and studying its detoxification properties.....120

ECOLOGY

Polyakova G.G., Sokolova N.V., Senasheva V.A., Podolyak N.M.

Bioindication of air toxicity by long-term monitoring of the krasnoyarsk metropolitan area pine forests133

Байсейтов Д.А.^{1,2}, Тулепов М.И.^{1,3}, Кудьярова Ж.Б.^{1,3},
Мутушев А.Ж.¹, Жұмахан Қ.¹, Диханбаев К.К.^{1,3}

¹Научный производственно-технический центр «Жалын»,
г. Алматы, Казахстан

²Казахский национальный педагогический университет им. Абая,
г. Алматы, Казахстан

³Казахский национальный университет им. аль-Фараби,
г. Алматы, Казахстан

ИССЛЕДОВАНИЕ ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИХ СВОЙСТВ УГЛЕРОД-КРЕМНИЕВОГО СОРБЕНТА

Аннотация. Одним из методов контроля за распространением воздушно-капельных респираторных патогенов в закрытых общественных пространствах является использование бактерицидных фильтров для вентиляционных систем очистки воздуха с целью эффективного удаления патогенных микроорганизмов из воздушной среды. Данная работа направлена на исследование физико-химических характеристик исходного карбонизованного углерод-кремниевого сорбента, используемого в качестве основного материала фильтра. На основании проведенного элементного анализа исходного сорбента установлено, что в составе содержится 87% атома углерода, а доля кремния составляет 1,75%. Остальные элементы составили очень в малом количестве. По результатам проведенного термогравиметрического исследования углерод-кремниевого сорбента установлено, что карбонизация сорбента происходит в четыре стадии. Результат электронно микроскопического исследования образца углерод-кремниевого сорбента показал, что он имеет чистую структуру.

Ключевые слова: углерод-кремниевый сорбент, элементный анализ, рисовая шелуха, карбонизат, бактерицидные фильтры.

Работа выполнена при финансовой поддержке Министерства науки и высшего образования Республики Казахстан в рамках проекта AP19676747 «Разработка бактерицидных углерод-кремниевых фильтров для очистки воздуха».

Түйіндеме. Ауа ортасынан патогенді микроорганизмдерді тиімді жою мақсатында Ауаны тазартатын желдету жүйелеріне арналған бактерицидтік фильтрлерді пайдалану жабық қоғамдық кеңістіктерде ауа-тамшылы респираторлық патогендердің таралуын бақылау әдістерінің бірі болып табылады. Бұл жұмыс негізгі фильтр материалы ретінде пайдаланылатын бастапқы көміртекті-кремний сорбентінің физика-химиялық сипаттамаларын зерттеуге бағытталған. Бастапқы сорбенттің элементтік талдауы бойынша, оның құрамында 87% көміртек атомы, ал кремнийдің үлесі 1,75 % болатындығы анықталды. Қалған элементтер өте аз мөлшерде болды. Көміртек-кремнийлі сорбенттің термогравиметриялық зерттеуінің нәтижелері бойынша, сорбенттің карбонизациясы төрт сатыда жүретіні анықталды. Көміртек-кремнийлі сорбенті үлгісін электронды микроскопиялық зерттеудің нәтижесі оның ұяшықты құрылымды екенін көрсетті.

Түйінді сөздер: көміртекті-кремнийлі сорбент, элементтік анализ, күріш қауызы, карбонизат, бактерицидтік фильтрлер.

• • •

Abstract. One of the methods of controlling the spread of airborne respiratory pathogens in enclosed public spaces is the use of bactericidal filters for ventilation air purification systems in order to effectively remove pathogenic microorganisms from the air environment. Based on the conducted elemental analysis of the initial sorbent, it was found that the composition contains 87% of the carbon atom, and the proportion of silicon is 1,75%. The remaining elements were made up in very small quantities. According to the results of the thermogravimetric study of the carbon-silicon sorbent, it was found that the carbonization of the sorbent occurs in four stages. The result of electron microscopic examination of a carbon-silicon sorbent sample showed that it has a cellular structure.

Key words: carbon-silicon sorbent, elemental analysis, rice husk, carbonizate, bactericidal filters.

Введение. Материалы растительного происхождения, накапливающиеся в значительном количестве в виде отходов сельскохозяйственного производства, представляют практический интерес в качестве сырья для получения сорбентов, которые могут использоваться для решения многих экологических задач: очистки сточных вод, газовых выбросов, грунта, воздуха и т.д. [1, 2]. Низкая стоимость, достаточно простая технология приготовления сорбентов стимулируют исследования, направленные на получение новых адсорбционно-активных материалов из растительного сырья. Использование

этих материалов для производства сорбентов, позволяет совмещать ликвидацию отходов сельскохозяйственного производства с природоохранной деятельностью. Традиционные технологии получения углеродных адсорбентов включают две стадии термической обработки углеродсодержащего сырья - карбонизация (пиролиз) и активация (газификация), в процессе которых формируется структура адсорбирующих пор [3-6]. Сорбенты на основе рисовой шелухи обладают уникальной возможностью эффективно сорбировать радионуклиды и тяжелые металлы. В [7] также апробирована сорбция редкоземельных металлов из модельных растворов. В последние годы в качестве нефтесорбента предлагается использовать сорбенты из отходов растительного сырья после его физико-химической обработки. В частности, наблюдается большой интерес к применению шелухи как нефтесорбента [7]. Эффективность использования уже разработанных сорбентов на основе растительного сырья достаточно высока. Углерод-кремниевые сорбенты на основе карбонизированной рисовой шелухи используются для получения бактерицидных фильтров, для систем воздушной фильтрации в закрытых общественных пространствах, с целью снижения рисков распространения респираторной инфекции у людей. Исследования в данном направлении позволили создать производственную линию для получения данного вида активированного угля и выпускать продукцию на его основе [8].

Цель работы - исследование физико-химических свойств углерод-кремниевого сорбента, используемого в качестве основы бактерицидных фильтров для очистки воздуха.

Методы исследований. В качестве исходного материала носителя предлагаемых к разработке фильтров использовался углерод-кремниевый сорбент на основе рисовой шелухи. Выбор рисовой шелухи обусловлен тем, что в состав данного сырья входит целлюлоза, лигнин и минеральная зола, состоящая на 92-97% из диоксида кремния, представляющие из себя полезные вещества для организма человека. Сырье из рисовой шелухи относится к быстро возобновляемым источникам и является экологически чистым.

Термогравиметрические исследования выполнены при следующих условиях эксперимента: навеска образца – (0,3-0,03 г); измельчение аналитическое; керамический тигель с крышкой высотой 15 мм диаметром 5 мм. Обработка дериватограмм включала анализ термограмм. Потерю массы образца при заданной температуре определяли согласно кривой термогравиметрии. Изменения поверхности

и структуры выявляли с помощью сканирующего электронного микроскопа NtegraTherma с режимами освещения - «на просвет» и «на отражение».

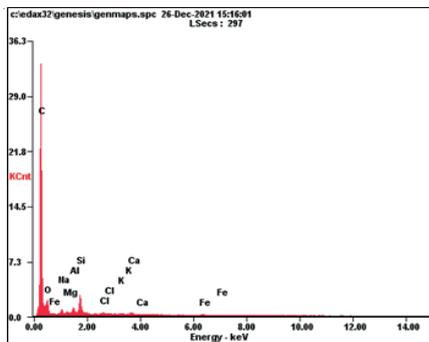
Результаты и обсуждение. Химический состав и основные свойства используемой рисовой шелухи были изучены в Институте проблем горения. Данные представлены в таблице 1.

Таблица 1. Химический состав рисовой шелухи по результатам рентгеноспектрального анализа (% мас.)

Компонент	Содержание, % (масс)
Вода	3,75 – 24,08
Зола	11,86 – 31,78
Пентозан	4,52 – 37,0
Целлюлоза	34,32 – 43,12
Лигнин	19,2 – 46,97
Протеин	1,21 – 8,75
Жиры	0,38 – 6,62

Структурной особенностью углеродных микропористых сорбентов, получаемых из любого органического растительного сырья карбонизацией, является то, что они отличаются от других высокопористых материалов, таких как кокс, пемза или графит, отличие состоит в том, что они содержат развитую систему микропор (эквивалентный радиус $r < 0,6 - 0,7$ нм) и супермикропор ($0,6 - 0,7 < r < 1,5 - 1,6$ нм) [9-11].

По данным элементного анализа рисовой шелухи установлено (рисунок 1), что наибольшее количество углерода в карбонизированном монолите содержится 86,57% атома и доля кремния составляет 1,75%. Так как отжиг проведен при температуре 850°C, то содержание кислорода составило до 9%. Остальные щелочные металлы составили в очень малом количестве.



Element	Wt%	At%
C	86.57	91.06
O	8.92	7.04
Na	0.64	0.35
Mg	0.13	0.07
Al	0.65	0.30
Si	1.75	0.79
Cl	0.29	0.10
K	0.22	0.07
Ca	0.34	0.11
Fe	0.49	0.11
Matrix	Correction	ZAF

Рисунок 1 – Элементный анализ карбонизованной рисовой шелухи

Для установления механизма превращения углеводной части были проведены термогравиметрические исследования карбонизата рисовой шелухи (рисунок 2).

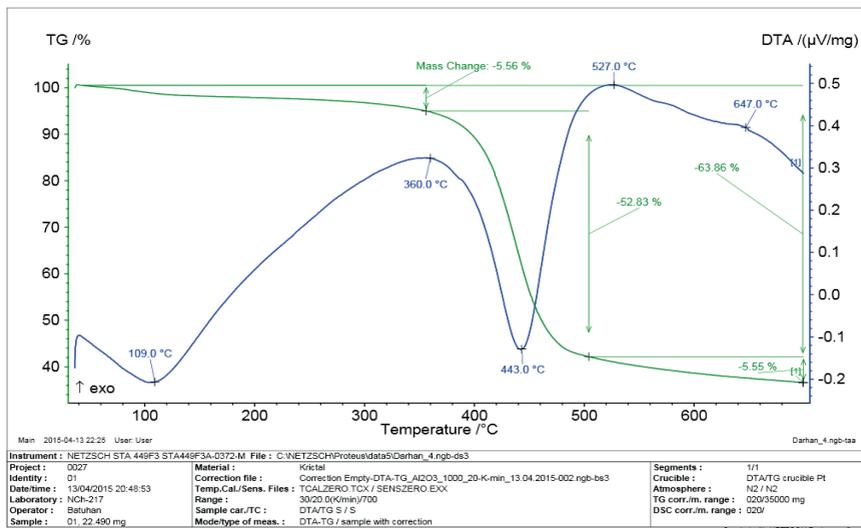


Рисунок 2 – Термогравиметрические исследования карбонизата рисовой шелухи

Так карбонизация целлюлозы протекает в четыре стадии. В ходе первой стадии при 25...110°C происходит десорбция влаги с поверх-

ности, и возможна дегидратация за счет образования воды из гидроксильных и водородных групп. Вторая стадия протекает в интервале температур 150...360°C и сопровождается внутримолекулярной деструкцией. Интервал температур 360...443°C соответствует третьей стадии карбонизации.

В данном интервале температур протекают процессы деструкции макромолекул, что приводит к распаду исходных полимеров на отдельные кольца и образованию фрагментов C_4 (- CH= CH- CH= CH-) одновременно с деполимеризацией, что повышает выход летучих смолистых веществ и уменьшает конечное содержание углерода. Основными процессами четвертой стадии (443...700°C) является ароматизация с выделением водорода и конденсацией фрагментов C_4 в «углеродный полимер». Как видно из рисунка 3, карбонизованная рисовая шелуха имеет ячеичную структуру.

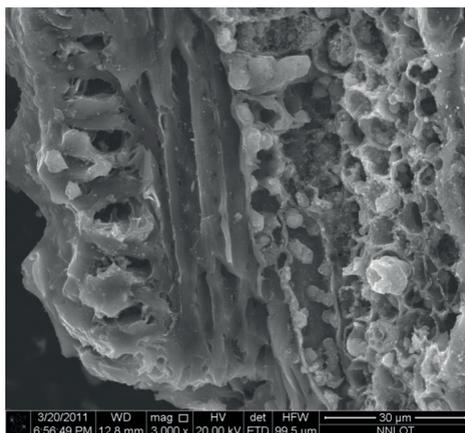


Рисунок 3 – СЭМ снимок карбонизованной рисовой шелухи

Таким образом, анализ результатов физико-химических характеристик углерод-кремниевого сорбента позволяет оценить их эффективность использования качестве основы бактерицидных фильтров для очистки воздуха.

Закключение. Были исследованы физико-химические свойства углерод-кремниевого сорбента. По данным элементного анализа установлено, что наибольшее количество углерода в карбонизированном монолите содержится 86,57% атома и доля кремния составляет 1,75%. Установлено, что карбонизация углерод-кремниевого

сорбента протекает в четыре стадии. Из СЭМ анализа карбонизованной рисовой шелухи видно, что она имеет ячеистую структуру.

Список литературы

1 Никонов Т.К., Бурковская Л.Ф., Артамонова Н.А., Челохсаева Л.Г. Химический состав и биологическая активность продуктов пиролиза рисовой шелухи // Гидролиз и лесохимическая промышленность. – 1990. — № 7. – С. 18-21.

2 Даришева А. Сорбенты нефтепродуктов для поверхностных вод: со стоянием перспективы. [Электронный ресурс] / Электрон. дан., 2014 — Режим доступа: <http://www.irea.org.ru>.

3 Лимонов Н.В. Физико-химические исследования углеродсодержащих материалов – основа технологии углеродных сорбентов // Российский химический журнал. – 1995. — № 6. – С. 104-110.

4 Иванченко А.В. Парогазовая активация лиственничного угля // Гидролизная и лесохимическая промышленность. – 1980. — № 7. – С. 14-16.

5 Zhu Yuwen. Preparation of activated carbons for SO₂ adsorption by CO₂ and steam activation // Journal of the Taiwan Institute of Chemical Engineers. – 2012. — № 1(43). – P. 112-119.

6 Суринова С.И. Развитие пористой структуры углеродных адсорбентов в процессе активации // Химия твердого топлива. – 1986. — №1. – С. 118-121.

7 Бельков В.М. Методы глубокой очистки сточных вод от нефтепродуктов. – М: Наука, 1998. – 225 с.

8 Нуралиев М.А., Баешов Б.Б., Досымбетова М.И., Аблайханова Н.Т., Павлюков А.Б. Биохимические и морфологические изменения в системе мочевого выделения на фоне применения биологически активной добавки «Фитосорб - Алтын жебе» // ҚР ҰҒА хабарлары = Изв. НАН РК. Сер. биологическая и медицинская. – 2017. — № 6. – С. 59-64.

9 Мухин В.М. Активные угли России. – М.: Металлургия, 2000. – 352 с.

10 Кинле Х. Активные угли и их промышленное применение. – Л.: Химия, 1984. – 216 с.

11 Товбин Ю.К. Молекулярная адсорбция в пористых телах. – М.: ФИЗМАТЛИТ, 2012. – 624 с.

References

1 Nikonov T.K., Burkovskaya L.F., Artamonova N.A., Shelohsaeva L.G. Himicheskij sostav i biologicheskaya aktivnost' produktov piroliza risovoj sheluhi // Gidroliz i lesohimicheskaya promyshlennost'. – 1990. — № 7. – S. 18-21.

2 Darisheva A. Sorbenty nefteproduktov dlya poverhnostnyh vod: so stoyaniem

perspektivy. [Elektronnyj resurs] / Elektron. dan., 2014 — Rezhim dostupa: <http://www.irea.org.ru>.

3 *Limonov N.V.* Fiziko-himicheskie issledovaniya uglerodsoderzhashchih materialov – osnova tekhnologii uglerodnyh sorbentov // Rossijskij himicheskij zhurnal. – 1995. — № 6. – S. 104-110.

4 *Ivanchenko A.V.* Parogazovaya aktivaciya listvennichnogo uglya // Gidroliznaya i lesohimicheskaya promyshlennost'. – 1980. — № 7. – S. 14-16.

5 *Zhu Yuwen.* Preparation of activated carbons for SO₂ adsorption by CO₂ and steam activation // Journal of the Taiwan Institute of Chemical Engineers. – 2012. — № 1(43). – P. 112-119.

6 *Surinova S.I.* Razvitie poristoj struktury uglerodnyh adsorbentov v processe aktivacii // Himiya tverdogo topliva. – 1986. — №1. – S. 118-121.

7 *Bel'kov V.M.* Metody glubokoj ochistki stochnyh vod ot nefteproduktov. – M: Nauka, 1998. – 225 s.

8 *Nuraliev M.A., Baeshov B.B., Dosymbetova M.I., Ablajhanova N.T., Pavlyukov A.B.* Biohimicheskie i morfologicheskie izmeneniya v sisteme mochevydeleniya na fone primeneniya biologicheski aktivnoj dobavki «Fitosorb - Altyn zhebe» // ҚР ҰҒА habarlary = Izv. NAN RK. Ser. biologicheskaya i medicinskaya. – 2017. — № 6. – S. 59-64.

9 *Muhin V.M.* Aktivnye ugli Rossii. – M.: Metallurgiya, 2000. – 352 s.

10 Kinle H. Aktivnye ugli i ih promyshlennoe primenenie. – L.: Himiya, 1984. – 216 s.

11 *Tovbin YU.K.* Molekulyarnaya adsorbciya v poristyh telah. – M.:FIZMATLIT, 2012.– 624 s.

Сведения об авторах:

Байсейтов Даурен Алмасович – Ph.D., старший преподаватель, Обработка данных; Обсуждение; Подготовка рукописи. dauren_b91@mail.ru.

Тулупов Марат Изтлеуович – кандидат химических наук, ассоциированный профессор, Поиск литературы, обсуждение. tulepov@rambler.ru.

Кудьярова Жанар Баймахановна - кандидат химических наук, старший преподаватель, Обсуждение, поиск литературы. zhanar_kudyarova@mail.ru

Мутушев Алибек Жумабекович – Ph.D., Обработка данных, Обсуждение. alibek_090@mail.ru

Жумахан Кайрат – докторант, научный сотрудник, Эксперимент, kairat_zhumahan@mail.ru

Диханбаев Кадыржан Кенжеевич – доктор физико-математических наук, профессор, Эксперимент, Дискуссия. dkadyrjan@mail.ru

Авторлар туралы мәліметтер

Байсейітов Даурен Алмасұлы – м.ғ.к., аға оқытушы, Мәліметтерді өңдеу; Талқылау; Қолжазбаны дайындау. dauren_b91@mail.ru.

Төлепов Марат Ізтілеуұлы – химия ғылымдарының кандидаты, доцент, Әдебиет іздеу, талқылау. tulepov@rambler.ru.

Құдиярова Жанар Баймаханқызы – химия ғылымдарының кандидаты, аға оқытушы, Пікірталас, әдебиеттерді іздеу. zhanar_kudiyarova@mail.ru

Мутушев Әлібек Жұмабекұлы – п.ғ.д., Деректерді өңдеу, Талқылау. alibek_090@mail.ru

Жұмахан Қайрат – докторант, ғылыми қызметкер, Эксперимент, kairat_zhumahan@mail.ru

Диханбаев Қадыржан Кенжеұлы – физика-математика ғылымдарының докторы, профессор, Эксперимент, талқылау. dkadyrjan@mail.ru

Information about the authors

Baiseitov Dauren Almasovich – Ph.D., senior lecturer, Data processing; Discussion; Preparation of the manuscript. dauren_b91@mail.ru.

Tulepov Marat Iztleuovich – Candidate of Chemical Sciences, Associate Professor, Literature search, discussion. tulepov@rambler.ru.

Kudiyarova Zhanar Baimakhanovna – candidate of chemical sciences, senior lecturer, Discussion, literature search. zhanar_kudiyarova@mail.ru

Mutushev Alibek Zhumabekovich – Ph.D., Data processing, Discussion. alibek_090@mail.ru

Zhumakhan Kairat – doctoral student, researcher, Experiment, kairat_zhumahan@mail.ru

Dikhanbaev Kadyrzhan Kenzheevich – Doctor of Physical and Mathematical Sciences, Professor, Experiment, Discussion. dkadyrjan@mail.ru

Муханов Д.К.¹

¹Научный производственно-технический центр «Жалын», г.Алматы, Казахстан

ПОЛУЧЕНИЕ КАРБОНИЛСОДЕРЖАЩИХ СОПРЯЖЕННЫХ МИКРОПОРИСТЫХ ПОЛИМЕРОВ И ОПТИМИЗАЦИЯ УСЛОВИЙ РЕАКЦИИ ПЕРЕКРЕСТНОГО СВЯЗЫВАНИЯ БУХВАЛЬДА- ХАРТВИГА

Аннотация. В данном исследовании были синтезированы новые, богатые азотом сопряженные микропористые полимеры с использованием реакции кросс-сочетания Бухвальда-Хартвига. Синтезированные полимеры были подвергнуты характеристизации с использованием различных методов, включая рентгеновскую дифрактометрию (XRD), ультрафиолетовую, видимую, ближнюю инфракрасную (UV-Vis-NIR) спектроскопию, преобразование Фурье инфракрасную (FT-IR) спектроскопию, определение общей площади поверхности по методу БЭТ и определение методом и распределения пор по размерам (PSD) с использованием нелокальной теории функционала плотности (НЛДФТ). Результаты предоставляют важную информацию о структуре и свойствах синтезированных материалов, что способствует более глубокому пониманию их характеристик. Полученные характеристики материала позволяют судить о качестве и чистоте полученных полимеров, что важно для дальнейших исследований, а также служить основой для разработки новых методов синтеза или улучшения существующих технологий.

Ключевые слова: Сопряженные микропористые полимеры, реакция кросс-сочетания Бухвальда-Хартвига, пористые органические материалы, синтез.

• • •

Түйіндеме. Бұл зерттеу Бухвальд-Хартвиг кросс-комбинация реакциясын қолдана отырып, азотқа бай жаңа конъюгацияланған микро кеуекті полимерлерді синтездеді. Синтезделген полимерлер әртүрлі әдістерді, соның ішінде рентгендік дифрактометрияны (XRD), ультрақұлгін, көрінетін, инфрақызылға жақын (UV-Vis-NIR) спектроскопияны, Фурье инфрақызыл (FT-IR) спектроскопияны, бет әдісімен жалпы бетінің ауданын анықтауды және өлшем бойынша кеуектердің таралуын (PSD) анықтауды қолдана отырып жергілікті емес тығыздық функционалды теориясын (NLDFT) қолдану сипатталды. Нәтижелер синтезделген материалдардың құрылымы мен

қасиеттері туралы маңызды ақпарат береді, бұл олардың сипаттамаларын тереңірек түсінуге ықпал етеді. Алынған материалдың сипаттамалары алынған полимерлердің сапасы мен тазалығын бағалауға мүмкіндік береді. Бұл әрі қарайғы зерттеулер үшін маңызды, сонымен қатар жаңа синтез әдістерін жасауға немесе қолданыстағы технологияларды жақсартуға негіз болады.

Түйінді сөздер: Конъюгацияланған микрокеукті полимерлер, Бухвальд-Хартвиг кросс-комбинация реакциясы, кеукті органикалық материалдар, синтез.

• • •

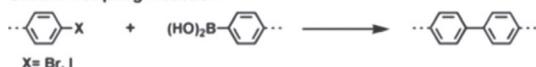
Abstract. In this study, new nitrogen-rich conjugated microporous polymers were synthesized using the Buchwald-Hartwig cross-coupling reaction. The synthesized polymers were characterized using various methods, including X-ray diffraction (XRD), ultraviolet-visible-near-infrared (UV-Vis-NIR) spectroscopy, Fourier transform infrared (FT-IR) spectroscopy, Brunauer-Emmett-Teller (BET) surface area analysis, and pore size distribution (PSD) determination using non-local density functional theory (NLDFT). The results provide important information about the structure and properties of synthesized materials, which contributes to a deeper understanding of their characteristics. The obtained characteristics of the material allow us to judge the quality and purity of the obtained polymers, which is important for further research, as well as serve as a basis for the development of new synthesis methods or improvement of existing technologies.

Key words: Conjugated microporous polymers, Buchwald-Hartwig cross-combination reaction, Porous organic materials, synthesis.

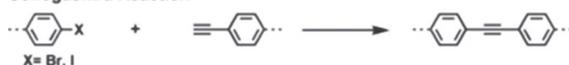
Введение. Сопряженные микропористые полимеры (СМП) – это класс аморфных пористых органических материалов, которые связывают строительные блоки в π-сопряженной системе, образуя трехмерные сети [1]. Их структурные характеристики не имеют аналогов среди других пористых материалов [1]. Начиная с 2007 г., когда Соорег и соавт. опубликовали подробную информацию о том, что такое микропористые полимеры из поли(арилэнэтинилена) таким образом, СМП стали важным подклассом пористых материалов. Большое разнообразие способов синтеза СМП сделало их интересными для разработки новых органических материалов с различными свойствами. Конструктивный дизайн открыл новые возможности в области хранения и разделения газов, оптоэлектронных свойств [2], светоизлучения [3], катализа [4] и накопления энергии [5]. В этом исследовании СМП используются в качестве электродных материалов для литий-ионных аккумуляторов благодаря целому ряду свойств [6]. Во-первых, ми-

крупористость обеспечивает быструю транспортировку ионов электролита [1,6]. Во-вторых, π-сопряженная пористая структура может быть модифицирована для настройки свойств материалов. Наконец, еще одним уникальным свойством СМП является большая площадь поверхности, которая создает больше активных участков [7] и обеспечивает высокую емкость [8]. В настоящее время существует множество методов синтеза СМР. В основном они состоят из реакций соединения CN и CC, таких как реакции Сузуки, Соногаширы-Хагихары и Бухвальда-Хартвига [9]. В ходе этого процесса образуются прочные ковалентные связи, и, кроме того, образуются π-сопряженные структуры созданы системы, которые способствуют обеспечению высокой термической и химической стабильности, (рисунок 1) впервые СМР-1 синтезировала органические сопряженные поли (арилэтиленовые) полимеры, используя соединение Соногаширы-Хагихара [10]. Эти полимеры являются микропористыми и имеют удельную площадь поверхности до 834 м²/г-1,60 В 2014 г. компания Fault group сообщила о синтезе сопряженных микропористых полит-трифениламиновых

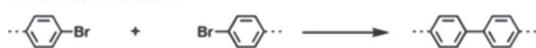
Suzuki Coupling Reaction



Sonogashira Reaction



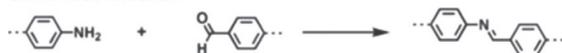
Yamamoto Reaction



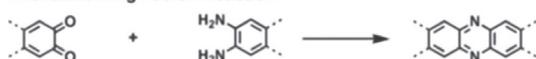
Oxidative Coupling Reaction



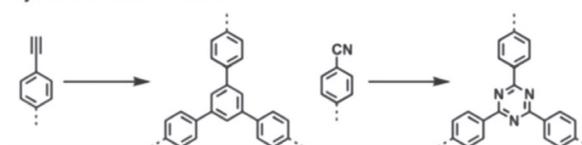
Schiff-base Reaction



Phenazine Ring Fusion Reaction



Cyclotrimerization Reaction



(ПТА) сеток с площадью поверхности до 530 м²/г-1 с использованием соединения ВН (рисунок 2) [11]. Разработка и синтез этих по своей природе микропористых материалов были начаты в 2014 г. основан на сопряженных полимерных сетках из ядра из бромида трифениламина и выбранных ариламиновых линкеров.

Рисунок 1 – Синтетические методы получения СМП

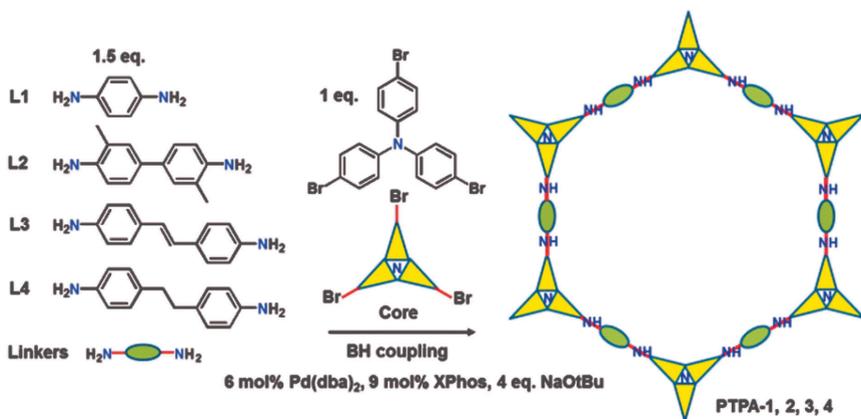


Рисунок 2 – Синтетический способ получения, сопряженного микропористого РТРА [11]

В данном исследовании была использована полимеризация методом перекрестного связывания Бухвальда-Хартвига, которая является простым методом синтеза СМГ. Основной целью этого метода является получение связи C-N путем взаимодействия арилгалогенидов и аминов [12, 13]. В качестве катализатора был использован дибензиллиденацетон палладия Pd(dba)₂, поскольку он стабилен при выдержке на воздухе. В этом сборнике лиганды dba стабилизируют Pd(0) и обеспечивают возможность обмена лигандами для получения более эффективного катализатора. XPhos представляет собой трехвалентную систему соединений фосфора и действует как σ-донорный лиганд с неразделенной электронной парой. Эти свойства придает растворимость и стабилизацию металлоорганическим комплексам, образуя комплексы с различными видами переходных металлов, включая переходные металлы последнего периода. Кроме того, он используется для контроля реакционной способности и селективности реакций, стимулируемых переходными металлами. Часто фосфиновые лиганды с высокой электронной плотностью повышают реакционную способность окислительного присоединения из металлического центра, а их объемность улучшает их способность к восстановительному элиминированию. Механизм и каталитический цикл реакции перекрестного связывания BH можно увидеть на рисунке 3. Перед началом каталитического цикла необходимо активировать катализатор. Лиганды dba в Pd0(dba)₂ заменяются на Xphos. Такая манипуляция повышает

электронную плотность палладия, что увеличивает скорость окислительного присоединения. После создания каталитического комплекса окислительное добавление арилбромида к катализатору Pd-L приводит к образованию соединений Pd(II). Затем ариламинная группа координируется с палладием и образует положительно заряженный азот, что приводит к депротонированию основания и выпадению NaBr в осадок. Наконец, происходит стадия восстановительного удаления для получения целевого ариламина и регенерации катализатора, возвращающего его в исходное состояние.

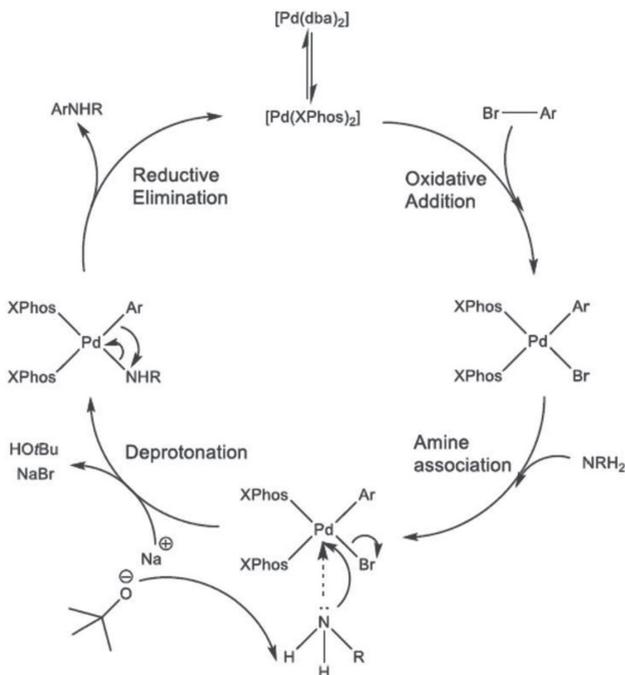


Рисунок 3 – Каталитический цикл и механизм реакции перекрестного взаимодействия Бухвальда-Хартвига [12]

Методы исследования. Реакции кросс-сочетания Бухвальда-Хартвига (BH) были использованы для синтеза сопряженных микропористых полимеров. Для этого типа использовались следующие дополнительные материалы и реагенты. В этом исследовании использовались два основных материала: трис (4-бромфенил)

амин (TBPA) и в качестве линкеров 2,6-диаминоантрахинон (DAAQ). (Рисунок 4).

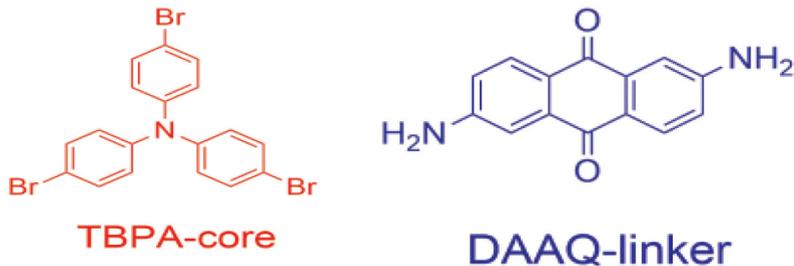


Рисунок 4 – Основные материалы

В качестве катализатора использовали бис(дибензилиденацетон) палладий (0) (Pd(dba)) и 2-дициклогексилфосфино-2',4',6'-триизопрропилбифенил (XPhos) в качестве лиганда и трет-бутоксид натрия в качестве основания. Все исходные материалы и химикаты для реакции кросс-сочетания ВН были заказаны у компании Merck и использованы в качестве полученных. Сухие растворители были собраны в синтетической лаборатории Школы химии. Параметры реакции, такие как соотношение реагентов и растворителя, были оптимизированы для достижения высокого выхода и большую площадь поверхности. Также было исследовано влияние соли на пористость полимеров. в качестве исходного материала для оптимизации были выбраны большое ядро TBPA и длинный линкер DAAQ, Схема 2-1. Синтезы проводили при трех различных соотношениях ядро: линкер: 1:1,5, 1:2 и 1,5:1 и с двумя растворителями: толуолом и тетрагидрофураном (ТГФ). Более подробная информация относительно эти параметры представлены в Таблице 1.

Таблица 1. Оптимизация условий реакции перекрестного взаимодействия Бухвальда-Хартвига (ВН)

Схема реакции	Условия	Соотношения
TBPA+DAAQ	Растворитель толуол, 48 ч., 110°C	PPAAQ 1:1.5
		PPAAQ 1:1.5
		PPAAQ 1:1.5

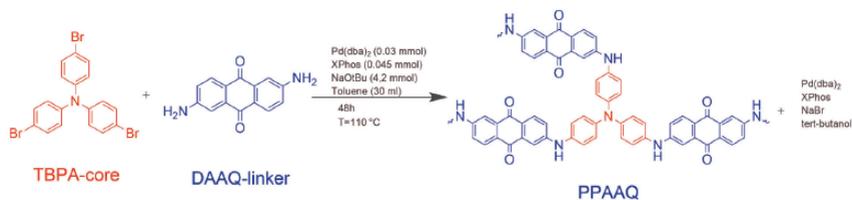


Рисунок 5 – Синтез полифениламиноантрахинона, PPAAQ

В данном исследовании определение изотерм физической сорбции осуществлялась с помощью газового прибора Autosorb iQ, адсорбционного анализатора от Quantachrome. Весь процесс анализа можно разделить на три этапа: дегазацию пробы, манометрический анализ и обработку данных. После начальной стадии сушки и дегазации на линии Шленка при высокой температуре (140°C) и сниженном давлении образцы загружаются в ячейки и подвергаются воздействию высокого вакуума при повышенной температуре для удаления газов и остатков растворителя. Чтобы обеспечить воспроизводимость изотерм, все образцы дегазируются при температуре 70°C в течение 20 ч. со скоростью нагрева 1 град. в минуту.

Характерные пики колебаний, принадлежащие ядру и линкеру, обнаруживаются методом преобразующей инфракрасной (FTIR) спектроскопии. Анализ проводится на спектрометре PerkinElmer Spectrum 100. Кристалличность полученных СМП определяется методом порошковой рентгеновской дифрактометрии (PXRD) с использованием прибора Bruker D8 Advance. Твердотельные спектры ультрафиолетового и видимого ближнего инфракрасного диапазона (УФ-видимый/БИК) получаются с использованием спектрометра Shimadzu УФ-2600.

Результаты и обсуждение. PPAAQ был синтезирован посредством реакции кросс-сочетания Бухвальда Хартвига (BH) между ТВРА и DAAQ в качестве ядра и линкера (структуры, рисунок 5) соответственно. Хинон группы из этого материала продемонстрировали высокую теоретическую способность хранения энергии, настраиваемую окислительно-восстановительные потенциалы и быстрая кинетика для приложений хранения энергии, что делает его привлекательным стартовым Материалом. Полимеры на основе антрахинона продемонстрировали превосходные электрохимические характеристики, повышенная химическая стабильность и облегчение окислительно-восстановительной кинетики в аналогичных приложениях. С точки зрения химии реакция BH открывает простой путь к образованию

углерод-азотные связи между арилгалогенидами и аминами. Здесь был использован Диаминовый линкер на основе антрахинона (DAAQ) и различные тригалогенидные ядра (TBPA). Хорошая пористость и четко выраженная окислительно-восстановительная активность СМГ могут быть разумно спроектированы, что делает их исключительно подходящими для электрохимических применений. Реакция кросс-сочетания между DAAQ и TBPA в толуоле привела к образованию гибридного соединения. PPAAQ-толуол в виде темно-коричневого нерастворимого порошка, выход около 40%. FTIR, XRD и UVVIS/БИК-анализы использовали для подтверждения успешной реакции сочетания и обсуждаются ниже. Исследование показало, что полученный материал обладает высокой степенью структурной и химической однородности.

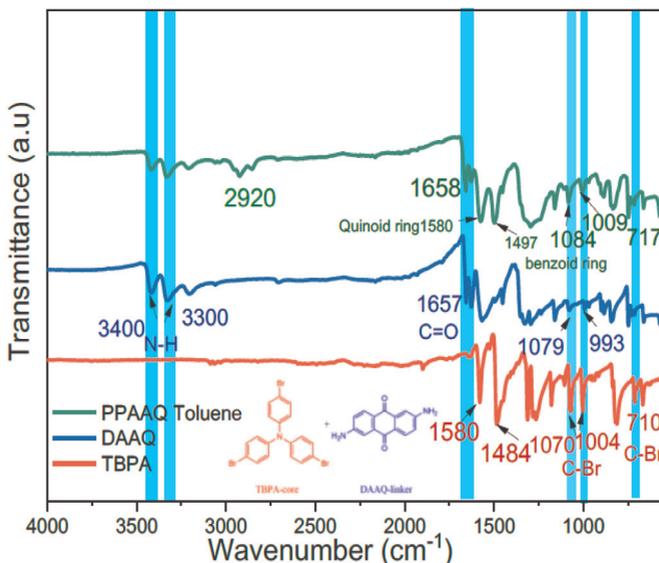


Рисунок 6 – ИК-Фурье-спектр PPAAQ

Образование СМР PPAAQ-толуол было подтверждено инфракрасным преобразованием Фурье (FT-IR) спектроскопия. На рисунке 6 хорошо видно, что пики достигаются при 710, 1004 и 1070 см⁻¹. относятся к частотам колебаний валентного движения C-Br, которые отсутствуют или сильно ослаблены в продуктах. Слабые пики при 1085, 1009 и

717 см^{-1} относятся к СН. при плоских и внеплоских деформационных колебаниях бензоидных колец соответственно. Пик поглощения при 1658 см^{-1} соответствует валентному колебанию С=О хиноновой группы. Два пика при 1580 и 1497 см^{-1} связаны с растяжением С-С хиноида и бензоида. кольца соответственно. Кроме того, валентное колебание С=О ацетильной группы, указывающий на присутствие DAAQ в структуре. Также на спектре наблюдается пик при 1256 см^{-1} , который может быть связан с колебаниями С-N связей, что также подтверждает формирование целевого продукта. В целом, спектроскопические данные подтверждают успешную реакцию кросс-сочетания и образование желаемого сопряженного микропористого полимера PPAQ.

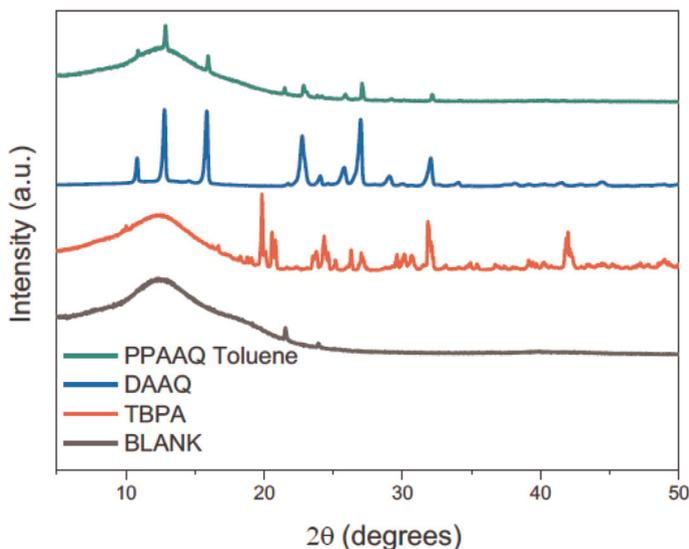


Рисунок 7 – Рентгенограмма PPAQ, исходных материалов и холостого образца

Холостое измерение использовалось для контроля качества, подтверждающего отсутствие каких-либо отклонений веществ, которые могут помешать анализу. Порошковая рентгеновская дифракция PPAQ-толуола показывает, что для полимеров получена аморфная структура (рисунок 7), типичная для пористых органических полимеров, полученных в необратимых условиях. Однако некоторые пики от

исходного материала (DAAQ), имеющего кристаллическую структуру, все еще присутствуют в конечном продукте, даже после обширной экстракции Сокслета. Широкий пик при $2\theta=15$ указывает на повторяющиеся единицы внутри полимерных цепей и может отражать степень полимеризации. Дополнительно, анализ микроструктуры PPAQ-толуола с использованием сканирующей электронной микроскопии подтвердил аморфный характер материала и позволил визуализировать его поверхностные особенности. Интересно отметить, что даже при наличии кристаллических фрагментов, структура материала все еще обладает пористыми характеристиками, что может оказать влияние на его свойства и возможные применения. В целом, полученные результаты подтверждают формирование целевого полимера с требуемыми свойствами и открывают перспективы для дальнейших исследований в области электрохимических материалов.

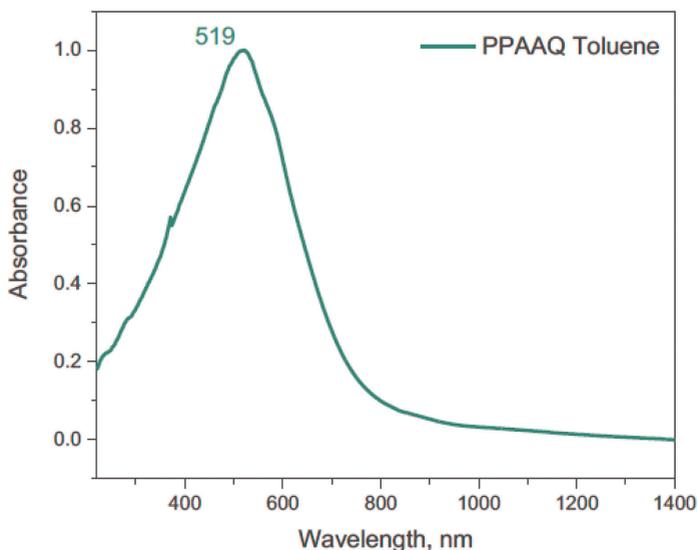
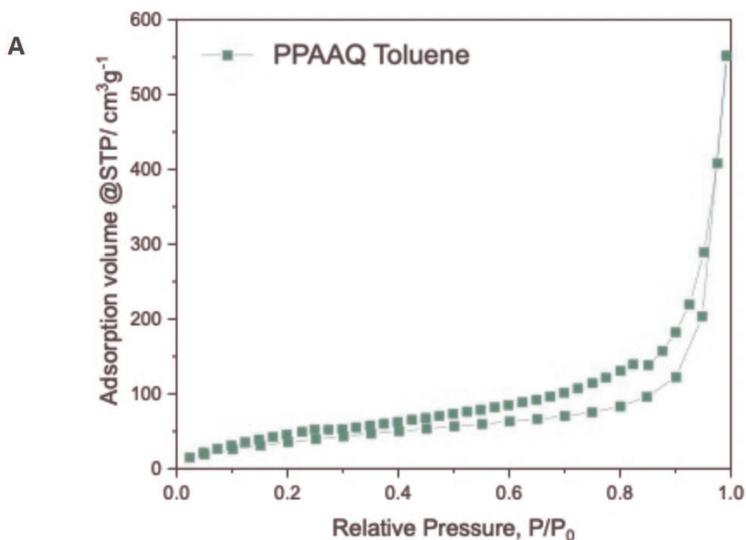


Рисунок 8 – Твердотельные спектры УФ-Видимого/БИК-спектра PPAQ-толуола

УФ-Вид/БИК-спектроскопия была использована для доказательства конъюгации и полимеризации нашего материала (рисунок 8). Полимер PPAQ имеет максимум поглощения при 519 нм, что ха-

рактерно для аморфных сопряженных микропористых полимеров. Кроме того, для таких полимеров характерна определенная форма поглощения. Меньший максимум поглощения, возможно, указывает на более короткие сопряженные структуры, которые могут быть ожидаемы, учитывая структуру исходных материалов. Эти наблюдения подтверждают успешное формирование желаемого полимера и дают дополнительное представление о его структуре и свойствах. Помимо всего прочего, проведенный анализ спектра также позволил выявить характерные пиковые значения, связанные с конъюгированными электронными системами в структуре полимера, что является дополнительным подтверждением его конформации. Важно отметить, что характеристики УФ-Вид/БИК-спектроскопии могут быть использованы для оценки электронных и оптических свойств материала, а также для его качественного и количественного анализа. Эти результаты важны для понимания структуры и свойств синтезированных полимеров и их возможных применений в различных областях, включая электрохимию, фотоэлектронику и катализ.



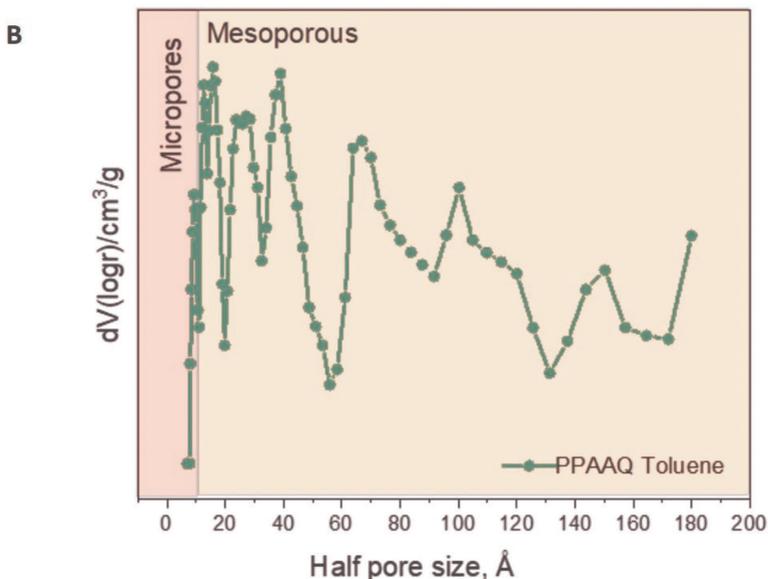


Рисунок 9 – (А) Изотермы адсорбции/десорбции N2 и (В) распределение пор по размерам PPAAQ-толуола

Изотермы адсорбции/десорбции N2 PPAAQ-толуола показаны на рисунке 9 (а). Все изотермы измерялись при 77 К с помощью газо-адсорбционного анализатора Autosorb iQ. В соответствии с классификацией IUPAC, PPAAQ-толуол демонстрирует изотерму сорбции N2 типа III. Этот тип изотермы получается, когда количество адсорбированного газа неограниченно увеличивается по мере того, как его относительное насыщение приближается к единице. Изотермы представляли собой небольшое увеличение от 0 до 0,9 относительного давления. Однако после 0,9 он показал резкое увеличение из-за адсорбции газа, связанной с заполнением макропор и межканальных пустот. Судя по распределению пор по размерам на рисунке 9(б), это показано, что PPAAQ-толуол имеет смесь микропор и мезопор. Площадь поверхности пористого материала определяли с использованием метода анализа Брунауэра-Эммета-Теллера (БЭТ). Это широко используемый метод измерения площади поверхности пористых материалов, в том числе полимеров. Молекулы газа адсорбируются на поверхности полимера при различных давлениях, и измеряется количество адсорбированного газа. Применяя уравнение БЭТ к полученным данным, можно рассчитать площадь поверхности

материала. Было обнаружено, что площадь поверхности основного материала составляет 142 м²/г. Это значение можно использовать для оптимизации условий реакции и улучшения других соответствующих физических свойств. Дополнительно, анализ распределения пор по размерам показал наличие как микропор, так и мезопор в структуре PPAAQ-толуола, что указывает на разнообразие размеров пор и потенциально повышает доступность активных поверхностей для адсорбции. Эти результаты говорят о многообещающем потенциале материала для применения в области сорбции и разделения газов, а также в качестве электродных материалов в электрохимических устройствах. Дальнейшие исследования, направленные на оптимизацию структуры и свойств PPAAQ-толуола, могут значительно расширить его область применения и улучшить его эффективность в различных технологических приложениях

Выводы. В данном исследовании были успешно синтезированы и характеризованы новые богатые азотом сопряженные микропористые полимеры PPAAQ-толуол с использованием реакции кросс-сочетания Бухвальда-Хартвига. Анализ изотерм адсорбции/десорбции азота показал, что материал обладает смесью микро- и мезопор, что может повысить его активную поверхность и способствовать адсорбции различных газов. УФ-Вид/БИК-спектроскопия подтвердила конъюгацию и полимеризацию материала, а также выявила характерные электронные свойства. Исследование распределения пор по размерам указало на наличие разнообразия размеров пор в структуре материала. Также исследование площади поверхности материала с использованием метода БЭТ показало значительную площадь поверхности PPAAQ-толуола, что может быть ключевым фактором для его эффективной работы в качестве адсорбента или катализатора. Важно отметить, что структура и свойства синтезированного материала представляют собой результат тщательной оптимизации процесса синтеза, что открывает перспективы для его применения в различных технологических и промышленных областях. Дальнейшие исследования, сосредоточенные на оптимизации и улучшении свойств PPAAQ-толуола, могут стимулировать его использование в энергетике, охране окружающей среды и других сферах промышленности, где требуются эффективные и инновационные материалы

Список литературы

- 1 Lee, J.S. M. & Cooper, A.I. *Advances in Conjugated Microporous Polymers*. Chem. Rev. 120, 2171–2214 (2020).
- 2 Zhang, C. et al. Bifunctionalized conjugated microporous polymers for carbon dioxide capture. *Polymer (Guildf)*. 61, 36–41 (2015).

3 Huang, Q. *et al.* Layered Thiazolo [5,4- d] Thiazole-Linked Conjugated Microporous Polymers with Heteroatom Adoption for Efficient Photocatalysis Application. *ACS Appl. Mater. Interfaces* 11, 15861–15868 (2019).

4 Chen, L., Honsho, Y., Seki, S. & Jiang, D. Light-harvesting conjugated microporous polymers: Rapid and highly efficient flow of light energy with a porous polyphenylene framework as antenna. *J. Am. Chem. Soc.* 132, 6742–6748 (2010).

5 Chen, L., Yang, Y. & Jiang, D. CMPs as scaffolds for constructing porous catalytic frameworks: A built-in heterogeneous catalyst with high activity and selectivity based on nanoporous metalloporphyrin polymers. *J. Am. Chem. Soc.* 132, 9138–9143 (2010).

6 Khaligh, A. & Li, Z. Battery, ultracapacitor, fuel cell, and hybrid energy storage systems for electric, hybrid electric, fuel cell, and plug-in hybrid electric vehicles: State of the art. *IEEE Trans. Veh. Technol.* 59, 2806–2814 (2010).

7 Chang, L., Stacchiola, D. J. & Hu, Y. H. An Ideal Electrode Material, 3D Surface- Microporous Graphene for Supercapacitors with Ultrahigh Areal Capacitance. *ACS Appl. Mater. Interfaces* 9, 24655–24661 (2017).

8 Liu, X., Xu, Y. & Jiang, D. Conjugated microporous polymers as molecular sensing devices: Microporous architecture enables rapid response and enhances sensitivity in fluorescence-on and fluorescence-off sensing. *J. Am. Chem. Soc.* 134, 8738–8741 (2012).

9 Herde, Z. D., Dharmasena, R., Sumanasekera, G., Tumuluru, J. S. & Satyavolu, J. Impact of hydrolysis on surface area and energy storage applications of activated carbons produced from corn fiber and soy hulls. *Carbon Resour. Convers.* 3, 19–28 (2020).

10 Chen, J. *et al.* Tunable Surface Area, Porosity, and Function in Conjugated Microporous Polymers. *Angew. Chemie - Int. Ed.* 58, 11715–11719 (2019).

11 Jiang, J. X. *et al.* Conjugated microporous poly(aryleneethynylene) networks. *Angew. Chemie - Int. Ed.* (2007) doi:10.1002/anie.200701595.

12 Liao, Y., Weber, J. & Faul, C. F. J. Conjugated microporous polytriphenylamine networks. *Chem. Commun.* (2014) doi:10.1039/c4cc03026e.

13 Liao, Y., Wang, H., Zhu, M. & Thomas, A. Efficient Supercapacitor Energy Storage Using Conjugated Microporous Polymer Networks Synthesized from Buchwald–Hartwig Coupling. *Adv. Mater.* 30, (2018)

References

1 Lee, J.S. M. & Cooper, A.I. Advances in Conjugated Microporous Polymers. *Chem. Rev.* 120, 2171–2214 (2020).

2 Zhang, C. *et al.* Bifunctionalized conjugated microporous polymers for carbon dioxide capture. *Polymer (Guildf)*. 61, 36–41 (2015).

3 Huang, Q. *et al.* Layered Thiazolo [5,4- d] Thiazole-Linked Conjugated Microporous Polymers with Heteroatom Adoption for Efficient Photocatalysis Application. *ACS Appl. Mater. Interfaces* 11, 15861–15868 (2019).

4 Chen, L., Honsho, Y., Seki, S. & Jiang, D. Light-harvesting conjugated microporous polymers: Rapid and highly efficient flow of light energy with a porous polyphenylene framework as antenna. *J. Am. Chem. Soc.* 132, 6742–6748 (2010).

5 Chen, L., Yang, Y. & Jiang, D. CMPs as scaffolds for constructing porous catalytic frameworks: A built-in heterogeneous catalyst with high activity and selectivity based on nanoporous metalloporphyrin polymers. *J. Am. Chem. Soc.* 132, 9138–9143 (2010).

6 Khaligh, A. & Li, Z. Battery, ultracapacitor, fuel cell, and hybrid energy storage systems for electric, hybrid electric, fuel cell, and plug-in hybrid electric vehicles: State of the art. *IEEE Trans. Veh. Technol.* 59, 2806–2814 (2010).

7 Chang, L., Stacchiola, D. J. & Hu, Y. H. An Ideal Electrode Material, 3D Surface-Microporous Graphene for Supercapacitors with Ultrahigh Areal Capacitance.

ACS Appl. Mater. Interfaces 9, 24655–24661 (2017).

8 Liu, X., Xu, Y. & Jiang, D. Conjugated microporous polymers as molecular sensing devices: Microporous architecture enables rapid response and enhances sensitivity in fluorescence-on and fluorescence-off sensing. *J. Am. Chem. Soc.* 134, 8738–8741 (2012).

9 Herde, Z. D., Dharmasena, R., Sumanasekera, G., Tumuluru, J. S. & Satyavolu, J. Impact of hydrolysis on surface area and energy storage applications of activated carbons produced from corn fiber and soy hulls. *Carbon Resour. Convers.* 3, 19–28 (2020).

10 Chen, J. *et al.* Tunable Surface Area, Porosity, and Function in Conjugated Microporous Polymers. *Angew. Chemie - Int. Ed.* 58, 11715–11719 (2019).

11 Jiang, J. X. *et al.* Conjugated microporous poly(aryleneethynylene) networks. *Angew. Chemie - Int. Ed.* (2007) doi:10.1002/anie.200701595.

12 Liao, Y., Weber, J. & Faul, C. F. J. Conjugated microporous polytriphenylamine networks. *Chem. Commun.* (2014) doi:10.1039/c4cc03026e.

13 Liao, Y., Wang, H., Zhu, M. & Thomas, A. Efficient Supercapacitor Energy Storage Using Conjugated Microporous Polymer Networks Synthesized from Buchwald–Hartwig Coupling. *Adv. Mater.* 30, (2018)

Сведения об авторах

Муханов Даурен Кабдракимович – магистр химии, Эксперимент; обработка данных; обсуждение; подготовка рукописи. dd_511@mail.ru

Авторлар туралы мәліметтер

Муханов Даурен Кабдракимович – химия ғылымдарының магистрі, эксперимент; деректерді өңдеу; талқылау; қолжазбаны дайындау. dd_511@mail.ru

Information about the authors

Mukhanov Dauren Kabdrakimovich – MSc in chemistry, Experiment; data processing; discussion; preparation of the manuscript. dd_511@mail.ru

Нұралы Ә.М.¹, Мутушев А.Ж.¹, Айтжан М.У.^{1,2}, Сейсенова А.Б.¹,
Кудьярова Ж.Б.^{1,2}, Байсейтов Д.А.^{1,3}

¹Научный производственно-технический центр “Жалын”,
г. Алматы, Казахстан

²Казахский Национальный Университет им. аль-Фараби,
г. Алматы, Казахстан

³Казахский Национальный Педагогический Университет им.Абая,
г. Алматы, Казахстан

ИЗУЧЕНИЕ ТОКСИЧНОСТИ И БЕЗОПАСНОСТИ УГЛЕРОДНОЙ МАССЫ ГЕМОСОРБЕНТА

Аннотация. В последние годы методы экстракорпоральной детоксикации углеродными материалами получили должное признание и широкое развитие. Углеродные материалы для детоксикации крови на основе углей прочно заняли доминирующее положение среди сорбционных материалов. Это обусловлено, прежде всего, тем, что углеродные сорбенты обладают широкими возможностями подбора требуемых физико-химических и структурно-сорбционных характеристик. Установлено, что однократное пероральное введение биомассы крысам в дозе 75 мг/кг не вызывает каких – либо признаков интоксикации. При этом на протяжении всего периода наблюдения не было зарегистрировано гибели животных. Не выявлено половых различий в чувствительности крыс к действию препарата. В связи с отсутствием смертности в изученном диапазоне доз летальные дозы ЛД₁₀₀, ЛД₅₀, определить не удалось.

Ключевые слова: токсичность, безопасность, концентрация, пероральное введение, макроскопическое исследование, субстанция.

• • •

Түйіндеме. Соңғы жылдары көміртекті материалдарды пайдалана отырып, экстракорпоральды детоксикация әдістері мойындалды және кеңінен дамыды. Көмір негізіндегі қанды детоксикациялауға арналған көміртекті материалдар сорбциялық материалдардың арасында басымдыққа ие болды. Бұл, ең алдымен, көміртекті сорбенттердің қажетті физикалық-химиялық және құрылымдық сорбциялық сипаттамаларын таңдауға кең мүмкіндіктерге ие болуына байланысты болып отыр. Егеуқұйрықтарға 75 мг/кг дозада биомассаны бір реттік ішке қабылдау ешқандай интоксикация белгілерін тудырмайтыны анықталды. Сонымен қатар, бүкіл бақылау кезеңінде жануарлардың

өлімі тіркелмеді. Егеуқұйрықтардың препараттың әсеріне сезімталдығында жыныстық айырмашылықтар болған жоқ. Зерттелетін дозалар диапазонында өлім-жітімнің болмауына байланысты LD100 және LD50 өлімге әкелетін дозаларын анықтау мүмкін болмады.

Түйінді сөздер: уыттылық, қауіпсіздік, концентрация, ішке қабылдау, макроскопиялық зерттеу, зат.

• • •

Abstract. In recent years, methods of extracorporeal detoxification using carbon materials have received due recognition and widespread development. Carbon materials for blood detoxification based on coal have firmly taken a dominant position among sorption materials. This is due, first of all, to the fact that carbon sorbents have wide possibilities for selecting the required physicochemical and structural sorption characteristics. It has been established that a single oral administration of biomass to rats at a dose of 75 mg/kg does not cause any signs of intoxication. At the same time, no animal deaths were recorded throughout the entire observation period. There were no gender differences in the sensitivity of rats to the action of the drug. Due to the lack of mortality in the dose range studied, the lethal doses of LD100 and LD50 could not be determined.

Key words: toxicity, safety, concentration, oral administration, macroscopic examination, substance.

Введение. Доклинические исследования направлены на определение варианта лечения, который имеет наибольшую вероятность успешного применения, оценку его безопасность и подведение аргументированной научной базы до перехода к этапу клинических исследований. Актуальность доклинических исследований новых препаратов обусловлена тем, что это – доказательство безопасности вещества для здоровья человека [1-2]. Доклинические (неклинические) исследования проводят с целью оценки безопасности нового биологически активного вещества или готового лекарственного средства из него [1-2]. Целью токсикологического исследования является установление характера и выраженности действия фармакологического средства на организм экспериментальных животных и оценка его безопасности [3]. Согласно Требованиям к безопасности лекарственных средств на стадии доклинических исследований комплекс мер по обеспечению безопасности включает систематизацию, анализ данных и оценку: 1) токсичности субстанции и готовой лекарственной

формы при однократном введении; 2) токсичности субстанции и готовой лекарственной формы при многократном введении (подострой и хронической); 3) возможности развития привыкания и/или синдрома отмены лекарств, при применении субстанции или готового лекарственного препарата. Данное исследование острой токсичности препарата, введенного в однократной дозе в течение суток, регламентируется требованиями технического регламента РК «Требования к безопасности лекарственных средств» от 14 июля 2010 г. № 712 [3] и «Правилами государственной регистрации, перерегистрации и внесения изменений в регистрационное досье лекарственного средства, изделий медицинского назначения и медицинской техники» МЗ РК №735 от 18 ноября 2009 г. [4-8].

Цель работы: Установление безопасности длительного применения биомассы в порошке, а также возможности развития синдрома его отмены у экспериментальных животных.

Задачи исследования:

1. Изучить токсичность порошка биомассы при пероральном, ежедневном введении в течение 60 суток.
2. Установить органы и системы организма, наиболее чувствительные к изучаемому препарату, определить характер и степень патологических изменений
3. Изучение токсического действия на организм животных препарата биомасса проводилось для уточнения, объединения и добавления сведений к информации о безопасности продукта на этапе доклинических изысканий, в момент регистрации и на протяжении всего жизненного цикла медицинского продукта.

Материалы и методы исследования. Достижение цели исследования возможно только при использовании животных. Для данного вида исследования были выбраны крысы как вид общепринятый для изучения острой токсичности [9-10]. Выбор концентраций соединения решался с учетом целей эксперимента и физиологических особенностей подопытных животных. Количество вводимых ингредиентов ограничивался рамками физиологических возможностей, массой и возрастом животных. Так, максимальные объемы перорального введения у крыс с массой 180-200 г составляют 1- 2 капсулы [11-13]. Для проведения экспериментов животные были разделены на следующие группы:

I группа – с введением биомасса в дозе 75мг/кг;

II группа – с введением биомассы в дозе 540 мг/кг.

Распределение по группам – животных распределяли по группам рандомизировано. В качестве критерия принималась масса тела таким образом, чтобы индивидуальное значение массы отклонялось от среднего значения не более чем на 20%.

Аппаратура и оборудование В работе использованы следующие приборы: весы торсионные (дискретность 0,001 г), РФ; весы аналитические «A@D Co., LTD, Japan (дискретность 0,002 г); весы технические «Ufesa», P.R.C (дискретность 0,1 г) для взвешивания животных; микроскоп прямого света DM2500 (Leica, Германия); микротом санный, РФ; pH-метр, РФ; шприцы одноразовые, стерильные (injekt luer duo 23Gx11/4" B.Braun Melsungen AG, Germany); микроскоп прямого света DM2500, Leica, Германия; микроскоп Axiostar plus HBO 50/ac, Zeiss, Германия; микротом ротационный Accu-Cut®SRM™200, Sakure, Japan; анализатор «Human Gmb», Германия; кардиокомплекс УСМЗ, РФ; спектрофотометр СФ-26, РФ; иммуноферментный РГП на ПХВ «НИИ кардиологии и внутренних болезней» МЗ РК лаборатория Экспериментальной медицины анализатор «Тесап», Австрия; дозатор пипеточный «BIONIT OYJ», Финляндия; аквадистиллятор ДЭ-4, РФ; центрифуга ОПН-8, РФ.

Методы исследования. Гематология. Определение количественных параметров системы крови проводилось с помощью анализатора «Human Gmb», Германия. Для оценки гематологических показателей кровь собиралась в пробирки с ЭДТА. Дополнительно форму эритроцитов и лейкоцитарную формулу определяли в мазках крови, окрашенных по Романовскому по стандартной методике [14-17].

Биохимия сыворотки крови. У животных собирали кровь объемом 3-4 мл в пробирки без антикоагулянта, после свертывания центрифугировали на 3000 об/мин в течение 15 минут для получения сыворотки. В сыворотке крови определяли следующие показатели: АЛТ, АСТ, триглицериды, общий белок, глюкоза, амилаза, общий холестерин, общий билирубин, альбумин, мочевины, креатинин. Определение биохимических показателей производили с помощью соответствующих диагностических наборов реагентов DiaSys Diagnostic Systems GmbH, Германия, согласно инструкции, прилагаемой к наборам. Определение биохимических показателей крови проводили с помощью анализатора «Human Gmb», Германия.

Патоморфологическое исследование. Исследование включало некропсию, макроскопическое исследование, взвешивание и гистологическое исследование внутренних органов. После эфтаназии живот-

ные были тщательно обследованы на предмет наружных патологических признаков. Осмотр места введения препарата (ротовая полость) и ЖКТ позволил оценить местно-раздражающее действие исследуемого препарата. Было проведено макроскопическое исследование внутренних органов, грудной, брюшной полостей и их содержимого. У всех животных взвешивались: сердце, печень, почки, надпочечники, тимус, селезенка. Парные органы взвешивались вместе. Кроме абсолютного веса органов, определяли процентное соотношение массы органа к массе тела. У каждого вскрытого животного взяты органы и ткани и зафиксированы в 10% растворе нейтрального формалина, за исключением лимфатических узлов и кожи в месте укола, которые фиксировали в жидкости Буэна. Производился гистологический анализ следующих органов и тканей: кожа в месте укола (кусочек 10x10 мм), печень, почки, легкие, лимфатические узлы, селезенка, тимус. Зафиксированные образцы ткани проводили по стандартной методике спиртовой проводки (6 смен Dehyol absolute (Bio-Optica, Italy) (заменитель спирта) и 2 смены Bio Clear (Bio-Optica, Italy) (заменитель ксилола), с последующей заливкой в парафиновую среду HISTOMIX® EXTRA (Биовитрум, Россия). Из парафиновых блоков готовились парафиновые срезы на микротоме ротационном Accu-Cut®SRM™200 (Sakure, Japan). Полученные микропрепараты депарафинировали в 3-х сменах Bio Clear по 10 минут в каждой, обезжиривали в 3-х сменах Dehyol absolute по 5 минут в каждой. Затем срезы промывали в проточной воде и окрашивали готовым раствором гематоксилина Майера (DAKO, Дания) и 1% водным раствором эозина. После этого срезы обезвоживали в 3-х сменах Dehyol absolute и просветляли в 4-х сменах Bio Clear. Окрашенные срезы тканей заключили в среду для заключения препаратов Bio-M (Bio-Optica, Italy). Из окрашенных срезов были изготовлены микропрепараты на стеклах для микроскопии. Микроскопические исследования срезов тканей и внутренних органов проводили при помощи микроскопа прямого света DM2500 (Leica, Германия).

Результаты исследования. *Макроскопическое исследование после однократного применения биомассы в дозе 75 мг/кг.* После вскрытия на 15 сутки не отмечено микроциркуляторных изменений внутренних органов. Расположение внутренних органов брюшной и грудной полости у подопытных животных было правильным, не отмечалось ни их спаянности, ни резкого увеличения или уменьшения размеров. Язык чистый, с желтовато-серым налетом, ткань его на разрезах серо-красная, без кровоизлияний. Отверстия носа, ушей,

глаза – чистые, без выделений. Шея, грудь, живот, подмышечные и паховые области, естественные отверстия нормальное сложение, опухолей нет, гнойных выделений вокруг естественных отверстий нет, задний проход чистый. Макроскопическое исследование крыс после однократного применения биомасса в дозе 540 мг/кг. После вскрытия на 15-й день у крыс язык чистый, с желтоватым налетом, ткань его на разрезах серо-красная, без кровоизлияний; отверстия носа, ушей, глаза чистые, без выделений. Шея, грудь, живот, подмышечные и паховые области, естественные отверстия нормальное сложение, опухолей нет, гнойных выделений вокруг естественных отверстий нет, задний проход чистый.

Обсуждение результатов. Как показали проведенные исследования, однократное пероральное введение биомассы крысам в дозе 75 мг/кг не вызывает каких – либо признаков интоксикации. При этом на протяжении всего периода наблюдения не было зарегистрировано гибели животных. Не выявлено половых различий в чувствительности крыс к действию препарата. В связи с отсутствием смертности в изученном диапазоне доз летальные дозы ЛД₁₀₀, ЛД₅₀, определить не удалось.

Выводы. Однократное пероральное введение биомассы крысам в дозах от 75 до 540 мг/кг не вызывает симптомов интоксикации, патологических не обратимых изменений и гибели животных. Биомасса гемосорбента является малотоксичным средством при однократном применении.

Список литературы

1 Правила доклинических (неклинических) исследований в Республике Казахстан, приказ Министра здравоохранения Республики Казахстан № 697 от 12 ноября 2009 года;

2 Правила проведения доклинических исследований, медико-биологических экспериментов и клинических испытаний в Республике Казахстан, приказ Министра здравоохранения Республики Казахстан № 745 от 19 ноября 2009 г.;

3 Технический регламент «Требования к безопасности лекарственных средств», постановление Правительства РК от 14 июля 2010 года № 712;

4 Правила государственной регистрации, перерегистрации и внесения изменений в регистрационное досье лекарственного средства, изделий медицинского назначения и медицинской техники, приказ Министра здравоохранения РК №735 от 18 ноября 2009 года;

5 Надлежащая лабораторная практика. Основные положения, приказ Министра индустрии и торговли РК от 29 декабря 2006 года № 575 Госстандарт РК;

6 Надлежащая лабораторная практика. Основные положения, приказ Министра индустрии и торговли РК от 29 декабря 2006 года № 557 Госстандарт РК;

7 Руководство по экспериментальному (доклиническому) изучению новых фармакологических веществ /под ред. Р.У. Хабриева.-2-изд., перераб и доп. -М.:ОАО Издательство Медицина, Москва. - 2005. – С. 832;

8 European Convention for the Protection of Vertebrate Animals Used for Experimental and other Scientific Purposes (ETS 123). Strasbourg, 1986 (Европейская конвенция о защите позвоночных животных, используемых в экспериментальных и научных целях);

9 Регламентация экспериментов на животных – этика, законодательства, альтернативы/ Под ред. Н. А. Горбуновой. – М. – 1998;

10 Приказ Министра здравоохранения № 26 МЗ РК от 11 января 2012 г.;

11 Методы определения токсичности и опасности химических веществ (токсикометрия)/под. ред. проф. И.В. Санюцкого.-М.-Медицина. -1970. – С.342.

12 Куценко С.А. Основы токсикологии. М.-Медицина, - 2004. – С. 452;

13 Гланц С. Медико-биологическая статистика.-М.-Практика. -1999. – С.215.

14 Камышников В.С. Методы клинических лабораторных исследований.- МЕДпресс- информ.- 2011.- 5-е изд. – 752 с.

15 Нуралы А.М., Акназаров С.Х., Нуралиев М.А., Абдрешов С.Н., Кожамжарова А.С. – «Получение и пористая структура углеродных гемосорбентов»-Вестник КазНМУ №1-2020-С.469-471.

16 Нуралы С.Х., Акназаров С.Х., Есин Апайдин Варол, Есимсытова З.Б., Кожамжарова А.С., Амзеева Ю.М., Мутушев А.Ж., Бексеитова К.С., Абдрешов С.Н. - Разработка и исследование гемосорбционного материала с сотовой структурой -Вестник КазНМУ №4 – 2019 – С.308-311 .

17 Акназаров С.Х., Панов С.А., Бийсенбаев М.А., Павлюков А.В., Головченко О.Ю., Нуралы А.М., Амзеева У.М. - Сорбенты из растительного волокна для медицинского применения - Монография - Казахский университет. - 2020. - 158 с. ISBN 978-601-04-5083-7

References

1 Pravila doklinicheskikh (neklinicheskikh) issledovanij v Respublike Kazahstan, prikaz Ministra zdravoohraneniya Respubliki Kazahstan № 697 ot 12 noyabrya 2009 goda;

2 Pravila provedeniya doklinicheskikh issledovanij, mediko-biologicheskikh eksperimentov i klinicheskikh ispytanij v Respublike Kazahstan, prikaz Ministra zdravoohraneniya Respubliki Kazahstan № 745 ot 19 noyabrya 2009 g.;

3 Tekhnicheskij reglament "Trebovaniya k bezopasnosti lekarstvennyh sredstv", postanovlenie Pravitel'stva RK ot 14 iyulya 2010 goda № 712;

4 Pravila gosudarstvennoj registracii, pereregistracii i vneseniya izmenenij v registracionnoe dos'e lekarstvennogo sredstva, izdelij medicinskogo naznacheniya i medicinskoj tekhniki, prikaz Ministra zdavoohraneniya RK №735 ot 18 noyabrya 2009 goda;

5 Nadlezhashchaya laboratornaya praktika. Osnovnye polozheniya, prikaz Ministra industrii i torgovli RK ot 29 dekabrya 2006 goda № 575 Gosstandart RK;

6 Nadlezhashchaya laboratornaya praktika. Osnovnye polozheniya, prikaz Ministra industrii i torgovli RK ot 29 dekabrya 2006 goda № 557 Gosstandart RK;

7 Rukovodstvo po eksperimental'nomu (doklinicheskomu) izucheniyu novyh farmakologicheskikh veshchestv /pod red. R.U. Habrieva.-2-izd., pererab i dop. -M.:OAO Izdatel'stvo Medicina, Moskva. - 2005. – S. 832;

8 European Convention for the Protection of Vertebrate Animals Used for Experimental and other Scientific Purposes (ETS 123). Strasbourg, 1986 (Evropejskaya konvenciya o zashchite pozvonochnyh zhivotnyh, ispol'zuemyh v eksperimental'nyh i nauchnyh celyah);

9 Reglamentaciya eksperimentov na zhivotnyh –etika, zakonodatel'stva, al'ternativy/ Pod red. N. A. Gorbunovoj. – M. – 1998;

10 Prikaz Ministra zdavoohraneniya № 26 MZ RK ot 11 yanvarya 2012 g.;

11 Metody opredeleniya toksichnosti i opasnosti himicheskikh veshchestv (toksikometriya)/pod. red. prof. I.V. Sanockogo.-M.-Medicina. -1970. – C.342.

12 *Kucenko S.A.* Osnovy toksikologii. M.-Medicina. - 2004. – C. 452;

13 *Glanc S.* Mediko-biologicheskaya statistika.-M.-Praktika. -1999. – S.215.

14 *Kamyshnikov V.S.* Metody klinicheskikh laboratornyh issledovanij.-MEDpress- inform. - 2011.- 5-e izd. – 752 s.

15 *Nuraly A.M., Aknazarov S.H., Nuraliev M.A., Abdreshov S.N., Kozhamzharova A.S.* – «Poluchenie i poristaya struktura uglerodnyh gemosorbentov»- Vestnik KazNMU №1-2020-S.469-471.

16 *Nuraly S.H. Aknazarov S.H., Esin Apajdin Varol, Esimsyitova Z.B., Kozhamzharova A.S., Amzeeva YU.M., Mutushev A.ZH., Bekseitova K.S., Abdreshov S.N.* - Razrabotka i issledovanie gemosorbcionnogo materiala s sotovoj strukturoj -Vestnik KazNMU №4 – 2019 – S.308-311 .

17 *Aknazarov S.H., Panov S.A., Bijsenbaev M.A., Pavlyukov A.V., Golovchenko O.YU., Nuraly A.M., Amzeeva U.M.* - Sorbenty iz rastitel'nogo volokna dlya medicinskogo primeneniya - Monografiya - Kazahskij universitet. - 2020. – 158 s. ISBN 978-601-04-5083-7

Сведения об авторах

Нұралы Әсия Мамбетқызы, PhD-докторант, beregichtoest777@mail.ru, Дизайн Исследования, Проведение Исследований, Анализ Результатов.

Мутушев Алибек Жумабекович, PhD, alibek_090@mail.ru, Дизайн Исследования, Проведение Исследований, Анализ Результатов.

Айтжан Меңтай Улдаханқызы, PhD-докторант, mentay1000@gmail.com, Литературный Поиск, Подготовка Публикации.

Сейсенова Акнур Бердибаевна, PhD-докторант, Анализ результатов, Обсуждение.

Кудьярова Жанар Баймаханқызы, кандидат химических наук, zhanar_kudyarova@mail.ru, Анализ Результатов, Обсуждение.

Байсейітов Даурен Алмасович, PhD, dauren_b91@mail.ru, Анализ Результатов, Обсуждение.

Авторлар туралы мәліметтер:

Нұралы Әсия Мәмбетқызы, PhD-докторант, beregichtoest777@mail.ru, Зерттеуді жобалау, зерттеу жүргізу, нәтижелерді талдау.

Мутушев Әлібек Жұмабекұлы, PhD, alibek_090@mail.ru, Зерттеуді жобалау, зерттеу жүргізу, нәтижелерді талдау.

Айтжан Меңтай Ұлдаханқызы, PhD-докторант, mentay1000@gmail.com, Әдеби ізденіс, Басылымды дайындау.

Сейсенова Акнұр Бердібайқызы, PhD-докторант, Нәтижелерді талдау, Талқылау.

Қудьярова Жанар Баймаханқызы, химия ғылымдарының кандидаты, zhanar_kudyarova@mail.ru, Нәтижелерді талдау, Талқылау.

Байсейітов Дәурен Алмасұлы, PhD, dauren_b91@mail.ru, Нәтижелерді талдау, Талқылау.

Information about the authors

Nuraly Asiya Mambetkyzy, PhD-doctoral student, beregichtoest777@mail.ru, Research Design, Research Conduct, Results Analysis.

Mutushev Alibek Zhumabekovich, PhD, alibek_090@mail.ru, Research Design, Research Conduct, Results Analysis.

Aitzhan Mentay Uldahankyzy, PhD-doctoral student, mentay1000@gmail.com, Literary Search, Preparation of Publication.

Seisenova Aknur Berdibaevna, PhD-doctoral student, Analysis of Results, Discussion.

Kudyarova Zhanar Baimahankyzy, Candidate of Chemical Sciences, zhanar_kudyarova@mail.ru, Analysis of Results, Discussion.

Baiseitov Dauren Almasovich, PhD, dauren_b91@mail.ru, Analysis of Results, Discussion.

Благодарность. Авторы благодарят ГНС ТОО НПТЦ «Жалын» Акназарова С.Х., ВНС ТОО НПТЦ «Жалын» Биисенбаева М.А., зам. генерального директора Тулейбаеву Ш.А. за содействие в организации и осуществлении исследований.

А.Ж. Мутушев¹, Д.К. Муханов¹, Ә.М. Нұралы^{1,2},
Е.Ж. Рысбаева¹

¹Научный производственно-технический центр “Жалын”,
г. Алматы, Казахстан

²Алматинский технологический университет, г. Алматы, Казахстан

СИНТЕЗ И ВЫПУСК НОВЫХ САНИТАРНО-ГИГИЕНИЧЕСКИХ СРЕДСТВ, МОДИФИЦИРОВАННЫХ НАНОКОМПОЗИТАМИ

Аннотация. Проблема сохранения высокого качества производимой продукции имеет решающее значение. Ключевым фактором системы обеспечения качества продуктов питания является производственная санитария. В этой связи, широко применяемыми препаратами являются моющие средства. При разработке рецептур препаратов учитывается направленность специальных функциональных свойств: пенообразующего, эмульгирующего, дезинфицирующего, а также обеспечение технологичности производства. Для решения данной проблемы предлагается вводить в состав моющих средств добавки фиксирующие токсины и предотвращающие их проникновение. Также для снижения вредного влияния токсинов в состав моющих средств будет вводиться в качестве противоядия экстракт корня солодки. Фиксирующая добавка — это инновационный продукт - наноструктурированный углерод-кремниевый композит с высокой сорбционной способностью. Согласно имеющимся данным иммобилизацию биопрепаратов на углерод-кремний содержащих композициях проводят либо адсорбцией, либо химическим связыванием. Удержание адсорбированной молекулы происходит благодаря ваннדרваальсовой связи.

Ключевые слова: Санитария, гигиена, наноматериалы, биопрепараты, мыло.

• • •

Түйіндемe. Өндiрiлетiн өнiмнiң жоғары сапасын сақтау мәселесi өте маңызды. Азық-түлiк сапасын қамтамасыз ету жүйесiнiң негiзгi факторы өндiрiстiк санитария болып табылады. Осыған байланысты, кеңiнен қолданылатын препараттар жуғыш заттар болып табылады, бiрақ тамақ өндiрiсiн жасыл-

Работа выполнена при финансовой поддержке АО Фонда науки в рамках проекта коммерциализации АР15573426 «Синтез и выпуск санитарно гигиенических средств, модифицированных нанокomпозитами».

дандыру және адамдарға қатысты қауіпсіздік тұжырымдамасын ескере отырып, қолданыстағы өзірлемелерді өзгерту қажет. Бұл мәселені шешу үшін біз жуғыш заттарға токсиндерді бекітетін және олардың енуіне жол бермейтін қоспаларды қосуды ұсынамыз. Сондай-ақ, токсиндердің зиянды әсерін азайту үшін мия тамырының сығындысы антидот ретінде жуғыш заттарға енгізіледі. Бекіту қоспасы инновациялық өнім болып табылады - жоғары сорбциялық қабілеті бар наноқұрылымды көміртекті кремний композиті.

Қолда бар мәліметтерге сәйкес, көміртегі-кремнийі бар композиттерге биологиялық өнімдерді иммобилизациялау не адсорбция, не химиялық байланыс арқылы жүзеге асырылады. Адсорбцияланған молекуланың сақталуы вандер-Ваальс байланысының арқасында жүреді.

Түйінді сөздер: Санитария, гигиена, наноматериалдар, биологиялық өнімдер, сабын.

• • •

Abstract. The problem of maintaining high quality of manufactured products is crucial. A key factor in the food quality assurance system is industrial sanitation. In this regard, widely used drugs are detergents, but it is necessary to modify existing developments taking into account the concept of greening food production and safety in relation to humans. In addition, the problem is solved by selecting optimal conditions for cleaning process equipment using detergent compositions. To solve this problem, we propose adding additives to detergents that fix toxins and prevent their penetration. Also, to reduce the harmful effects of toxins, licorice root extract will be introduced into detergents as an antidote. The fixing additive is an innovative product - a nanostructured carbon-silicon composite with high sorption capacity.

According to available data, the immobilization of biological products on carbon-silicon containing composites is carried out either by adsorption or chemical bonding. The retention of the adsorbed molecule occurs due to the van der Waals bond.

Key words: Sanitation, hygiene, nanomaterials, biological products, soap.

Введение. Технологический процесс изготовления мыла можно разделить на два этапа. На первом этапе производится мыльная основа, представляющая собой химический процесс взаимодействия жиров и жирозаменителей со щелочами.

Получение мыльной основы, согласно применяемым технологическим методам, делят на периодический и непрерывный. Непрерывный процесс производства мыльной основы обычно применяется в крупнотоннажном промышленном производстве, который требует постоянного добавления жира в реактор и удаления продуктов.

Периодические процессы в основном характерны для мелкосерийного производства и используются в трех вариантах: холодный про-

цесс, при котором реакция происходит практически при комнатной температуре, полукипящий и горячий процесс, при котором реакция происходит при температуре, близкой к температуре кипения, и процесс полного кипячения, при котором реагенты кипятят не менее одного раза и извлекают глицерин. Холодный и горячий процессы (процесс полукипячения в ванне) являются самыми простыми и обычно используются мелкими производителями мыла. Следует отметить, что такой процесс является более гибким и позволяет оперативно менять ассортимент производимого мыла. В зависимости от исходного сырья используют технологию прямого или косвенного способа получения мыльной основы.

При использовании в качестве исходного сырья нейтральных жиров используют косвенный метод. При использовании данного метода получают подмыленный щелок, содержащий электролиты и побочный продукт – глицерин. Косвенный метод позволяет получить мыло высокого качества из достаточно дешёвого и низкосортного исходного сырья, так как в результате технологической обработки примеси остаются в подмыльном щелоке.

Технологически косвенный метод состоит из следующих этапов:

- варка мыльного клея;
- последующая обработка электролитами (поваренной солью или раствором щелочи), которая включает высаливание, шлифование и отстаивание;
- полученная мыльная масса разделяется на мыльное ядро, подмыльный клей и подмыльный щелок. Туалетное мыло в основном варят косвенным методом, так как данная технология позволяет удалить большую часть загрязнений из получаемого ядрового мыла. Примеси вместе с глицерином остаются в подмыльном щелоке и подмыльном клее.

Получение туалетной основы косвенным методом, можно проводить в котлах периодического режима работы, так и в аппаратах непрерывного действия.

Технологический процесс состоит из следующих этапов:

- омыление ядровых жиров;
- высолка полученного мыльного клея поваренной солью для выделения глицерина в раствор подмыльного щелока в виде водно-солевого раствора (может проводится двукратно);
- омыление полученных клеевых жиров,
- высолка едкой щелочью для отделения оставшегося глицерина,

примей и излишков поваренной соли (может проводится двукратно);

- шлифование позволяет удалить избыток электролитов, оставшиеся загрязнения и частично глицерин. В результате шлифования улучшаются пластичные характеристики продукта;

- отстаивание при температуре около 100°C и откачка отделившегося ядра-основы туалетного мыла.

На завершающем этапе варки основы туалетного мыла добавляется 1,5-2% жиров или жирных кислот для нейтрализации оставшейся свободной щелочи. Это необходимо для предотвращения возможного раздражающего действия мыла на кожу. Полученное ядровое мыло не должно содержать неомыленного жира и свободной щелочи более 1 % и 0,05% соответственно.

Технология прямой методу варки мыла производится в один этап из заранее подготовленной жировой смеси и раствора щелочи. Данная технология варки менее энергозатратна, но в основном используется для производства хозяйственного мыла. Если в данном процессе использовать хорошо очищенные и расщепленные жиры можно получить мыло высокого качества без обработки электролитами.

При варке мыла применяют два способа омыления:

- омыление нейтральных жиров (собственно омыление и нейтрализация получаемых жирных кислот)

- карбонатное омыление (нейтрализация заранее расщепленных жиров или готовых жирных кислот).

Технология производства (варки) туалетной основы из расщепленных жиров косвенным периодическим методом

В случае использования в качестве исходного сырья расщепленных жиров используют косвенный метод с применением карбонатного омыления. Каустическую соду добавляют в виде раствора и предварительно готовят, пропуская воздух или пар для удаления углекислого газа. В растворе мыльной основы всегда должно оставаться небольшой избыток свободной угольной кислоты поэтому расчет количества подаваемой соды меньше необходимого для нейтрализации жирных кислот. В случае избытка соды (более 0,5%), и/или кислотное число мыльной не более 20мг КОН/г в котел во время варки добавляют необходимое количество жирных кислот.

Влияние качества исходного сырья определяет процесс высолки и шлифования. При использовании качественного сырья получаемый мыльный клей светлый и имеет равномерный тон окрашивания. Такой полупродукт подвергают однократной высолке и шлифованию.

В случае низкокачественного сырья мыльный клей имеет темный цвет и/или неравномерный цветовой тон. Полученный мыльный клей подвергается дополнительной высолке раствором соли или смесью поваренной соли и едкого натра. Очищенное и осветленное ядро после отстаивания отделяют и подвергают шлифованию. Оставшийся подмыльный щелок можно использовать для получения хозяйственного мыла.

Таким образом содержание свободной едкой щелочи может иметь различные значения на завершающем этапе омыления.

Получение мыльной основы периодическим методом из расщепленных жиров менее времязатратный метод в отличие от процесса варки из нейтральных жиров. Однако в промышленности в основном используют в качестве исходного сырья нерасщепленные нейтральные жиры в силу их доступности. Технология производства (варки) туалетной основы из нейтральных жиров косвенным периодическим методом

Как было указано выше технологические операции производства мыльной основы из нейтральных жиров состоит из ряда последовательно выполняемых операций.

Первое омыление производится при помощи раствора едкой щелочи. В начале омыления в варочный котел добавляют 0,1 часть 35–42%-ного раствора едкой щелочи и добавляют воды, до получения концентрация щелочи половины от предельной и нагревают до 80°C. Использование слабой концентрации едкой щелочи и пониженной температуры в начале омыления необходимо для образования устойчивой эмульсии жира в растворе щелочи. После этого в котел загружают жировую смесь одновременно с раствором каустической соды. Подачу жировой смеси и раствор каустической соды следует проводить поэтапно не более 1/10 за раз от объёма котла. Подача большого количества щелочи и жиров может привести к быстрому вскипанию мыльной массы, и выбросу из варочного котла.

В дальнейшем повышают концентрацию едкой щелочи до необходимой и поднимают температуру мыльной массы в варочном котле до 100°C [1-8] при тщательном перемешивании (возможно перемешивание острым паром).

Допускается введение на данном этапе некоторого количества мыла (как эмульгатора) для ускорения процесса. Возможно также использование клеевого остатка - жировая смесь быстрее растворяется, и реакция омыления идет более интенсивно.

На следующем этапе при температуре смеси в варочном котле 100°C, увеличивают одновременную загрузку раствора щелочи и жировой смеси. При это концентрация щелочи в омыляемой должна быть на 1–2% ниже предельной, для предотвращения высаливания мыльной массы и остановки реакции омыления.

На этом этапе важное значение имеет концентрация жирных кислот в мыльном клее, так как от нее зависит количество первого подмыльного щелока, который будет получен при последующей высолке. Эту концентрацию регулируют, изменяя количество вводимого на первое омыление второго подмыльного щелока, содержащего лишь 5–6% едкого натра и до 82% воды [9,10]. Практически количество вводимого на первое омыление второго подмыльного щелока составляет до 60% от массы омыляемых жиров [10].

После омыления примерно половины всей жировой смеси в мыльной массе регулируют концентрацию электролитов. Ее поддерживают на уровне: 0,5–0,6% хлористого натрия и 0,3–0,4% едкой щелочи [5]. Это необходимо для того, чтобы мыльная масса имела нормальную вязкость, при которой она достаточно подвижна. Для этого обычно в мыльную массу вводят 20%-ный раствор поваренной соли в количестве 1% от массы ядерных жиров и 4% от массы клеевых жиров [8]. В течение всего процесса омыления концентрацию свободной едкой щелочи поддерживают не ниже 0,3%. Добавление воды в мыльный клей для корректирования содержания в нем жирных кислот во всех случаях производят только в распыленном состоянии через верхнее душевое кольцо и при хорошем перемешивании во избежание образования комков мыла.

К концу этого этапа омыления содержание свободной щёлочи снижают до 0,15–0,20%, производят контрольное кипячение в течение 15 мин, и вводят оставшиеся 1,5–2,0% жиров для связывания излишка щелочи, а затем мыло кипятят еще 15 мин [8]. Первое омыление заканчивают при содержании в мыльном клее свободной едкой щелочи около 0,05%. При этом мыльный клей представляет собой однородную подвижную массу, прозрачную в тонком слое, и не имеет запаха жировой смеси.

Первую высолку производят для удаления глицерина, выделяющегося в результате омыления нейтральных жиров и попадающего в него со вторым подмыльным щелоком и с клеевым остатком. Одновременно из мыльного клея удаляется значительная часть загрязнений, попавших в котел с жировым сырьем и материалами.

После омыления жировой смеси мыльный клей подвергают полной высолке до разделения на две фазы: ядро и подмыльный щелок. Для этого в кипящую мыльную массу порциями загружают 20%-ый раствор поваренной соли в начале высолки 2,0–3,0% от массы мыльного клея, в конце – 1,0% [5]. После загрузки каждой порции поваренной соли мыльную массу кипятят около 15 мин, после загрузки последней порции, поваренной соли массу кипятят 25–30 мин для равномерного распределения соли в мыльной массе и достижения необходимого эффекта высаливания. Это целесообразно для того, чтобы не возникло сложности в отделении подмыльного щелока от ядра (из-за повышенной вязкости ядра, которая является следствием избытка соли).

Высолка считается законченной, если мыльная масса в котле приобретает зернистое строение и со шпателя стекает в виде ядрышек и капелек раствора соли.

По окончании высолки мыльная масса отстаивается 2–4 ч. За это время она разделяется на ядро и подмыльный щелок.

Ядро (с еще не полностью отделившимся подмыльным щелоком) содержит около 58% жирных кислот и примерно 1,3–1,5% поваренной соли.

В подмыльном щелоке содержится 0,5–0,8% мыла, не более 0,1% свободной едкой щелочи; в нем на 1% больше предельной концентрации хлористого натрия [8]. Содержание глицерина в щелоке зависит от выхода подмыльного щелока и количества глицерина в мыльной массе после высолки. Подмыльный щелок спускают в приемную емкость, где при охлаждении из него выделяется большая часть растворенного в нем мыла. Этот подмыльный щелок (первый), освобожденный от мыла, перекачивают в глицериновый цех, если на предприятии осуществляется производство глицерина.

После первой высолки концентрация оставшегося в ядре глицерина примерно в 3 раза меньше, чем в подмыльном щелоке. При двух-трехкратной высолке мыльного клея, глицерина извлекается больше, чем при однократной, однако длительность варки при этом увеличивается. Повторную высолку проводят следующим образом. К оставшемуся в котле ядру при кипении острым паром добавляют горячую воду, а затем постепенно, порциями вводят 20%-ный раствор поваренной соли. Количество воды и раствора соли в сумме не должно быть больше количества ранее слитого из

котла первого подмыльного щелока. Дальнейшие операции ведут так же, как и при первой высолке.

Второе омыление. Омыление клеевых жиров отдельно от других ядерных жиров вызвано тем, что они требуют для высолки очень высокой предельной концентрации электролитов, что затрудняет последующую переработку первого подмыльного щелока с получением из него глицерина. При втором омылении оставшееся после слива щелока ядро переводят в мыльный клей, нагревая его острым паром до кипения и одновременно добавляя раствор каустической соды, горячую воду, и клеевые жиры. Едкого натра добавляют столько, чтобы избыток свободной щелочи составил 1–1,5% от мыльной массы. При добавлении воды следят за тем, чтобы в мыльном клее перед высаливанием содержалось 52–54% жирных кислот [10].

После ввода жиров и едкого натра мыльную массу кипятят 20–30 мин, затем проводят вторую высолку. Вторая полная высолка. При второй высолке в котел порциями загружают раствор едкого натра концентрацией около 40%. С каждой порцией вводят 0,2–0,3% едкого натра от мыльной массы [8].

Высолку едким натром ведут до тех пор, пока мыльная масса не приобретает зернистого строения (помещенный в пробирку подмыльный щелок, при охлаждении не должен превращаться в студнеобразную массу). После ввода последней порции щелочи мыльную массу кипятят 20–30 мин, затем пар выключают, и масса отстаивается в котле 2–4 ч для отделения ядра. Отстоявшийся подмыльный щелок сливают в отдельную приемную емкость. В нем может содержаться 4,5–6% едкой щелочи, около 3% хлористого натрия (при вводе в жировую смесь 10% кокосового масла) и 2–4% глицерина [8].

Второй подмыльный щелок полностью возвращается на стадию первого омыления, благодаря этому утилизируются содержащиеся в нем щелочь, глицерин и поваренная соль.

Шлифование является завершающей стадией варки туалетной основы. От нее зависят состав и свойства получаемого мыла, а также выход туалетной основы. Во время шлифования мылу придаются свойства, облегчающие его последующую механическую обработку, поэтому его следует проводить с особой тщательностью [11–23].

Шлифование мыла в зависимости от условий можно проводить

по двум вариантам. При работе по первому варианту (применяется при использовании чистого жирового сырья и материалов) ядро, полученное после второй полной высолки, не превращают в мыльный клей, а добавляют к нему горячую воду при кипячении и получают после отстаивания две фазы, клеевую и ядровую.

Шлифование проводится добавлением к ядру чистой горячей воды постепенно, порциями при кипячении массы острым паром. Нельзя добавлять воду холодную и струей, так как при этом могут образоваться комки мыла. Попадание комков мыла в мыльную основу вызывает брак готовой продукции. Мыльная основа с комками мыла плохо или совсем не перекачивается из котла, налипают на стенки трубопроводов и насоса.

По второму варианту (применяется при переработке недостаточно предварительно очищенного сырья) ядро после второй полной высолки разваривают с водой, превращая в мыльный клей. Этот мыльный клей подвергают частичной высолке 20%-ным раствором поваренной соли или каустической соды, реагент добавляют порциями в количестве 1–3% от мыльной массы. После добавления последней порции мыльную массу кипятят острым паром в течение 10–15 мин.

Шлифование заканчивают через час энергичного кипячения после загрузки в котел последней порции раствора электролитов или воды. Шлифование проводят с таким расчетом, чтобы мыльная масса в котле была в легкоподвижном состоянии, при легком кипячении волнисто переливалась от центра котла к периферии. Через 5–10 мин после закрытия пара должно наблюдаться легкое характерное кипение («цветение») в нескольких местах на поверхности мыльной массы, взятая на стальной горячей шпатель проба мыльной массы должна стекать медленно отдельными пластинами, оставляя шпатель чистым.

Отстаивание. После шлифования мыльная масса длительно отстаивается и разделяется на ядровое мыло и подмыльный клей. Мыльная масса сразу по окончании шлифования имеет температуру 100°C и минимальную вязкость. При отстаивании мыльная масса охлаждается и вязкость ядрового мыла заметно повышается, вследствие чего отделение от него подмыльного клея замедляется. Полное разделение ядрового мыла и подмыльного клея в котле наступает за 28–36 ч [5].

В ходе отстаивания через 24 и 32 ч на глубине 1–1,5 м от по-

верхности мыла отбирают пробу и анализируют ее на содержание жирных кислот, свободного едкого натра и хлористого натрия [10]. Если устанавливают, что мыльная основа отвечает техническим показателям, то ее откачивают в мылосборник. При сливе из котла мыльной основы необходимо следить, чтобы в нее не попал подмыльный клей. Из мыльной основы, не полностью отстоенной, нельзя получить оптимальную кристаллическую структуру готового мыла.

Обработка подмыльного клея. В зависимости от группы и цвета мыла ведут различную обработку подмыльного клея, оставшегося в мыловаренном котле после откачки мыльной основы. Если клеевой остаток используется для варки на нем очередной партии мыла, то проверяют в нем концентрацию поваренной соли. Если в клеевом остатке содержится повышенное количество соли, что будет затруднять омыление свежей порции жира и может вызвать высолку мыла, то такой подмыльный клей для снижения в нем концентрации соли подвергают предварительной обработке. Для этого подмыльный клей подвергают полной высолке поваренной солью. Отделившийся после кратковременного отстаивания подмыльный щелок сливают из котла, а на подготовленном таким образом ядре из клеевого остатка проводят омыление свежей партии жировой смеси.

Такой способ варки мыльной основы достаточно длительный, но он позволяет корректировать процесс мыловарения и, при необходимости, можно провести дополнительную высолку или доомыление. Также эта технология позволяет частую смену рецептуры мыльной основы и выпуск более широкого ассортимента продукции.

Цель работы. Коммерциализация инновационной технологии производства импортозамещающих продуктов массового потребления, выведение на рынок принципиально новых высокоэффективных санитарно-гигиенических средств.

Методы исследований. В мыловарении процесс получения мыла из жиров называют омылением. Омыление жирового исходного сырья протекает путем двух основных химических реакций – ступенчатый процесс гидролиза триглицеридов, в результате которого происходит расщепление до получения жирных кислот и глицерина. И дальнейшая нейтрализация раствором щелочь и выделенных жирных кислот (рисунок 1).

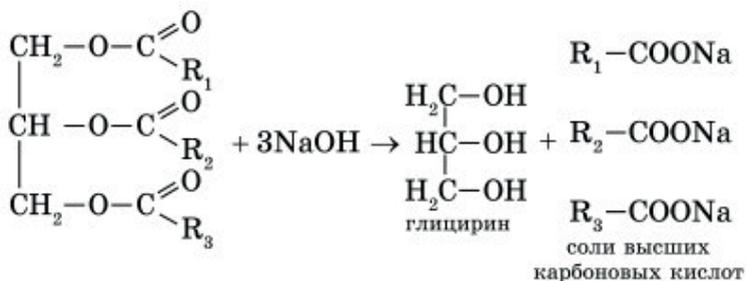


Рисунок 1 - ступенчатый процесс гидролиза триглицеридов

Таким образом на одну молекулу триглицерида приходится три молекулы едкой щелочи, и образуется три молекулы высших карбоновых кислот (мыла) и одна молекула глицерина.

Для нейтрализации высших карбоновых кислот используют гидроксид натрия (твердое мыло) или калия (жидкое мыло) (рисунок 2).

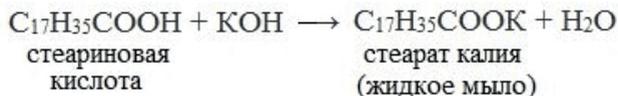
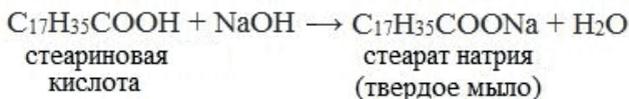
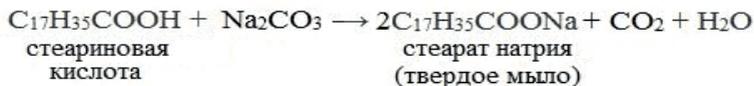


Рисунок 2 - Нейтрализации высших карбоновых кислот гидроксидом натрия

Для нейтрализации синтетических жирных кислот, нефтяных кислот и канифоли используют углекислый натрий:



Все перечисленные процессы протекают при температуре, подбор оптимальных условий нагревания определяется исходным сырьем и особенностями технологии варки мыла.

Для полноты протекания перечисленных реакций необходим избыток щелочи. В противном случае происходит реакция между двумя молекулами жирной кислоты и одной молекулой щелочи, с образованием «кислого» мыла и воды:



Тонкодисперсные взвеси раствора кислого мыла – сложная смесь мыла и жирных кислот с непостоянным составом. Эти растворы не обладают моющим действием, однако из такого раствора можно получить нормальное мыло кипячением с избытком щелочи. Поэтому при нейтрализации необходимо чтобы в процессе омыления всегда был избыток щелочи, а подачу жирных кислот производят в раствор щелочи.

На первом этапе омыления и нейтрализации жирных кислот получают растворы с содержанием мыла 40–55% (мыльный клей). Полученный мыльный клей – прозрачная, однородная жидкость.

В дальнейшем проводят процесс высаливания, мыльный клей смешивают с электролитами для разделения его на фазы – ядровая фаза (мыльная основа), и подмыленный клей. Концентрацию электролитов при высаливании подбирают с небольшим избытком электролитов. При оптимальной концентрации электролитов ядровая фаза мыльного клея подвижная, достаточно вязкая и однородная.

В случае избытка электролита вязкость мыльного клея понижается до определенного значения, а затем растет. В результате полученная фаза становится неоднородной и мутнеет. При недостаточном количестве электролитов масса загустевает и образует студень. Полученное из клея ядро в дальнейшем охлаждают, сушат, пластифицируют и штампуют.

Обзор исходного сырья для технологической линии по производству твердого туалетного мыла.

На данном этапе была проведен анализ жирового сырья сырью для производства мыл. Основным сырьём для мыловаренной промышленности являются пищевые и технические животные жиры, пальмоядровое и пальмовое масла, кокосовое, саломас, синтетические жирные кислоты, канифоль, нефтяные кислоты, дрожжевые и другие жиры. Химический состав и свойства животных жиров различаются в зависимости от вида животного, однако все животные жиры представляют собой триглицериды высших жирных кислот, то есть сложные эфиры глицерина и карбоновых кислот, имеющих в молекулах от 6 до 26 атомов углерода. Кроме триглицеридов животные жиры содержат также фосфатиды, холестерин, красящие вещества, витамины А (ретинол), D (кальциферол), Е (токоферол), F (незаменимые жирные кислоты).

Животные жиры. Наибольшее применение в мыловаренной промышленности находят говяжий, бараний, свиной и костный топленые жиры. Для производства туалетного мыла животные жиры расщепляют до получения дистиллированных жирных кислот. Такие жиры содержат от 40 до 60% насыщенных жирных кислот, в основном с 16–18 атомами углерода, из них около 50% пальмитиновой и от 36 до 55% олеиновой кислоты. Такие жиры универсальны и взаимозаменяемы в мыловарении.

Говяжий жир придает мылу необходимую твердость, однако его следует мешать с жирами, придающими пластичность (пальмоядровое, пальмовое и кокосовое масла) для избежания излишней хрупкости. Мыло на основе говяжьего жира дает устойчивую пену, хорошо увлажняет и хорошо сочетается с кокосовым, пальмовым и оливковым маслом.

При использовании свиного топленого жира следует соблюдать условия хранения вследствие быстрого окисления. *Топленые животные жиры.* Для получения топленых животных жиров в основном используют два метода его извлечения из жировых тканей: мокрый и сухой. «Мокрый метод» - термическая обработка с добавлением воды при переработке жира, что ускоряет процесс разрушения жировой ткани. В результате получают три продукта: жир, бульон и шквару.

«Сухой метод» - термическая обработка без добавления воды. В результате получают два продукта: жир и шквара. Разделение продуктов производится прессованием либо центрифугированием. Обработанные таким образом жиры являются высококачественным сырьем для выработки всех видов и сортов мыла. Однако это повышает стоимость конечного продукта. Их следует применять для получения специальных гипоаллергенных и медицинских мыл.

Технические животные жиры. Данные жиры получают из сырья, не соответствующего требованиям к пищевым продуктам. К таким жирам относятся отходы клежеластинового, кожевенного, костно-мучного и других производств. Такое сырье обычно имеет темный цвет, высокое кислотное число и содержит значительное количество примесей. Технические животные жиры применяют производства хозяйственного мыла и низших сортов туалетного мыла.

Твердые растительные масла. Пальмоядровое, пальмовое и кокосовое масла. Их добавление в мыла обеспечивает создание нужной пластичности при механической обработке. Жидкие растительные масла. Подсолнечное и соевое масла используют для приготовления

жидких хозяйственных и туалетных мыл, а также мазеобразных хозяйственных и промышленных мыл. Высокое содержание высоконасыщенных жирных кислот не позволяет производить из них твердые туалетные мыла.

Саломас. Продукт, получаемый гидрогенизацией растительных масел, жиров наземных и морских животных, натуральных жирные кислоты, полученных из жиров, масел и соапстоков при которой глицериды ненасыщенных кислот переходят в твердое состояние. Жиры морских животных и рыб. Используют в мыловаренной промышленности в гидрированном виде.

Синтетические жирные кислоты (СЖК). В основе получения СЖК лежит реакция окисления алканов кислородом воздуха до получения жирных кислот при повышенной температуре. В обычных условиях алканы очень трудно вступают в химические реакции. В промышленности при 110°C подвергают окислению, расплавленный нефтяной парафин, продувкой воздуха, с использованием катализатора (перманганат калия). Соединения марганца положительно влияют на свойства СЖК для мыловарения. В общем случае получают смесь кислот, содержащих от 1 до 30 атомов углерода в молекуле [24].

В производстве мыла используют две фракции - кислоты, содержащиеся в молекуле от 10 до 16 атомов углерода (кокосовая фракция), и фракция СЖК содержащая 17–20 атомов углерода в молекуле (саломасная).

В первую фракцию входят в основном. Ее называют иногда кокосовой фракцией и применяют в рецептуре мыл вместо кокосового масла. Вторая фракция синтетических жирных кислот содержит в основном кислоты с 17–20 атомами углерода в молекуле, ее называют саломасной фракцией и применяют в рецептурах мыла вместо саломаса. Недостатком кокосовой фракции является присутствие примесей низкомолекулярных кислот C5–C9 (4–5%), вследствие особенностей технологического процесса. Натриевые соли этих кислот не обладают моющим действием, хорошо растворимы в воде, не высаливаются концентрированным раствором соли и как следствие остаются в подмыленном щелоке.

Недостатком саломасной фракции является примеси повышенное содержание неомыляемых веществ, которые имеют неприятный запах. Достоинствами СЖК является низкая вязкость по сравнению, натуральными жирными кислотами, что упрощает технологический процесс и улучшает пластические характеристики мыльной основы.

По степени воздействия на организм человека синтетические жирные кислоты относятся к 3-му классу опасности по ГОСТ 12.1.007 (вещества умеренно опасные) с предельно допустимой концентрацией паров кислот в воздухе рабочей зоны для суммы кислот 5 мг/м³ (в пересчете на уксусную кислоту). Кислоты всех фракций обладают раздражающим действием на кожу и слизистую оболочку глаз. При работе с синтетическими жирными кислотами применяют индивидуальные средства защиты согласно нормам, утвержденным в установленном порядке. В случае разлива кислот применяют индивидуальные средства защиты органов дыхания по ГОСТ 12.4.034: противогазы марок ФУ-2, ФУ-3, изолирующие.

Результаты и обсуждение. *Функциональные свойства.* Основное функциональное свойство мыла — моющая способность, благодаря чему удаляются загрязнения любого состава. Считают, что мыло обладает дезинфицирующим действием вследствие того, что оно при продолжительном контакте и высокой концентрации в растворе задерживает рост некоторых грибков и бактерий.

Эстетические свойства. Как товарный продукт туалетное мыло должно удовлетворять эстетические вкусы потребителя. Запах, цвет, форма мыла, а также дизайн упаковки характеризуют эстетические свойства туалетного мыла. Щелочные вещества необходимы для омыления нейтральных жиров и нейтрализации жирных кислот. Применяют в основном едкий натрий (NaOH — каустическая сода, каустик) и кальцинированную соду Na₂CO₃. Последняя значительно дешевле, чем едкий натрий. Для отдушки для мыла всегда грубее, чем для парфюмерных и косметических товаров. Попытки введения очень тонких душистых веществ не приводят к желаемому результату, так как они нестойки в мыле или заглушаются его собственным запахом.

1. Туалетное мыло должно вырабатываться из доброкачественного сырья и в соответствии с утвержденной рецептурой, иметь приятный запах, эстетичность, цвет, удобную форму. Мыло должно легко растворяться в холодной воде, легко пениться и отмывать загрязнения без особых физических усилий, т. е. иметь высокую моющую способность.

2. Целесообразно считается обратить внимание на эстетическое исполнение туалетного мыла, в частности на оформление упаковки, формование.

3. В составе мыла должны присутствовать натуральные природные компоненты, с оздоровительным и омолаживающим эффектом,

придающие туалетному мылу дополнительные свойства и улучшающие его качество.

Сквамометрию использовали для оценки эффективности твердого мыла. Эффективные мыла могут стимулировать шелушение поврежденных поверхностных корнеоцитов. Это приводит к уменьшению поглощения красителя, что измеряется более низким значением S^* . Увлажняющие средства на основе полиолов более эффективны, чем те, которые не содержат полиолов, в снижении S^* и повышении проводимости кожи. Это говорит о том, что полиолсодержащие увлажнители более эффективны при удалении поврежденных агрегатов корнеоцитов, иначе известных как сухие кожные чешуйки или чешуйки.

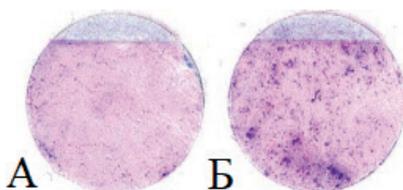


Рисунок 1 – Изменения до и после умывания (А) рН кожи (В) трансэпидермальной потери воды (С) концентрации кожного сала в поперечном сечении (n = 65)

Заключение. В частности, данные исследования проводились по упрощению состава товаров бытовой химии, максимально безвредному, хотя бы частично свободному от различных канцерогенных воздействий, а также замене местных реагентов, достижению экологической чистоты, полученного на основе местного сырья - композиционных материалов, применяемого в ряде существующих отраслей бытовой химии.

Добавки улучшают качество моющих средств и позволяют резко снизить содержание активного компонента в товарном продукте без снижения его моющей способности. Наиболее распространенными моющими добавками являются конденсированные фосфаты, силикаты, сульфаты и соли карбоксиметилцеллюлозы. Из неорганических солей сульфат натрия широко применяется в качестве добавки в средствах для деликатной стирки и составах для мытья посуды. При производстве синтетических моющих средств в 1968 г. использовалось 16% произведенного сульфата натрия. Из конденсированных фосфатов особенно эффективны в качестве добавок тетрапирофос-

фат натрия и триполифосфат натрия. Эти соли впервые были использованы в качестве наполнителей в США в начале 1940-х годов. Триполифосфат натрия занимает первое место среди них по объему потребления в производстве моющих средств. В 1970 г. производство триполифосфата натрия составило 1079,6 тыс. тонн (230). В 1974 г. его производили шесть фирм на заводах общей мощностью 102 тыс. тонн. До 90% производимого триполифосфата натрия используется в качестве наполнителя при производстве синтетических моющих средств.

Список литературы

1 Курнаков, Н.С. Некоторые вопросы физико-химического анализа. Введение в физико-химический анализ / Н. С. Курнаков, М. А. Ключко. - М.: Химия, 1940. -С. 189-193.

2 Пат. 69827845 (Германия), МПК С 11 D 3/20, С 11 D 3/33, С 11 D 17/00, С 11 D 3/02. Cleaning compositions for ceramic and porcelain surfaces and related methods I Neumiller J (US); Rees M (US); заявитель Johnson & Son Inc S C -№ 19986027845; заявл. 17.12.98; опубл. 01.12.05.

3 Пат. 69732216 (Германия), МПК CUD 3/00, CUD 1/44, CUD 17/00, CUD 3/37. Liquid hard-surface cleaning compositions / Gordon Neil James (BE); Evers Mark Francois Theophile (BE); заявитель Procter & Gamble. - № 19976032216; заявл. 14.02.97; опубл. 08.12.05.

4 Пат. 69731283 (Германия), МПК CUD 1/722. Surfactant composition I Ishii Yasuo (JP), Mori Atsuhito (JP); заявитель Kao Corp. - № 19976031283; заявл. 02.12.97; опубл. 24.11.05.

5 Пат. 148767 (Италия), МПК С 11 D 1/83, С 11 D 17/00. Acidic light duty liquid cleaning compositions; заявитель Colgate Palmolive Co. — № 20000148767; заявл. 28.09.00; опубл. 25.09.05.

6 Пат. 2005281310 (Япония), МПК А 61 К 7/50, А 61 К 7/00. Multiphase aqueous cleansing composition. - № 20050088879; заявл. 25.03.05; опубл. 13.10.05.

7 Пат. 2242799 (Испания), МПК CUD 3/42, CUD 1/72. Detergent compositions I Soccia Maria Gabriella, Fumagall Eugenio; заявитель 3V Sigma SPA. -№ 20020008937; заявл. 22.04.02; опубл. 16.11.05.

8 Пат. 20051860 (Норвегия), МПК CUD 3/37, CUD 1/94, CUD 1/90. Cleaning composition containing a hydrophilizing polymer / Ewbank Eric (FR); заявитель Colgate Palmolive Co. - № 20050001860; заявл. 15.04.05; опубл. 15.04.05.

9 Пат. 1589093 (Япония), МПК CUD 3/20, CUD 1/75, CUD 1/83. Liquid detergent composition / Hayashi Hiromitsu (JP), Yomogida Yoshihiro (JP); заявитель Kao Corp. -№ 20040705938; заявл. 28.01.04; опубл. 26.10.05.

10 Пат. 0071664 (США), МПК CUD 7/50, CUD 7/26, CUD 7/22. Environmentally safe solvent composition / Lally Edward D (US); заявитель Boeing Co.-№ 19990315763; заявл. 20.05.99; опубл. 30.11.00.

11 Пат. 5780408 (США), МПК С 09 D 9/04, С 11 D 7/24, С 11 D 7/50. Body moulding solution I Russell Mark John (AU), Rickhuss Michael John (AU); заявитель MMZ Solution PTY LTD. - № 19960652125; заявл. 23.05.96; опубл. 14.07.98.

12 Пат. 5609678 (США), МПК С 09 D 7/00, С 09 D 9/00, С 11 D 7/50. Paint solvent with glycol ether, oxidizing oil, propylene glycol or propylene carbonate, and NMP or isoalkane I Bergman Leo (US); заявитель American Color Company. -№ 19950438188; заявл. 09.05.95; опубл. 11.03.97.

13 Пат. 6197734 (США), МПК CUD 1/72, CUD 3/18, CUD 3/20. High wax content heavy oil remover I Vlasblom Jack (US); заявитель Dotolo Res LTD.-JMi» 19990417513; заявл. 13.10.99; опубл. 06.03.01.

14 Пат. 1553212 (Англия), МКИ CUD 10-02. Cleaning composition / Wrigglesworth A. -№ 33463/75; заявл. 02.08.76; опубл. 26.09.79.

15 Пат. 2004110649 (США), МПК CUD 1/62, CUD 3/33, CUD 3/37. Cleaning composition for neutralizing biological and chemical weapons removal agents -№ 20030610032; заявл. 30.06.03; опубл. 10.06.04.

16 Пат. 2003203824 (США), МПК CUD 1/14, CUD 3/20, CUD 3/30. Antibacterial soap I Staats Victor (US). - № 20030413604; заявл. 14.04.03; опубл. 30.10.03.

17 Пат. 2005107278 (США), МПК CUD 1/83, CUD 3/18, CUD 3/20. Blooming natural oil cleaning compositions / Manske Scott (US); заявитель Clariant Int LTD. -№ 20040015202; заявл. 17.12.04; опубл. 19.05.05.

18 Пат. 6696399 (США), МПК CUD 1/83, CUD 3/20, CUD 17/00. Cleaning composition / Martens Richard (US); заявитель Cleaning Systems Inc. -№ 20020271632; заявл. 15.10.02; опубл. 24.02.04.

19 Пат. 4421141 (Германия), МПК CUD 3/18, CUD 3/20, CUD 9/04. Environmentally friendly cleaning compositions / Helms Anne-Kathrin (DE); заявитель AVAX Naturwaren Entwicklungen G. - № 19944421141; заявл. 16.06.94; опубл. 21.12.95.

20 Пат. 148767 (Италия), МПК CUD 1/83, CUD 17/00. Acidic light duty liquid cleaning compositions; заявитель Colgate Palmolive Co. — № 20000148767; заявл. 28.09.00; опубл. 25.09.05.

21 Пат. 2004000983 (Корея), МПК А 61 К 8/81, А 61 Q 19/10, С 11 D 3/37. A hand cleansing agent comprising polystyrene sulfonate salts - № 2003KR01193; заявл. 20.06.02; опубл. 31.12.03.

22 Пат. 2004142845 (США), МПК CUD 3/02, CUD 3/20, CUD 11/00. Iron sulfide clean-up composition and method / Miller Andy (US). - № 20030347057; заявл. 21.01.03; опубл. 22.07.04.

23 Пат. 6242402 (США), МПК CUD 1/66, С 11 D 1/835, CUD 3/20. Shower rinsing composition I Robbins Michael (US), Peterson David (US); заявитель Clorox Co. -№ 20000689543; заявл. 11.10.00; опубл. 05.06.01.

24 Волков В.А. Поверхностно-активные вещества в моющих средствах и усилителях химической чистки. Справочное пособие. / - М.: Легкая промышленность и бытовое обслуживание, 1985. -216 с.

References

1 Kurnakov N.S. Nekotorye voprosy fiziko-himicheskogo analiza. Vvedenie v fiziko-himicheskij analiz / N.S. Kurnakov, M.A. Klochko. - M.: Himiya, 1940. -S. 189-193.

2 Pat. 69827845 (Germaniya), MPK S 11 D 3/20, S 11 D 3/33, S 11 D 17/00, S 11 D 3/02. Cleaning compositions for ceramic and porcelain surfaces and related methods I Neumiller J (US); Rees M (US); zayavitel' Johnson & Son Inc S S -№ 19986027845; zayavl. 17.12.98; opubl. 01.12.05.

3 Pat. 69732216 (Germaniya), MPK CUD 3/00, CUD 1/44, CUD 17/00, CUD 3/37. Liquid hard-surface cleaning compositions / Gordon Neil James (BE); Evers Mark Francois Theophile (BE); zayavitel' Procter & Gamble. - № 19976032216; zayavl. 14.02.97; opubl. 08.12.05.

4 Pat. 69731283 (Germaniya), MPK CUD 1/722. Surfactant composition I Ishii Yasuo (JP), Mori Atsuhito (JP); zayavitel' Kao Coip. - № 19976031283; zayavl. 02.12.97; opubl. 24.11.05.

5 Pat. 148767 (Italiya), MPK S 11 D 1/83, S 11 D 17/00. Acidic light duty liquid cleaning compositions; zayavitel' Colgate Palmolive Co. — № 20000148767; zayavl. 28.09.00; opubl. 25.09.05.

6 Pat. 2005281310 (Yaponiya), MPK A 61 K 7/50, A 61 K 7/00. Multiphase aqueous cleansing composition. - № 20050088879; zayavl. 25.03.05; opubl. 13.10.05.

7 Pat. 2242799 (Ispaniya), MPK CUD 3/42, CUD 1/72. Detergent compositions I Coccia Maria Gabriella, Fumagall Eugenio; zayavitel' 3V Sigma SPA. -№ 20020008937; zayavl. 22.04.02; opubl. 16.11.05.

8 Pat. 20051860 (Norvegiya), MPK CUD 3/37, CUD 1/94, CUD 1/90. Cleaning composition containing a hydrophilizing polymer / Ewbank Eric (FR); zayavitel' Colgate Palmolive Co. - № 20050001860; zayavl. 15.04.05; opubl. 15.04.05.

9 Pat. 1589093 (Yaponiya), MPK CUD 3/20, CUD 1/75, CUD 1/83. Liquid detergent composition / Hayashi Hiromitsu (JP), Yomogida Yoshihiro (JP); zayavitel' Kao Corp. -№ 20040705938; zayavl. 28.01.04; opubl. 26.10.05.

10 Pat. 0071664 (SSHA), MPK CUD 7/50, CUD 7/26, CUD 7/22. Environmentally safe solvent composition / Lally Edward D (US); zayavitel' Boeing Co.-№ 19990315763; zayavl. 20.05.99; opubl. 30.11.00.

11 Pat. 5780408 (SSHA), MPK S 09 D 9/04, S 11 D 7/24, S 11 D 7/50. Body moulding solution I Russell Mark John (AU), Rickhuss Michael John (AU); zayavitel' MMZ Solution PTY LTD. - № 19960652125; zayavl. 23.05.96; opubl. 14.07.98.

12 Pat. 5609678 (SSHA), MPK S 09 D 7/00, S 09 D 9/00, S 11 D 7/50. Paint solvent with glycol ether, oxidizing oil, propylene glycol or propylene carbonate, and NMP or isoalkane I Bergman Leo (US); zayavitel' American Color Company.

-№ 19950438188; zayavl. 09.05.95; opubl. 11.03.97.

13 Pat. 6197734 (SSHA), MPK CUD 1/72, CUD 3/18, CUD 3/20. High wax content heavy oil remover I Vlasblom Jack (US); zayavitel' Dotolo Res LTD. -JMi» 19990417513; zayavl. 13.10.99; opubl. 06.03.01.

14 Pat. 1553212 (Angliya), MKI CUD 10-02. Cleaning composition / Wrigglesworth A. -№ 33463/75; zayavl. 02.08.76; opubl. 26.09.79.

15 Pat. 2004110649 (SSHA), MPK CUD 1/62, CUD 3/33, CUD 3/37. Cleaning composition for neutralizing biological and chemical weapons removal agents -№ 20030610032; zayavl. 30.06.03; opubl. 10.06.04.

16 Pat. 2003203824 (SSHA), MPK CUD 1/14, CUD 3/20, CUD 3/30. Antibacterial soap I Staats Victor (US). - № 20030413604; zayavl. 14.04.03; opubl. 30.10.03.

17 Pat. 2005107278 (SSHA), MPK CUD 1/83, CUD 3/18, CUD 3/20. Blooming natural oil cleaning compositions / Manske Scott (US); zayavitel' Clariant Int LTD. -№ 20040015202; zayavl. 17.12.04; opubl. 19.05.05.

18 Pat. 6696399 (SSHA), MPK CUD 1/83, CUD 3/20, CUD 17/00. Cleaning composition / Martens Richard (US); zayavitel' Cleaning Systems Inc. -№ 20020271632; zayavl. 15.10.02; opubl. 24.02.04.

19 Pat. 4421141 (Germaniya), MPK CUD 3/18, CUD 3/20, CUD 9/04. Environmentally friendly cleaning compositions / Helms Anne-Kathrin (DE); zayavitel' AVAH Naturwaren Entwicklungs G. - № 19944421141; zayavl. 16.06.94; opubl. 21.12.95.

20 Pat. 148767 (Italiya), MPK CUD 1/83, CUD 17/00. Acidic light duty liquid cleaning compositions; zayavitel' Colgate Palmolive Co. — № 20000148767; zayavl. 28.09.00; opubl. 25.09.05.

21 Pat. 2004000983 (Koreya), MPK A 61 K 8/81, A 61 Q 19/10, S 11 D 3/37. A hand cleansing agent comprising polystyrene sulfonate salts - № 2003KR01193; zayavl. 20.06.02; opubl. 31.12.03.

22 Pat. 2004142845 (SSHA), MPK CUD 3/02, CUD 3/20, CUD 11/00. Iron sulfide clean-up composition and method / Miller Andy (US). - № 20030347057; zayavl. 21.01.03; opubl. 22.07.04.

23 Pat. 6242402 (SSHA), MPK CUD 1/66, S 11 D 1/835, CUD 3/20. Shower rinsing composition I Robbins Michael (US), Peterson David (US); zayavi-tel' Clorox Co. -№ 20000689543; zayavl. 11.10.00; opubl. 05.06.01.

24 Volkov V.A. Poverhnostno-aktivnye veshchestva v moyushchih sredstvah i usilitelyah himicheskoy chistki. Spravochnoe posobie. / - M.: Legkaya promyshlennost' i bytovoe obsluzhivanie, 1985. -216 s.

Сведения об авторах

Мутушев Алибек Жумабекович, PhD, alibek_090@mail.ru, Дизайн Исследования, Проведение Исследований, Анализ Результатов.

Муханов Даурен Кабдракимович, магистр, daurenm28@gmail.com, Литературный Поиск, Анализ Результатов, Подготовка Публикации.

Нұралы Әсия Мамбетқызы, PhD-докторант, beregichtoest777@mail.ru, Дизайн Исследования, Проведение Исследований, Анализ Результатов.

Рысбаева Елдана Жетесовна, магистр, eldana-90@mail.ru, Анализ Результатов, Обсуждение.

Авторлар туралы мәліметтер

Мутушев Әлібек Жұмабекұлы, PhD, alibek_090@mail.ru, Зерттеуді жобалау, зерттеу жүргізу, нәтижелерді талдау.

Мұханов Дәурен Қабдракімұлы, магистр, daurenm28@gmail.com, Әдеби ізденіс, нәтижелерді талдау, басылымдарды дайындау.

Нұралы Әсия Мәмбетқызы, PhD-докторант, beregichtoest777@mail.ru, Зерттеуді жобалау, зерттеу жүргізу, нәтижелерді талдау.

Рысбаева Елдана Жетесовна, магистр, eldana-90@mail.ru, Нәтижелерді талдау, Талқылау.

Information about the authors

Mutusev Alibek Zhumabekovich, PhD, alibek_090@mail.ru, Research Design, Research Conduct, Results Analysis.

Mukhanov Dauren Kabdrakimovich, master, daurenm28@gmail.com, Literary Search, Analysis of Results, Preparation of Publications.

Nuraly Asiya Mambetkyzy, PhD-doctoral student, beregichtoest777@mail.ru, Research Design, Research Conduct, Results Analysis.

Rysbaeva Eldana Zhetesovna, master, eldana-90@mail.ru, Analysis of Results, Discussion.

Благодарность. Авторы благодарят ГНС ТОО НПТЦ “Жалын” Акназарова С.Х., ВНС ТОО НПТЦ “Жалын” Биисенбаева М.А., зам. генерального директора Тулейбаеву Ш.А. за содействие в организации и осуществлении исследований.

Есимсиитова З.Б.^{1,2}, Конысбаева А.Ә.¹, Токтар М.²,
Акимбаева А.Б.², Нұралы Ә.М.²

¹Әл-Фараби атындағы Қазақ ұлттық университеті, қ. Алматы, Қазақстан
²«Жалын» ғылыми өндірістік-техникалық орталығы, қ. Алматы, Қазақстан

ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫНДАҒЫ ЖЕРДІҢ ТЕХНОГЕНДІК БАСТАУЫНЫҢ ЭКОЛОГИЯЛЫҚ МӘСЕЛЕЛЕРІ

Түйіндеме. Қазақстанның үлкен территориясы топырақтың әртүрлілігімен және топырақ жамылғысының күрделі құрылымымен ерекшеленеді. Топырақтың ауыр металдармен ластануы, әсіресе ірі қалалар мен өнеркәсіп орталықтарының маңында экологиялық мәселелердің бірі болып табылады. Топырақтағы ауыр металдардың құрамын анықтау, олардың трансформациялануы және азық пен жемге енуі үлкен ғылыми және практикалық қызығушылық тудырады. Топырақта ауыр металдардың жиналуы олардың өсімдіктердегі концентрациясының жоғарылауына алып келеді. Бұл халықтың денсаулығына әсер етеді. Сондықтан, топырақта ауыр металдар мөлшері жоғары деген аймақтарды зерттеу мен анықтаудың маңызы артып отыр. Мақалада тау-кен кәсіпорындарына іргелес аумақтардағы топырақ пен өсімдік жамылғысын зерттеу нәтижелері жинақталған түсті және сирек металдар өндіретін зауыттар.

Түйінді сөздер: ауыр металдар, топырақ, топырақ, эрозия, топырақ, ластану, шекті рұқсат етілген концентрация, егіс алқаптары, агрохимия.

• • •

Аннотация. Большая территория в Казахстане отличается многообразием почв, сложнейшей структурой почвенного покрова. Загрязнение почв тяжелыми металлами, особенно в окрестностях крупных городов и промышленных центров является одной из экологических проблем. Большой научный и практический интерес представляет определение содержания тяжелых

Жұмыс Қазақстан Республикасы Ғылым және жоғары білім министрлігінің қаржылық қолдауымен АР19677698 «Техногендік қалдықтардың топырақ жамылғыларының қасиеттеріне әсерін баалау және экологиялық қолайсыз өнеркәсіптік аймақтарды қалпына келтіру әдісін әзірлеу» жобасы аясында жүзеге асырылды.

металлов в почве, их трансформация и поступление в продукты питания и корма. Накопление тяжелых металлов в почве приводит к повышению концентрации их в растениях, что влияет на здоровье населения. Поэтому изучение и выделение территорий с высоким содержанием тяжелых металлов в почве имеют все возрастающее значение. В статье обобщены результаты исследования почвенно-растительного покрова территорий, прилегающих к предприятиям горнодобывающей промышленности заводов по производству цветных и редких металлов.

Ключевые слова: тяжелые металлы, почва, эрозия почвы, загрязнение почв, ПДК, посевные площади, агрохимия.

• • •

Abstract. A large territory in Kazakhstan is distinguished by the diversity of soils and the complex structure of the soil cover. Soil contamination with heavy metals, especially in the vicinity of large cities and industrial centers, is one of the environmental problems. Of great scientific and practical interest is the determination of the content of heavy metals in soil, their transformation and entry into food and feed. The accumulation of heavy metals in the soil leads to an increase in their concentration in plants, which affects public health. Therefore, the study and identification of areas with high levels of heavy metals in the soil are of increasing importance. The article summarizes the results of a study of soil and vegetation cover in areas adjacent to mining enterprises factories for the production of non-ferrous and rare metals.

Key words: heavy metals, soil, erosion soil, pollution soil, maximum permissible concentrations, sown areas, agrochemistry.

Кіріспе. Топырақ жамылғысы шектеулі табиғи ресурс болып табылады және қоғамдық өндіріс дамыған сайын ол азайып барады. Оны ұтымды пайдалану, қорғау және жақсарту ғылыми-техникалық прогрестің маңызды мәселелері болып отыр. Өндірістің жоғары мамандануы мен шоғырлануын көздейтін қазіргі заманғы интенсивті ауыл шаруашылығы үлкен, салыстырмалы түрде біртекті тракттарды қажет етеді. Сонымен қатар, топырақ карталарымен танысу қасиеттері өте әртүрлі топырақтардың кеңістігінде ауылшаруашылық өндірісінің бірліктеріне сәйкес келмейтін әртүрлі өлшемдегі және пішіндегі учаскелермен жиі қиылысуы мүмкін екенін көрсетеді. Сондықтан, топырақтың алуан-түрлі қасиеттерінің, өсімдіктердің даму сипаты мен ауыспалы егіс алқаптарының, бау-бақшалардың, жүзімдіктердің және ауылшаруашылық өндірісінің басқа да бірліктерінің шығымдылығына жиі күә боламыз [1-3].

Табиғи ресурстарға кері әсері тигізетін экономиканың ең жойқын саласы тау-кен өнеркәсібі екені белгілі. Ғалымдардың зерттеулерінің талдауы өнеркәсіптік кәсіпорындардың шығарындыларының кері әсері және жылжымалы көздерден топырақ пен өсімдіктерге шығарындылар көлемінің артуы топырақ бетіне қатты әсер ететінін көрсетті. Соның нәтижесінде топырақта өсімдіктер жоқ және эрозия процестеріне бейім. Басым ластаушы заттарға органикалық қышқылдардың құрамын бұзатын мырыш, қорғасын, мыс, кадмий жатады. Бұл сәйкесінше агрегация күйіне әсер етеді, ұсақ фракциялардың көбеюі байқалады, әсіресе топырақтың жоғарғы горизонттарында тығыздалу орын алады. Ауыр металдардың ластануына, атмосфералық ауаның, топырақтың радиациялық фондық деңгейіне тұрақты мониторинг жүргізу және өндірістік аймақтардың экологиялық жағдайын жақсартуға бағытталған іс-шараларды жүзеге асыру бүгінгі күннің өзекті мәселесі болып табылады. Қазіргі жағдайда, табиғаттың жаһандық дағдарысы күшейіп, еліміздегі экологиялық жағдайдың шиеленісуімен топырақтану ғылымының маңызы өлшеусіз артып, ерекше өзекті бола түсуде [4].

Қазақстан территориясы бойынша тоғызыншы орында және табиғи ресурстық әлеуетінің алуан түрлілігі бойынша әлемдегі ең ірі елдердің бірі болып табылады. Химиялық ластаушы заттардың ішінде ауыр металдардың экологиялық және биологиялық маңыздылығы ерекше. Топыраққа түсетін бірқатар элементтерді ластаушы деп атауға болмайды, өйткені олардың көпшілігі өсімдіктерге қажетті микроэлементтер. Сонымен қатар, топырақты ластайтын химиялық элементтердің айтарлықтай бөлігі ауыр металдар емес. Республиканың көптеген аймақтарында экологиялық зардаптарды есепке алмай, табиғи ресурстарды қарқынды игеру салдарынан жер, оның ішінде топырақ жамылғысы ластануда. Соңғы он жылда Қазақстан Республикасында өнеркәсіп өнімінің қалыпты өсуі байқалады: көмір өндіру 20%-ға, шикі мұнай мен табиғи газ өндіру 19%-ға, металл кенін өндіру 27%-ға өсті. Өнеркәсіптік кәсіпорындардан топырақтың ластану ошақтары Өскемен, Риддер, Жезқазған, Шымкент, Қарағанды қалаларының маңында қалыптасқан. Мұнда топырақтағы қорғасын, мыс, мырыш, кадмий мөлшері шекті рұқсат етілген концентрациядан (ШПК) айтарлықтай асып түседі [5]. Мұның бәрі қоршаған ортаға тікелей әсер етіп, топырақ-экологиялық жағдайды нашарлатып, топырақ құнарлығын төмендетеді. Топырақ ауылшаруашылық жерлеріне тыңайтқыштар мен пестицидтердің көп мөлшерін қолданудан, суару суларына зиян

ды заттардың түсуінен, өнеркәсіптік, ауылшаруашылық және мал шаруашылығы қалдықтарының жиналуынан, көптеген елді мекендердің антисанитариялық жағдайынан, атмосфераны ластаушы заттардың, ауыр металдардың, сынаптың, қорғасынның, кадмийдің, ванадийдің, хромның, мырыштың, мыстың, никельдің, селеннің және т.б., сондай-ақ мышьяқтың, әртүрлі өндірістердің, әсіресе металлургия және машина жасау өнеркәсібінің қалдықтарының суға төгілуінен ластануға ұшырайды. [6,7]. Сонымен қатар, бұл металдардың айтарлықтай жинақталуымен топырақ құнарлылығы оның толық жоғалуына дейін төмендейді. Көптеген ғалымдар топырақты ластаушы ретінде келесі элементтерді қамтиды: фтор, ванадий, сынап, қорғасын және басқалары. Топыраққа түсетін бұл элементтердің тағдыры олардың химиялық және физикалық қасиеттеріне байланысты [8].

Ауыр металдар топыраққа жанармай жағу кезінде және көліктің пайдаланылған газдары арқылы түседі. Радионуклидтер атом электр станцияларындағы апаттар мен радиоактивті қалдықтарды сенімсіз орналастыру нәтижесінде топырақты ластайды. Минералды тыңайтқыштар, әсіресе азот тыңайтқыштары, егер олар шамадан тыс мөлшерде енгізілсе, топырақты ластауы мүмкін. Өнеркәсіптік ластану негізінен атмосфера арқылы жүреді: аэрозольдар, булар, шаң, күйе, жаңбырмен және қармен әкелінген еритін заттар топырақ бетіне шөгеді. Топырақтың барлық ластаушы заттары қоректік тізбекке кіреді және адамның асқазан-ішек жолдарына тамақпен немесе сумен түседі. Техногенді ластаушылар топыраққа күрделі органикалық және минералды қосылыстар түрінде, сонымен қатар металл күйінде, кейіннен жай элементтерге дейін ыдырай отырып немесе жаңа қосылыстар түзе отырып түседі [9,10].

Қазіргі таңда Қазақстанның ең өзекті экологиялық проблемалары: ауа мен топырақтың өнеркәсіптік ластануы, су ресурстарының экологиялық проблемалары, радиоактивті, бактериологиялық және химиялық ластануы, шөлейттену проблемалары, өндірістік және тұрмыстық қалдықтардың жиналу проблемалары. Қазақстандағы экологиялық проблемалар әртүрлі себептерден туындайды: халық санының өсуі, өнеркәсіптің, ауыл шаруашылығы құрылымдарының дамуы, басқа мемлекеттердің трансшекаралық өзендерді пайдалануы және т.б. Осының барлығы қоршаған ортаға айтарлықтай қауіп төндіреді. 2022 жылы Қазақстанның ауасы ең ластанған қалалар тізіміне Астана, Алматы, Қарағанды, Теміртау, Атырау, Ақтөбе, Балқаш және Өскемен кірді. Бұл туралы экологиялық реттеу және бақылау комитеті

хабарлады. Қазақстан экологиялық тиімділік рейтингінде 93 орынға ие болды. Ең өзекті экологиялық проблемаларға су қоймалары жағалауларының және су қоймаларының өздерінің қоқыспен ластануы, сондай-ақ өнеркәсіптік және канализациялық ағынды сулар, ормандарды заңсыз кесу, елді мекендерде немесе оған жақын жерде рұқсат етілмеген полигондар жатады. Тау-кен және металлургиялық аймақтардың айналасындағы топырақтар көбінесе ауыр металдармен қатты ластанған [11,12]. Осыған орай біз топырақ жамылғысының экологиясына әдеби талдау жасап, жердің ластануының техногендік аймақтарындағы қазіргі физикалық-химиялық жағдайына, проблемалары мен оларды шешу жолдарына баға бердік.

Зерттеу әдістері. Топырақ құрамы мен оның қасиеттерін жан-жақты зерттеуге, сондай-ақ пайдаланудың әртүрлі түрлеріне жарамдылығын бағалауға арналған зерттеу әдістерінің нормативтік тізіміне мыналар кіреді: физика-химиялық және агрохимиялық талдау, морфологиялық, статистикалық әдіс.

Нәтижелер және талқылау. Қазақстан Республикасының агроөнеркәсіп кешенінің қазіргі жағдайы мен даму болашағы топырақ жамылғысын дұрыс пайдаланумен тығыз байланысты. Топырақты қорғау және сақтау бүгінгі таңда негізгі экологиялық мәселелердің бірі болып табылады. Топырақ құнарлығын сақтау және арттыру – жер шарындағы бүкіл биосфераның экологиялық тұрақтылығын қамтамасыз етудің негізгі шарты. Топырақ құрылымдарының және ауылшаруашылық топырақтарының қысылуы экологиялық мәселелердің бірі болып табылады. Еліміздің негізгі ауылшаруашылық ресурсы болып табылатын Солтүстік Қазақстан облысының қара топырақтарында қарашіріндінің теріс сальдосы 620-дан 1650 кг/га дейін ауытқып, қарашірік мөлшері 20-25%-ға төмендеген. Солтүстік Қазақстан облысының егін шаруашылығында қара топырақты интенсивті пайдалану салдарынан топырақтың А+В қабаттарының жұқаруына, топырақ құрылымының өзгеруіне, негізгі қоректік заттардың азаюына, эрозия процестеріне әкеліп соғады. 1960 жылдары солтүстік аймақтарда жеңіл және карбонатты оңтүстік қара топырақтар игерілгеннен кейін топырақ эрозиясы орын алып, топырақтағы минералды қоректік заттар мен органикалық заттардың балансы бұзыла бастады. Соңғы 30-40 жыл ішінде осындай процестердің тез таралуына байланысты топырақ қарашіріктерінің құрамында елеулі өзгерістер орын алып, топырақтың құрылымдық қасиеттерінің өзгеруі, ылғалдың азаюы топырақтың су-физикалық қасиеттерінің нашарлауына әкелді. Солтүстік

Қазақстан облысы – еліміздің ауыл шаруашылығы өнімдерін өндіруге бағытталған негізгі астықты өңірі. Сондықтан, топырақтың физикалық және құрылымдық қасиеттерін зерттеудің топырақ құнарлығын сақтау мен арттыруда маңызы зор. Сөйтіп, сапалы да мол өнім алуға мүмкіндік жасай отырып, топырақ құнарлығын сақтау және арттыру жолдарын қарастырамыз [13].

Қазақстанның жекелеген аймақтарындағы экологиялық жағдайдың ерекшеліктері және туындайтын экологиялық проблемалар жергілікті табиғи жағдайларға, өнеркәсіптің, көліктің, коммуналдық шаруашылықтың және ауыл шаруашылығының әсер ету сипатына байланысты. Қазіргі уақытта қоршаған ортаның жағдайы бүкіл адамзаттың ең алаңдатарлық және жаһандық проблемасы болып табылады. Қоршаған ортаның ластануын алаңдататын компоненттердің бірі – топырақ. Топырақ – белгілі бір қасиеттердің тұтас жиынтығына ие табиғи түзіліс. Оның құрылымы, құрамы және құнарлы қабаты көптеген ғасырлар бойы күрделі биологиялық процестердің нәтижесінде қалыптасады. Топырақтың қасиеті – құнарлылық, оның деңгейі топырақта өсетін өсімдіктердің толық өсуі мен дамуын қамтамасыз ете алатынын анықтайды. Табиғи топырақ құнарлылығы деп қоректік заттардың деңгейін және оның барлық қабаттарында тірі организмдердің болуын айтады. Топырақтың ластануы жаһандық проблема болып табылады және қайтымсыз зардаптарға әкелуі мүмкін. Құнарлы қабаттың бұзылуы табиғаттағы табиғи тепе-теңдік пен зат алмасудың бұзылуына әкеледі. Осыған сүйене отырып, топырақтың ластануы басқа экожүйелердің бұзылуына әкелуі мүмкін деп айтуға болады. Қазіргі кезде топырақты ластаудың көптеген жолдары бар [14].

Топырақтың ластануын арттыратын пестицидтер ғана емес. Топырақтың ластану көздерін сипаттау топырақтың негізгі жауы технологиялық процесс, оның өнімдері топырақты ластайтынын көрсетеді. Өнеркәсіп өндірісінің дамуы өнеркәсіптік қалдықтардың көбеюіне әкеледі, олар тұрмыстық қалдықтармен бірге топырақтың химиялық құрамына айтарлықтай әсер етеді, бұл оның сапасының нашарлауына әкеледі. Топырақтың ауыр металдармен қатты ластануы көмірдің жануынан туындаған күкіртпен ластану аймақтарымен бірге микроэлементтер құрамының өзгеруіне және техногендік шөлдердің пайда болуына әкеледі. Ауыр металдармен ластану қаупі олардың топырақтан нашар шығарылуы, биоаккумуляциясы және трофикалық тізбектер бойымен миграциясы арқылы күшейеді. Ауыр металдар топырақтың биологиялық қасиеттеріне әсер етеді: микроорганизмдердің

жалпы саны өзгереді, олардың түрлік құрамы азаяды, микробиоценоздардың құрылымы өзгереді, топырақ ферменттерінің белсенділігі төмендейді. Сондай-ақ, олар топырақтың консервативті сипаттамаларын – гумустың күйін, рН құрылымын өзгерте алады [15,16].

Металдардың қоршаған ортаға антропогендік көздерден түсуі олардың барлық экожүйелік орталарда: топырақта, ауада, суда таралуы арқылы жүзеге асады. Ластану жолдары әртүрлі, бірақ олардың ішіндегі ең маңыздысы техногендік шығарындылардың атмосфера арқылы таралуы. Тау-көң, металлургия және химия өнеркәсібінің өнеркәсіптік шығарындылары ауыр металдардың жер бетіне белсенді шөгуінің негізгі көзі болып табылады. Жыл сайын тек металлургиялық кәсіпорындардың жұмысының нәтижесінде жер бетіне кемінде 154 656 тонна мыс, 12 150 тонна мырыш, 89 000 тонна қорғасын, 12 090 тонна никель түседі. Қаладағы өнеркәсіптік кәсіпорындардан шығатын шаң-тозандар химиялық элементтердің кең ассоциациясымен сипатталады [17].

Қазақстан Республикасының индустриялық-инновациялық даму стратегиясының негізгі бағыттарының бірі агроөнеркәсіптік салалардың тұрақты дамуын және бәсекеге қабілетті өнім өндіруді ғылыми қамтамасыз етуді жүзеге асыру болып табылады. Сонымен бірге қазіргі заманғы ауыл шаруашылығының ұзақ мерзімді перспективасы бар жобаларды жүзеге асыру қазіргі ауыл шаруашылығын тұрақты дамытудың негізгі тетіктерінің бірі болуы керек, яғни жоғары өнім алу үшін топырақ құнарлығын ұзақ мерзімді сақтауды қамтамасыз ету қажет. Солтүстік Қазақстан – дәнді дақылдарды өсіру мен өндіруде еліміздің орасан зор әлеуеті бар аймақ. Өндіріс көлемін ұлғайту және астық сапасын жақсарту үшін топырақ құнарлығын арттыру және сақтау жұмыстарын жүргізу өте маңызды. Бүгінгі таңда Солтүстік Қазақстан облысының ауыл шаруашылығы жерлерінің құрылымында егістік алқаптары 5 млн. бұл 381,6 мың га оның ішінде Қызылжар өңіріндегі егістік алқаптарының құрылымы бойынша ауыл шаруашылығы мақсатындағы жерлер 217,7 мың гектарды құрайды. Жалпы егіс көлемі 198,01 мың га, оның ішінде дәнді және бұршақ дақылдары 113,5 мың га, мал азықтық дақылдар 44,4 мың га, майлы дақылдар 35,1 мың га, оның ішінде рапс 13,2 мың га, зығыр 21,1 мың га. Күнбағыс – 0,8 мың га, картоп – 4,4 мың га, жемістер мен көкөністер – 618 га [4-6]. Зерттеу объектісі болып табылатын Қызылжар өңірі Солтүстік Қазақстан облысының ауыл шаруашылығы өндірісі мен егін шаруашылығының негізгі бағыттарының бірі болып табылады. Жалпы жер көлемі –6,15 мың км² [18].

Солтүстік Қазақстан аймақтарында өңдеуден кейін эрозия процесерінің жиі орын алуы өңделетін топырақ қабаттарында органикалық заттардың азаюына, топырақтың гумификациясы кезіндегі минералдану процестеріне, топырақ құнарлылығының төмендеуіне байланысты. Мысалы, Оңтүстік Қазақстан облысындағы егістік алқаптарының жыртылған қабатында қарашірік қоры 4,3 миллиард тоннадан 1,2 миллиард тоннаға дейін азайған немесе 28,35%-ға құрғатылған. Ауыл шаруашылығы дақылдарынан сапалы өнім алудың басты кепілі топырақ құнарлығын арттыруға және сақтауға тікелей байланысты. 2017 жылы өткен «Ауыл шаруашылығын цифрландыру» форумында профессор А. Күрішбаевтың айтуынша, ғарыштық технологияларды қолдану арқылы егіс алқаптарын бақылау және зерттеу нәтижелері топырақтағы жылжымалы азоттың 77 % егістік алқаптарда болатынын көрсетті. Солтүстік және Орталық Қазақстандағы шаруашылықтардың саны төмен және өте төмен көрсеткіштерді көрсетті – қолда бар фосфордың 88%-ы төмен, қарашіріктің 50%-ы төмен болды. Сондықтан егістік жерлерді дұрыс және тиімді пайдалану үшін агрохимиялық нүктелік карталар мен ғарыштық технологияларды пайдалана отырып, мониторинг жүргізу арқылы егістік жерлерді бөлу ауыл шаруашылығы дақылдарының сапасы мен өнімділігін арттыруға мүмкіндік береді. Сонымен қатар, өндіріс мәселелерін шешуге және топырақ құнарлығын арттыру жолдарын қарастыруға болады [19,20].

Бүгінгі таңда қоршаған ортаға қатысты «жаһандық өзгерістер» ұғымы пайда болды. Климаттың өзгеруіне, топырақ-су ауасына, жерді дұрыс пайдаланбауға, жалпы биоәртүрліліктің өзгеруіне тікелей байланысты республикада техногендік бұзылған жерлер бағытында 346 кәсіпорын мен ұйым тіркелген. 2017 жылдың деректері бойынша 55 мың гектардан астам техногендік жою жұмыстары жүргізіліп, 1,0 мың гектардан астам жер қайтарылды. Тек қана 0,6 мың гектар жер қанағаттанарлық деңгейге дейін қалпына келтірілді. Қазақстанның тау-кен кен орындарының 60%-дан астамы шөлді және шөлейт аймақтарда орналасқан. Жамбыл облысында – 65 мың гектардан астам, Жамбыл облысында 2008 мың гектардан астам 1996 жылға дейін қалпына келтірілді. Содан кейін рекультивация жүргізілмеді. Жамбыл облысындағы фосфорит кен орындарының техногенді үйінділерін рекультивациялау бойынша жүргізіліп жатқан жұмыстар шөл және шөлейт аймақтардағы техногендік бұзылған жерлерді қоныстандырудың алғашқы басқармасы болып табылады. Жерді дұрыс пайдалану және жерге орналастыруды қалыптастыру Қазақстан экономикасы

мен экологиясы үшін өте өзекті. Шөл және шөлейт ортада өтпелі аймақтарда орналасқан аймақтардың экологиясы әртүрлі экологиялық зиянды факторларға өте төзімді. Сондықтан бұл аумақтардың өсімдік жамылғысын қалпына келтіру жобаларында ағаштар мен бұталарды отырғызу, ауыл шаруашылығы мақсатындағы мелиорация, ботаникалық бақтарды қалыптастыру жағалаулардың беткі қабатын жақсартудың жетекші жолдарының бірі болып табылады. Шөл және шөлейт зоналарының бұзылған жерлерінде осы аймақтарға төзімді өсімдік қауымдарының жойылып кетуі нәтижесінде экожүйелерді қалпына келтіру ұзақ уақытты алады және стратегиялық басқаруда қиындықтар туғызады.

Техногендік бұзылған тау-кен ландшафтарын агроэкологиялық рекультивациялау жобалары: графикалық дизайн, түзу сызықты дизайн, тамақ тізбегі дизайны, уақыт дизайны және инженерлік дизайн. Графикалық және түзу сызықты дизайн – тау-кен жұмыстары жүргізілетін жер бедері мен топырақ объектілерін толық пайдалану және оңтайлы бөлуден жергілікті гидрологиялық және климаттық жағдайларды жүзеге асыру. Тағамдық тізбектерді жобалау – халыққа улы заттардың уыттылығын төмендету, әртүрлі улы заттардан уланудың алдын алу және қорғау шараларын жүргізу. Жамбыл облысының шөл және шөлейт аймақтарының техногендік жойылған үйінділерін пайдалану бағыттарын анықтау және басқаруды қалыптастыру маңызды. Жұмыста Солтүстік Қазақстан облысындағы топырақтың агрохимиялық қасиеттерінің нәтижелері (қарашірік, фосфор мен азоттың жылжымалы түрлері, алмасатын калий) және алынған нәтижелер бойынша жасалған 1: 500 000 топырақ масштабындағы агрохимиялық картасы берілген.

Қорытынды. Қызылжар өңірінде эрозия процестерінің жиі орын алуына байланысты топырақтың деградациялануы органикалық заттардың құрамының төмендеуіне, гумификация нәтижесінде минералдану процесі топырақ құнарлылығының төмендеуіне әкелді. Егіс алқаптарының топырақ-агрохимиялық көрсеткіштері егіншіліктегі жерді пайдалану жүйесіне және топырақ типінің ерекшеліктеріне байланысты әртүрлі сапаларды көрсетеді. Солтүстік Қазақстан облысында топырақтың физикалық қасиеттерінің нашарлауы және топырақ құрылымдарының бұзылуы топырақтың қарқынды эрозиясымен ауылшаруашылық дақылдарын өсіру технологиясын жеткіліксіз бақылауға байланысты өзекті мәселелердің бірі болып табылады. Бұл жұмыста Солтүстік Қазақстан облысындағы сілтісізденген қара топырақтардың

физикалық және құрылымдық қасиеттерінің өзгеру процестері зерттеледі. Талдау нәтижелері бойынша мырыш зауытының жанындағы сілтісізденген қара топырақтағы ауыр металдардың мөлшері барлық элементтер бойынша рұқсат етілген мөлшерден асып түседі. Топырақтың жоғарғы қабаттарында ауыр металдардың жоғары концентрациясы байқалады. Өндірістік шығарындылардың әсерінен аумақтың ластану деңгейіне байланысты өсімдіктердің жойылу немесе толық жойылу процестері жүретіні байқалды. Ауыр металдардың әсерінен топырақ қасиеттері мен қоректік заттардың теңгерімсіздігі қара топырақтың құнарлылығына теріс әсер етеді. Солтүстік Қазақстанның қара топырақтарына минералды және органикалық тыңайтқыштар аз беріледі. Осыған қарамастан, қара топырақтардағы ауыр металдардың мөлшері әр түрлі болып келеді, бұл топырақтарда зерттелген. Қарапайым және оңтүстік қара топырақтардағы ауыр металдардың орташа мөлшері шамамен бірдей. Қарашірік горизонтында олардың аздап жоғарылауы байқалады. Табиғи және антропогендік шығу тегі әртүрлі қосылыстар топырақта жиналып, қаланы ластайтыны белгілі. Олардың негізгі ластаушылары ауыр металдар болып табылады, олардың болуы топырақтың улылығымен, ал саны улылық дәрежесімен байланысты. Жоғарыда айтылғандардың негізінде Шығыс Қазақстан, Оңтүстік Қазақстан және Солтүстік Қазақстан облыстарындағы кәсіпорындардың шығарындыларының әсерінен топыраққа ГОСТ 17.4.3.01–83 бойынша талдау жүргіздік. Шығыс Қазақстан, Оңтүстік Қазақстан және Солтүстік Қазақстан облыстарының техногендік қысым жағдайында топырақ-экологиялық функцияларына қысқаша баға берілген.

Әдебиеттер

1 Мотузова Г.В. Экологический мониторинг почв / Г.В. Мотузова, О.С. Безуглова. – М.: Академический Проект; Гаудеамус, 2007. – С.237., 1.

2 Федорец Н.Г., Медведева М.В. Методика исследования почв урбанизированных территорий. Петрозаводск: Карельский научный центр РАН, 2009 84 с. 3. ТОМ 5 12-13 ноября 2020 года ISBN 978-5-9909299-0-7 69

3 Козыбаева Ф.Е., Андроханов В.А., Бейсеева Г.Б., Двуреченский В.Г., Даутбаева К.А. Влияние горно-металлургических предприятий на окружающую среду// Хабаршы-Вестник серия экологическая. – Алматы, 2013. - 2/1 (44). - С. 139-144

4 Yang QW, Xu Y, Liu SJ, He JF, Long FY. Concentration and potential health risk of heavy metals in market vegetables in Chongqing, China // Ecotoxicol Environ Saf. / 2011. – N 8(2). – P. 328-33. <https://doi.org/10.1016/j.ecoenv.2011.05.006>.

5 Vitousek, P.M., 1992, Global environmental change: An introduction: Annual Reviews of Ecological Systems, v. 23, p. 1–14.

6 Rockström, J., and 28 others, 2009, planetary boundaries: Exploring the safe operating space for humanity: Ecology and Society, v. 14, no. 2, art.32: <http://www.ecologyandsociety.org/vol14/iss2/art32/> (last accessed 1 Oct. 2012).

7 Bradshaw, A., 1997. Restoration of mined lands—using natural processes. Ecol. Eng. 8, 255–269.

8 Ma, J.J., Li, Q.F., Zhang, S.L., 2007. The correlation among soil microorganism and soil nutrient in different types of mixed stands of Hippophae Rhamnoides. J. Arid Land Resour. Environ. 21 (6), 163–167.

9 Huang, D., Liu, Q.S., 2013. Remote sensing monitoring and effect evaluation on ecological restoration of heidaigou coal mining area. In: International Conference on Remote Sensing, Environment and Transportation Engineering, RSETE 2013. <http://dx.doi.org/10.2991/rsete.2013.40>.

10 Coffin, D. P., and W. K. Lauenroth. 1996. Recovery of vegetation in a semiarid grassland 53 years after disturbance. Ecological Applications 6: 538–555.

11 Toktar M., Papa G. Lo., Kozybayeva F.E., Dazzi C. Soils and plants in an anthropogenic dump of the kokdzhon phosphorite mine (kazakhstan) EQA – Environmental quality / Qualité de l'Environnement / Qualità ambientale, 26 (2017) 13-22.

12 Krolikowska K., Dunajski A., Magnuszewski P and Sieczka M. "Institutional and environmental issues in land reclamation systems maintenance," Environmental Science and Policy, vol. 12, no. 8, pp. 1137–1143, 2009.

13 Yuehan W., Kazhong D., Kan W and Guangli G. "On the dynamic mechanics model of mining subsidence," Chinese Journal of Rock Mechanics and Engineering, vol. 22, no. 3, pp. 352–357, 2003.

14 Ming-Gao Q. "Technological system and green mining concept," Coal Science & Technology Magazine, no. 4, pp. 1–3, 2003.

15 Hao Bing-yuan and Kang Li-xun, 2014b. Mine Land Reclamation and Eco-Reconstruction in Shanxi Province I: Mine Land Reclamation Mode I. the

Scientific World Journal Volume 2014, Article ID 483862, 9 pages. <http://dx.doi.org/10.1155/2014/483862>.pp1-8.

16 Пономарева В.В., Плотникова Т.А. Гумус и почвообразование. Л.: Наука, 1980. 222 с.

17 Алиев С.А. Условия накопления и природа органического вещества почв АН АССР., 1996 г.

18 Фадеев С.В. Экологический словарь. СПб.: 2011. — 35 с. 5.

19 Под ред. А.Г. Гущина, Чимшидова А.Г. Атлас Казахской ССР — М.: ГУГК при Совете Министров СССР, 1995. — 96 с.

20 Воробьев А.С. Изучение гумуса в пахотном слое чернозёмов южных и тёмно-каштановых почв Ерейментауского района с помощью программного обеспечения QGIS 2.2.0-Valmiera / А. С. Воробьев. — Текст: непосредственный // Молодой ученый. — 2014. — № 8 (67). — С. 374-376. — URL: <https://moluch.ru/archive/67/11411/> (дата обращения: 25.10.2023).

References

1 Motuzova G.V. Ekologicheskij monitoring pochv / G.V. Motuzova, O.S. Bezuglova. — М.: Akademicheskij Proekt; Gaudeamus, 2007. — S.237., 1.

2 Fedorec N.G., Medvedeva M.V. Metodika issledovaniya pochv urbanizirovannyh territorij. Petrozavodsk: Karel'skij nauchnyj centr RAN, 2009 84 s. 3. TOM 5 12-13 noyabrya 2020 goda ISBN 978-5-9909299-0-7 69

3 Kozybaeva F.E., Androhanov V.A., Bejseeva G.B., Dvurechenskij V.G., Dautbaeva K.A. Vliyanie gorno-metallurgicheskikh predpriyatij na okruzhayushchuyu sredu// Habarshy-Vestnik seriya ekologicheskaya. — Almaty, 2013. - 2/1 (44). - S. 139-144

4 Yang QW, Xu Y, Liu SJ, He JF, Long FY. Concentration and potential health risk of heavy metals in market vegetables in Chongqing, China // Ecotoxicol Environ Saf. / 2011. — N 8(2). — P. 328-33. <https://doi.org/10.1016/j.ecoenv.2011.05.006>.

5 Vitousek P.M., 1992, Global environmental change: An introduction: Annual Reviews of Ecological Systems, v. 23, p. 1–14.

6 Rockström J., and 28 others, 2009, planetary boundaries: Exploring the safe operating space for humanity: Ecology and Society, v. 14, no. 2, art.32: <http://www.ecologyandsociety.org/vol14/iss2/art32/> (last accessed 1 Oct. 2012).

7 Bradshaw A., 1997. Restoration of mined lands—using natural processes. Ecol. Eng. 8, 255–269.

8 Ma, J.J., Li, Q.F., Zhang, S.L., 2007. The correlation among soil microorganism and soil nutrient in different types of mixed stands of Hippophae Rhamnoides. J. Arid Land Resour. Environ. 21 (6), 163–167.

9 Huang, D., Liu, Q.S., 2013. Remote sensing monitoring and effect evaluation

on ecological restoration of heidaigou coal mining area. In: International Conference on Remote Sensing, Environment and Transportation Engineering, RSETE 2013. <http://dx.doi.org/10.2991/rsete.2013.40>.

10 Coffin D.P., and Lauenroth W.K. 1996. Recovery of vegetation in a semiarid grassland 53 years after disturbance. *Ecological Applications* 6: 538–555.

11 Toktar M., Papa G. Lo., Kozybayeva F.E., Dazzi C. Soils and plants in an anthropogenic dump of the kokdzhon phosphorite mine (kazakhstan) EQA – Environmental quality / Qualité de l'Environnement / Qualità ambientale, 26 (2017) 13-22.

12 Krolikowska K., Dunajski A., Magnuszewski P and Sieczka M. “Institutional and environmental issues in land reclamation systems maintenance,” *Environmental Science and Policy*, vol. 12, no. 8, pp. 1137–1143, 2009.

13 Yuehan W., Kazhong D., Kan W and Guangli G. “On the dynamic mechanics model of mining subsidence,” *Chinese Journal of Rock Mechanics and Engineering*, vol. 22, no. 3, pp. 352–357, 2003.

14 Ming-Gao Q. “Technological system and green mining concept,” *Coal Science & Technology Magazine*, no. 4, pp. 1–3, 2003.

15 Hao Bing-yuan and Kang Li-xun, 2014b. Mine Land Reclamation and Eco-Reconstruction in Shanxi Province I: Mine Land Reclamation Mode I. the *Scientific World Journal* Volume 2014, Article ID 483862, 9 pages. <http://dx.doi.org/10.1155/2014/483862>.pp1-8.

16 Ponomareva V.V, Plotnikova T.A. Gumus i pochvoobrazovanie. L.:Nauka, 1980. 222 s.

17 Aliev S.A. Usloviya nakopleniya i priroda organicheskogo veshchestva pochv AN ASSR.,1996 g.

18 Fadeev S.V. *Ekologicheskij slovar'*. SPb.: 2011. — 35 s. 5.

19 Pod red. A.G. Gushchina, A.G. CHimshidova. Atlas Kazahskoj SSR — M.: GUGK pri Sovete Ministrov SSSR, 1995. — 96 s.

20 Vorob'ev A.S. Izuchenie gumusa v pahotnom sloe chernozyomov yuzhnyh i tyomno-kashtanovyh pochv Erejmentauskogo rajona s pomoshch'yu programmogo obespecheniya QGIS 2.2.0-Valmiera / A. S. Vorob'ev. — Tekst: neposredstvennyj // *Molodoy uchenyj*. — 2014. — № 8 (67). — S. 374-376. — URL: <https://moluch.ru/archive/67/11411/> (data obrashcheniya: 25.10.2023).

Авторлар туралы мәліметтер

Есимсиитова Зура Беркутовна – биология ғылымдарының кандидаты, биоалуантүрлілік және биоресурстар кафедрасының доценті, zura1958@bk.ru

Қонысбаева Айжан Әміржанқызы – биоалуантүрлілік және биоресурстар кафедрасының PhD докторанты, konysbaeva.aizhan@mail.ru

Токтар Мұрат – PhD, Топырақ экологиясы бөлімінің аға ғылыми қызметкері, доцент, e-mail: murat-toktar@mail.ru

Акимбаева Ақжүніс Бекзатқызы – жаратылыстану бакалавры, кіші ғылыми қызметкер, Эксперимент, әдебиеттерді іздеу. akzhunis.akimbayeva@bk.ru

Нұралы Әсия Мамбетқызы – Эксперимент, деректерді өңдеу, әдебиеттерді іздеу. assiya488@gmail.com

Сведения об авторах

Есимсиитова Зура Беркутовна – кандидат биологических наук, доцент кафедры биоразнообразия и биоресурсов, zura1958@bk.ru

Қонысбаева Айжан Амиржанқыны – аспирант кафедры биоразнообразия и биоресурсов, konysbaeva.aizhan@mail.ru

Токтар Мұрат – кандидат биологических наук, доцент, murat-toktar@mail.ru

Акимбаева Ақжүніс Бекзатовна – бакалавр наук, Эксперимент, поиск литературы. akzhunis.akimbayeva@bk.ru

Нұралы Әсия Мамбетовна – Эксперимент, обработка данных, поиск литературы. assiya488@gmail.com

Information about the authors

Yesimsiitova Zura Berkutovna - candidate of biological sciences, associate professor of the Department of Biodiversity and Bioresources, e-mail: zura1958@bk.ru

Konysbaeva Aizhan Amirzhankyny - PhD student of the Department of Biodiversity and Bioresources, konysbaeva.aizhan@mail.ru

Toktar Murat - PhD, senior researcher of the Department of Soil Ecology, associate professor, murat-toktar@mail.ru

Akimbaeva Akzhunis Bekzatovna - Bachelor of Science, junior researcher, Experiment, literature search. akzhunis.akimbayeva@bk.ru

Nuraly Asiya Mambetovna - Experiment, data processing, literature search. assiya488@gmail.com

Рысбаева Е.Ж.¹, Лесова Ж.Т.², Асанова Н.²

¹Ғылыми өндірістік-техникалық орталық «Жалын», Алматы қ, Қазақстан

²Алматы Технологиялық университеті АҚ, Алматы қ, Қазақстан

HELIANTHUS TUBEROSUS L. ТОПЫРЫҚ АЛМҰРТЫ ӨСІМДІГІНЕН ИНУЛИНДІ БӨЛІП АЛУ ЖӘНЕ ТЕХНОЛОГИЯЛЫҚ ПАРАМЕТРЛЕРІН АНЫҚТАУ

Түйіндеме. Инулин – бұл өсімдік тектес полисахарид, еритін диеталық талшық пребиотик болып саналады. Ас қорыту ферменттерімен қорытылмайды, ішек микрофлорасы толық ыдырайды және пайдалы бифидобактериялардың көбеюіне, зиянды патогендік бактериялардың әсерін басуға көмектеседі. Инулин – полифруктозан, оны аморфты ұнтақ түрінде және кристалдар түрінде алуға болады, ыстық суда оңай ериді және суық суда еруі қиын. Қазақстан флорасының инулинге ең перспективалы кезі – Топырақ алмұрты *Helianthus tuberosus* L. Ол қол жетімді дәрілік өсімдіктер тобына жатады. Қазақстанның барлық дерлік аудандарында кездеседі. Бұл жұмыста Қазақстанның дәрілік өсімдігі Топырақ алмұрты *Helianthus tuberosus* құрамынан инулинді бөліп алу әдістерін және технологиялық параметр көрсеткіштерін (меншікті, үйінді, көлемдік массалары және кеуектілігі) анықтау болып табылады. Инулиннің сандық мөлшерін анықтауда спектрофотометриялық әдіс қолданылды.

Түйінді сөздер: инулин, фруктоза, полисахарид, глюкоза, сахароза, КФК-3, спектрофотометр.

• • •

Аннотация. Инулин – это полисахарид растительного происхождения, растворимая пищевая клетчатка считается пребиотиком. Не переваривается пищеварительными ферментами, микрофлора кишечника полностью разрушается и способствует размножению полезных бифидобактерий, подавлению воздействия вредных патогенных бактерий. Инулин – это полифруктозан, который можно получить в виде аморфного порошка и кристаллов, легко растворяется в горячей воде и трудно растворяется в холодной воде. Наиболее перспективным источником флоры Казахстана для инулина является земляная груша *Helianthus tuberosus* L. Относится к группе доступных лекарственных растений. Встречается практически во всех районах Казахстана. В данной работе проводится определение методов выделения инулина из состава

земляной груши *Helianthus tuberosus* лекарственного растения Казахстана и показателей технологических параметров (удельные, насыпные, объемные массы и пористость). Количественное определение инулина использовали спектрофотометрический метод.

Ключевые слова: инулин, фруктоза, полисахарид, глюкоза, сахароза, КФК-3, спектрофотометр.

• • •

Abstract. Inulin is a polysaccharide of plant origin, soluble dietary fiber is considered a prebiotic. It is not digested by digestive enzymes, the intestinal microflora is completely destroyed and promotes the reproduction of beneficial bifidobacteria, suppressing the effects of harmful pathogenic bacteria.

Inulin is a polyfructosan that can be obtained as an amorphous powder and crystals, easily soluble in hot water and difficult to dissolve in cold water.

The most promising source of flora of Kazakhstan for inulin is the soil pear *Helianthus tuberosus* L. It belongs to the group of available medicinal plants. It is found in almost all regions of Kazakhstan.

In this work, the methods of inulin isolation from the composition of the soil pear *Helianthus tuberosus*, a medicinal plant of Kazakhstan, and indicators of technological parameters (specific, bulk, bulk masses and porosity) are determined. The quantitative determination of inulin was carried out using a spectrophotometric method.

Key words: inulin, fructose, polysaccharide, glucose, sucrose, KFK-3, a spectrophotometer.

Кіріспе. Қазақстан флорасы адамзат үшін пайдалы өсімдіктерге, оның ішінде аса маңызды болып саналатын дәрілік өсімдіктерге өте бай. Қазіргі уақытта олардан дәрілік заттар мен биологиялық заттардың шамамен 40%-ы алынады. Адам ағзасындағы ауыр, қатерлі ауруларды емдеуде өсімдіктерден жасалған препараттар жиі қолданылады. Олардан жасалған препараттар тиімді болғаны белгілі. Қазіргі заманғы тамақ және медицина өнеркәсібін дамытудың маңызды бағыты арнайы мақсаттағы өнімдер өндірісін кеңейту болып табылады. Қант диабетімен сырқаттанушылықтың өсуі қант алмастырғыштарды қолдана отырып, биологиялық заттар мен тамақ өнімдерін өндіруді қажет етеді [1].

Осыған байланысты қосымша емдеу және жанама әсерлердің алдын алу ретінде фитопрепараттарды жасау үшін диабетке қарсы (қантты төмендететін) қасиеттері бар дәрілік өсімдіктерді анықтау және зерттеу бойынша зерттеулер өзекті болып табылады. Қантты төмендететін дәрілік өсімдіктердің препараттарын екінші типтегі қант

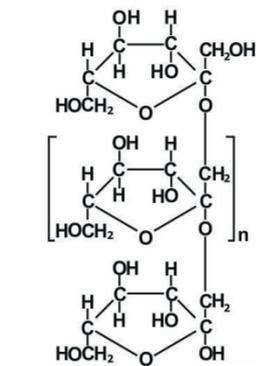
диабетіне қолдану ұсынылады, олардың жеңіл ағымы жалғыз және негізгі дәрі болуы мүмкін. Орташа инсулинге тәуелді қант диабетінде дәрілік өсімдіктерді таблеткалармен бірге қабылдауға болады. Метаболизмге ықпал ететін және қан тамырларына пайдалы және әр түрлі органдардың жұмыс істеуі үшін қажет басқа шөптерді бірінші және екінші типтегі қант диабетімен ауыратындар үшін қолдануға болады.

Инулин – бұл өсімдік тектес полисахарид, ал адамдар үшін ол тиімді пребиотик болып табылады. Өйткені ол суда жақсы ериді, ас қорыту ферменттерімен қорытылмайды, ішек микрофлорасы толық ыдырайды.

Бүгінгі таңда негізгі өнеркәсіптік инулин құрамдас өсімдіктер – Топырақ алмұрты *Heliánthus tuberosus* L. түйнектері және цикорий тамыры. Қазақстанда инулин құрамдас ең көп қолданылатын өсімдік Топырақ алмұрты *Heliánthus tuberosus* L. болып табылады. Бірақ, цикорий де перспективалы, оны тамыр дақылдарының ыңғайлы пішініне байланысты өңдеу оңайырақ [2,3].

Инулин – еритін диеталық талшық, оны ішкен кезде төмен тығыздықтағы липопротеидтердің («жаман» холестерин) деңгейін төмендетуге көмектеседі. Сонымен қатар, инулин қандағы глюкоза деңгейіне әсер етпейді, сондықтан оны қант диабетімен ауыратын адамдардың диетасында еш қорқынышсыз қолдануға болады [4]. Пребиотикалық қасиеттеріне байланысты инулин тоқ ішекке дейін өзгеріссіз өтеді. Онда ол пайдалы бифидобактериялардың көбеюіне және зиянды патогендік бактериялардың әсерін басуға көмектеседі. Инулин сумен бірге гель тәрізді құрылымды қалыптастыруға қабілетті және осылайша диеталық өнімдерде майдың пайда болуына ықпал етеді [5-6]. Инулинді тұтынудың диеталық мөлшері тәулігіне 5-8 г құрайды. Азық-түлік өнімінің бір порциясында ұсынылатын тәуліктік дозаның шамамен 10-50% болуы мүмкін.

Инулин-фураноза (β , d-фруктофураноза) түріндегі бірнеше фруктоза қалдықтарынан (10-нан 36-ға дейін) және β -2,1 ликозидтік байланыстар арқылы байланысқан пираноза (α , d-глюкопираноза) түріндегі бір глюкоза қалдықтарынан тұратын полимер. Оның молекулалық салмағы шамамен 5000-6000 Да құрайды. Инулин-полифруктозан, оны аморфты ұнтақ түрінде және кристалдар түрінде алуға болады, ыстық суда оңай ериді және суық суда еруі қиын.



Сурет 1 – Инулиннің құрылымдық формуласы

Инулин өсімдік жасушасының вакуольдерінде сферокристалдар түрінде сақталады. Кейбір инулин құрамдас өсімдіктердегі инулин кристалдары флоэма жасушаларында жақын орналасқан паренхималық тамыр жасушаларының вакуольдерінде топтастырылған [7, 8]. Топырақ алмұрты *Helianthus tuberosus* L. және бақ-бақтың *Taraxacum officinale* Wigg вегетациялық кезеңдерінде инулиннің үздіксіз жиналуына әкелетіні көрсетілген. Күзде фотоассимиляттардың төмендеуі инулиннің деградациясына ықпал етеді [9].

Инулинді тамақпен тұтыну ішектің қалыпты микрофлорасының өсуі мен дамуы үшін оңтайлы жағдай жасауды; зобтың алдын алу; ас қорыту жүйесінің бактериялық және вирустық инфекцияларына төзімділіктің жоғарылауын қамтамасыз ететіні белгілі. Инулин метаболизмді қалыпқа келтіруге көмектеседі: май алмасуының өнімдеріне айналатын пайдаланылмаған глюкоза молекулаларынан айырмашылығы, фруктозаны дене толығымен пайдаланады, бұл семіздік пен тамырлы атеросклероздың дамуына жол бермейді. [10,11]

Топырақ алмұртында құрғақ заттардың жеткілікті мөлшері (20%-ға дейін), олардың ішінде 80%-ға дейін фруктоза – инулин бар. Инулин – бұл полисахарид, оның гидролизі қант диабетімен ауыратындар үшін зиянсыз фруктозаға айналады. Сонымен қатар, құрамында талшық және минералды элементтердің бай жиынтығы бар, соның ішінде (құрғақ затқа мг%): темір – 10,1; марганец – 44,0; кальций – 78,8; магний – 31,7; калий – 1382,5; натрий – 17,2. Топырақ алмұрты кремнийді

топырақтан белсенді түрде жинайды, ал түйнектерде бұл элементтің мөлшері құрғақ затқа 8%-ға дейін жетеді. Құрамында темір, кремний және мырыш мөлшері көп болғандықтан, картоп, сәбіз және қызылшадан асып түседі. Түйнектерінің құрамына ақуыздар, пектин, амин қышқылдары, органикалық және май қышқылдары кіреді. Пектинді заттар құрғақ зат массасының 11% -ын құрайды [12].

Жұмыстың мақсаты – топырақ алмұртының сапасының технологиялық параметрлері мен жеке сандық көрсеткіштерін анықтау және инулинді бөліп алу.

Инулиннің жоғарыда аталған барлық қасиеттері зерттеулердің кең дамуына ықпал етеді. Қазақстандағы инулиннің ең перспективалы көзі – Топырақ алмұрты *Helianthus tuberosus* L. Олар қол жетімді дәрілік өсімдіктер, жол бойында, бақтарда, көкөніс бақтарында, қамшылардың жанында, қоршаулар мен құрылыстарда арамшөптер сияқты өседі. Ол Оңтүстік шөлдерді қоспағанда Қазақстанның барлық аудандарында кездеседі, бірақ абсолютті биіктігі 2000 м-ден аспайды.

Зерттеу әдістері және материалдары. Зерттеу нысаны ретінде Asteraceae Dumort тұқымдасына жататын көпжылдық шөптесін өсімдіктер *Helianthus tuberosus* L. – Топырақ алмұртының тамырлары (түйнектері) таңдалды.



Сурет 2 – *Helianthus tuberosus* L.
Топырақ алмұрты

Басқа көкөністерден айтарлықтай айырмашылығы сол, оның түйнектеріндегі ақуыздың жоғары мөлшері (құрғақ затқа 3,2% дейін), тек өсімдіктер синтездейтін және адам ағзасында синтезделмейтін 8 аминқышқылынан (аргинин, валин, гистидин, изолейцин, лейцин, лизин, метионин, триптофан, фенилаланин) құралған.

Зерттеу сынамаларын дайындау. Топырақ алмұртын күз мезгілінің қазан-қараша айында Алматы облысы Талғар қаласы Талдыбұлақ ауылынан жиналды. Топырақ алмұрты түйнектерінен құрғақ ұнтақ алу үшін алдымен мұқият тазартылды, жуыл-

ды, кесілді және кептірілді. Кесілген топырақ алмұрты ауада гидролизденбеуі үшін 1% сілтілі ерітіндімен жуылды. Кептіргіш шкафта +400°С 10-сағат көлемінде кептіріліп ұнтақталды. Ұнтақтау дәрежесі 0,5 мм (50 мкм).

Меншікті массаны анықтау (d_y , г/см³). Меншікті масса – бұл мүлдем құрғақ ұнтақталған шикізат массасының өсімдік шикізатының көлеміне қатынасы. Шамамен 5,0 г (дәл масса) сыйымдылығы 100 мл пикнометрге салынды, көлемнің 2/3 бөлігін тазартылған сумен құйып, қайнаған су ваннасында 1,5-2 сағат ұсталды, мезгіл-мезгіл шикізаттан ауаны кетіру үшін араластырылды, пикнометр 20°С дейін салқындатылды, көлемі тазартылған сумен белгіленді. Шикізат пен сумен пикнометрдің массасы анықталды. Пикнометрдің салмағы сумен алдын-ала анықталды.

Меншікті массаны есептеу формуласы, г / см³:

$$d_y = \frac{P \times d_{ж}}{P + G - F},$$

мұндағы:

P – абсолютті құрғақ шикізаттың массасы, г;

G – сумен пикнометрдің массасы, г;

F – сумен және шикізатпен пикнометрдің массасы, г;

$d_{ж}$ – судың меншікті массасы, г/см³ ($d_{ж}=0,9982$ г/см³).

Үйінді массаны анықтау (d_n , г/см³). Үйінді масса – бұл табиғи ылғалдылықтағы ұсақталған шикізат массасының шикізатпен алынған толық көлемге қатынасы. Ұсақталған шикізат өлшеуіш цилиндрге орналастырылды, шикізатты тегістеу үшін аздап шайқалды және оның толық көлемін анықтады. Осыдан кейін шикізат өлшенді. Үйінді массаны есептеу формуласы, г/см³:

$$D_n = P_n / V_n,$$

мұндағы:

P_n – белгілі бір ылғалдылықтағы ұсақталған шикізаттың массасы, г;

V_n – шикізатты алатын көлем, см³.

Көлемдік массаны анықтау (d_0 , г/см³). Көлемдік масса – бұл белгілі бір ылғалдылықтағы ұсақталған шикізаттың ауамен толтырылған тесіктерді, жарықтар мен капиллярларды қамтитын оның толық көлеміне қатынасы. Шамамен 10,0 г (дәл ілу) шикізат тазартылған сумен өлшеуіш цилиндрге тез орналастырылып, көлемі анықталды. Өлшеуіш цилиндрдегі көлем айырмашылығы шикізат алатын көлемді анықтады. Көлемдік массаны есептеу формуласы, г/см³:

$$d_0 = P_0 / V_0,$$

мұндағы:

P_0 – белгілі бір ылғалдылықтағы ұсақталған шикізаттың массасы, г;

V_0 – шикізатты алатын көлем, см³.

Кеуектілікті анықтау (Γ_c). Кеуектілік – өсімдік тінінің ішіндегі бос орындардың мөлшері. Айырмашылық қатынасы меншікті масса мен көлемдік масса арасындағы меншікті массаға. Кеуектілікті есептеу формуласы:

$$\Gamma_c = \frac{dy - d_0}{dy},$$

мұндағы:

D_y -шикізаттың үлес салмағы, г/см³;

d_0 -көлемді шикізат массасы, г/см³.

Инулинді гравиметриялық әдіспен алу. Полисахаридтерді алу әдісі олардың қасиеттеріне байланысты – ерігіштігі, әртүрлі реагенттерге тұрақсыздығы және т.б. көп жағдайда шикізаттардан полисахаридтерді мацерация әдісімен қыздырылған кезде сумен алынады. Температураның жоғарылауы көптеген полисахаридтердің ерігіштігінің жоғарылауына әкеледі.

Әдістеме. Шикізаттың аналитикалық сынамалары (құрғақ) 0,5 мм тесіктері бар електен өтетін бөлшектердің мөлшеріне дейін ұнтақталады. Құрғақ ұнтақ топырақ алмұрты 40 г +80°C дистилденген су қыздырылған 1:6 қатынасы мөлшерінде 1 сағат бойы мацерация әдісімен жүргізілді. Экстракция екі рет қайталанады және сүзгілер біріктіріледі, вакуум пешінде буландырғыш шыныаяқта +70°C температурада қатты заттар пайда болғанға дейін 1/10 дейін буланады. Содан кейін +30°C дейін салқындатылады. Көлемі бойынша 1:1 қатынасында 96% этил спирті қосылады және 3-4°C температурада 5 күн бойы тоңазытқышқа қойылады, тұнба центрифугада 3000 рет айналымда 20 минут бөлінеді және ауа кептіру шкафында +70°C температурада 10 сағат бойы кептіріледі.

Инулинді спектрофотометриялық әдіспен сандық анықтау. Спектрофотометриялық әдіс. Бұл әдіс қанттардың (фруктоза, сахароза) концентрацияланған қышқылдармен қыздырылған кезде 200-380 нм аймағында сіңіру максимумдары бар өнімдер түзу қабілетіне негізделген.

Әдістеме. Құрамында инулин бар ұнтақтың шамамен 0,1 г (дәл аспасы) сыйымдылығы 250 мл конустық колбаға салынады, 100 мл тазартылған су қосылады, қайнаған су ваннасында (ерітіндіде) қыз-

дырғанда ерітіледі. 1,0 мл ерітінді тегістелген түбі бар колбаға салынып, 25 мл 5% хлорсутек қышқылының ерітіндісі қосылады, кері тоңазытқышқа қосылады. Қайнаған су ваннасында 2,5 сағат бойы қызады. Бөлме температурасына дейін салқындағаннан кейін колба-ның мазмұны сыйымдылығы 25 мл өлшеуіш колбаға сандық түрде ауыстырылады және ерітіндінің көлемі 5% хлорсутек қышқылының ерітіндісімен (Б ерітіндісі) белгіге жеткізіледі.

В ерітіндісінің оптикалық тығыздық қабатының қалыңдығы 10 мм болатын кюветада 300 нм толқын ұзындығында анықталады. Салыстыру ерітіндісі ретінде 1,0 мл А ерітіндісінен тұратын ерітінді қолданылады, сыйымдылығы 25 мл 5% хлорсутек қышқылының ерітіндісімен белгіге дейін жеткізіледі [13].

Фруктозаға есептегенде инулиннің (X) құрамы % формула бойынша есептеледі:

$$X = \frac{D * 100 * 25}{E * 1\% / \text{см} * m * 1} = \frac{D * 100 * 25}{298 * m * 1}$$

мұндағы:

x – инулин мөлшері, %;

D – сыналатын ерітіндінің оптикалық тығыздығы ($\lambda = 300$ нм);

298-қышқыл гидролизден кейін фруктоза трансформациясының өнімін сіңірудің меншікті көрсеткіші;

m – дәл масса, г.

Зерттеу нәтижелері. *Helianthus tuberosus* L. – Топырақ алмұртының технологиялық параметрлері және сандық сапа көрсеткіштерінің нәтижесі 1- кестеде көрсетілген.

Кесте 1. Топырақ алмұртының технологиялық параметрлер көрсеткіштері

Өсімдік шикі заты	Меншікті масса	Үйінді масса	Көлемдік масса	Кеуектілік
Топырақ алмұрты <i>Helianthus tuberosus</i>	2,13 г/см ³	1,03 г/см ³	1,14 г/см ³	0,4652 г/см ³

Зерттеу жұмысы 3 рет қайталанып жасалды орташа көрсеткіштерін нәтижеге алынды. Инулинді алу гравиметриялық әдіс арқылы жүргізілді. Зерттеуге нәтижесі 2-кестеде көрсетілді

Кесте 2. Инулиннің органолептикалық көрсеткіштері

Өсімдік шикізаты	Өлшем бірлік	Инулин саны	Түсі	Құрылысы	Иісі, дәмі	Ерігіштігі	% мөлшері
Кептірілген -Топырақ алмұрты	г	8	Ашық-сұр	Кристалды ұнтақ	Тәтті иісі жоқ	+200С суда ерігіштігі жоқ	20%
Кептірілмеген - Топырақ алмұрты	г	10	Қоңыр	Кристалды ұнтақ	тәтті	+200С суда ерігіштігі жоқ	25%



Сурет 3 – Кептірілген топырақ алмұртынан бөлініп алынған инулин



Сурет 4 – Кептірілмеген топырақ алмұртынан бөлініп алынған инулин

Инулиннің сандық анықтамалары КФК-3 – «ЗОМЗ» Фотометрі жабдықтарында спектрофотометриялық әдіспен анықталды. Инулинді сандық анықтау нәтижелері 3-кестеде келтірілген.

Кесте 3. Инулинді сандық анықтау нәтижесі

Өсімдік шикізаты	Инулиннің сандық анықтамасы %
Кептірілген -Топырақ алмұрты	29,4 %
Кептірілмеген- Топырақ алмұрты	50,9 %

Зерттеуге Топырақ алмұртының 2 түрлі кептірілген және кептірілмеген түрлерін алдық. Алынған нәтижелер спектрофотометриялық әдіс үшін рұқсат етілген ауытқу нормасына сәйкес келеді. 0,95 сенімділік ықтималдығы кезінде анықтаудың салыстырмалы қателігі ү 5% - дан аспайды. Спектрофотометриялық зерттеу әдісін КФК-3 – «ЗОМЗ» фотометр жабдығында 6-рет қайталана жасалды. Зерттеу нәтижесіне орташа көрсеткіштері алынды.

Қорытынды. Зерттеуге Топырақ алмұрты *Helianthus tuberosus* өсімдігі алынды. Технологиялық параметрлері (меншікті, үйінді, көлемдік массалары және кеуектілігі) анықталды. Гравиметриялық әдіс арқылы инулинді Топырақ алмұртынан бөлініп алынды және спектрофотометриялық әдіс арқылы инулиннің сандық мөлшері анықталды. Зерттеу нәтижесі бойынша Топырақ алмұрты кептірілген құрғақ ұнтақ құрамында инулин 29,4 % құрайды. Ал кептірілмеген езілген масса құрамында 50,9 % инулин бар болып саналады. Демек күз мезгілінде күн сәулесінің төмендеуі өсімдіктердің зат алмасу процесі және қоректенуі фотосинтез процесін баяулатады.

Күзде фотоассимиляттардың төмендеуі инулиннің деградациясына ықпал етті.

Әдебиеттер

1 Жучкова М.А., Скрипников С.Г. Топинамбур – растение XXI века // Овощи России. 2017. № 1. С. 31–33.

2 Кулуев Б.Р., Картуха А.И., Князев А.В., Фатерыга А.В., Чемерис А.В. Опыт выращивания *Taraxacum hybernum* (Asteraceae) // Растительные ресурсы. 2017. №4. С. 543–554.

3 Тарасенко Н.А. Инулин и олигофруктоза: эффективность в качестве пребиотического волокна для кондитерской промышленности // Фундаментальные исследования. 2014. № 9-6. С. 1216–1219

4 Устюжанинова Л.В., Мартинсон Е.А. Определение оптимальных параметров экстракции из клубней топинамбура // Сборник статей XVIII Всероссийской научно-практической конференции в 3 т. Вятский государственный университет. 2018. С. 204–213.

5 Becerril-Alarcon Y., Campos-Gomez S., Valdez-Andrade J.J., Campos-Gomez K.A., Reyes Barretero D.Y., Benítez-Arciniiega A.D., Valdes Ramos R., Soto-Pina A.E. Inulin supplementation reduces systolic blood pressure in women with breast cancer undergoing neoadjuvant chemotherapy // Cardiovasc Ther. 2019. 5707150. doi: 10.1155/2019/5707150

6 Deng P., Hoffman J.B., Petriello M.C., Wang C. Y., Li X.S., Kraemer M.P. Morris A.J., Hennig B. Dietary inulin decreases circulating ceramides by suppressing neutral sphingomyelinase expression and activity in mice // J Lipid Res. 2020. V. 61. P. 45–53. doi: 10.1194/jlr.RA119000346

7 Gokhale S., Bhaduri A. Provitamin D3 modulation through prebiotics supplementation: simulation based assessment // Sci Rep. 2019. V. 9(1):19267. doi: 10.1038/s41598-019-55699-2

8. Guaragni A., Boiagio M.M., Bottari N.B., Morsch V.M., Lopes T.F., Schafer da Silva A. Feed supplementation with inulin on broiler performance and meat quality challenged with *Clostridium perfringens*: Infection and prebiotic impacts // Microb Pathog. 2019. V. 139:103889. doi: 10.1016/j.micpath.2019.103889

9 Haiping D., Zhao A., Qi W., Yang X., Ren D. Supplementation of inulin with various degree of polymerization ameliorates liver injury and gut microbiota dysbiosis in high fat-fed obese mice // J Agric Food Chem. 2020. doi: 10.1021/acs.jafc.9b06571

10 Stolze A., Wanke A., van Deenen N., Geyer R., Prüfer D., Schulze Gronover C. Development of rubber-enriched dandelion varieties by metabolic engineering of the inulin pathway // Plant Biotechnology Journal. 2017. V. 15. P. 740–753.

11 Сербяева Э.П., Якупова А.Б., Магасумова Ю.П., Фархутдинова К.А., Ахметова Г.Р., Кулуев Б.Р. Инулин: Природные источники, особенности метоболизма в растениях и практическое применение // Биомика, 2020, Том 12 №1, стр 19-57.

12 Ананьина Н.А., Андреева О.А., Мыкоц Л.П., Оганесян Э.Т. Стандартизация инулина, полученного из клубней георгины простой. Изучение некоторых физико-химических свойств инулина // Химико-фармацевтический журнал. Том 43, №3, 2009, стр 35-37.

References

1 Zhuchkova M.A., Skripnikov S.G. Topinambur – rastenie XXI veka // Ovoshchi Rossii. 2017. № 1. S. 31–33.

2 Kuluev B.R., Kartuha A.I., Knyazev A.V., Fateryga A.V., Chemeris A.V. Opyt vyrashchivaniya Taraxacum hybernum (Asteraceae) // Rastitel'nye resursy. 2017. №4. S. 543–554.

3 Tarasenko N.A. Inulin i oligofruktoza: effektivnost' v kachestve prebioticheskogo volokna dlya konditerskoj promyshlennosti // Fundamental'nye issledovaniya. 2014. № 9-6. S. 1216–1219

4 Ustyuzhaninova L.V., Martinson E.A. Opredelenie optimal'nyh parametrov ekstrakcii iz klubnej topinambura // Sbornik statej XVIII Vserossijskoj nauchno-prakticheskoy konferencii v 3 t. Vyatskij gosudarstvennyj universitet. 2018. S. 204–213.

5 Becerril-Alarcon Y., Campos-Gomez S., Valdez-Andrade J.J., Campos-Gomez K.A., Reyes Barretero D.Y., Benítez-Arciniega A.D., Valdes Ramos R., Soto-Pina A.E. Inulin supplementation reduces systolic blood pressure in women with breast cancer undergoing neoadjuvant chemotherapy // Cardiovasc Ther. 2019. 5707150. doi: 10.1155/2019/5707150

6 Deng P., Hoffman J.B., Petriello M.C., Wang C.Y., Li X.S., Kraemer M.P. Morris A.J., Hennig B. Dietary inulin decreases circulating ceramides by suppressing

neutral sphingomyelinase expression and activity in mice // J Lipid Res. 2020. V. 61. P. 45–53. doi: 10.1194/jlr.RA119000346

7 Gokhale S., Bhaduri A. Provitamin D3 modulation through prebiotics supplementation: simulation based assessment // Sci Rep. 2019. V. 9(1):19267. doi: 10.1038/s41598-019-55699-2

8. Guaragni A., Boiago M.M., Bottari N.B., Morsch V.M., Lopes T.F., Schafer da Silva A. Feed supplementation with inulin on broiler performance and meat quality challenged with *Clostridium perfringens*: Infection and prebiotic impacts // Microb Pathog. 2019. V. 139:103889. doi: 10.1016/j.micpath.2019.103889

9 Haiping D., Zhao A., Qi W., Yang X., Ren D. Supplementation of inulin with various degree of polymerization ameliorates liver injury and gut microbiota dysbiosis in high fat-fed obese mice // J Agric Food Chem. 2020. doi: 10.1021/acs.jafc.9b06571

10 Stolze A., Wanke A., van Deenen N., Geyer R., Prüfer D., Schulze Gronover C. Development of rubber-enriched dandelion varieties by metabolic engineering of the inulin pathway // Plant Biotechnology Journal. 2017. V. 15. P. 740–753.

11 Serbaeva E.R., YAkupova A.B., Magasumova YU.R., Farhutdinova K.A., Ahmetova G.R., Kuluev B.R. Inulin: Prirodnye istochniki, osobennosti metabolizma v rasteniyah i prakticheskoe primeneniye // Biomika, 2020, Tom 12 №1, str 19-57.

12 Anan'ina N.A., Andreeva O.A., Mykoc L.P., Oganesyana E.T. Standartizatsiya inulina, poluchennogo iz klubnej georginy prostoj. Inzucheniye nekotorykh fiziko-himicheskikh svoystv inulina // Himiko-fpamacevticheskij zhurnal. Tom 43, №3, 2009, str 35-37.

Авторлар туралы мәліметтер

Рысбаева Елдана Жетесовна, техника ғылымының магистрі. Эксперимент, талқылау, қолжазбаны дайындау, деректерді өңдеу, спектрофотометриялық зерттеу, әдебиеттерді іздеу. eldana-90@mail.ru

Лесова Ж.Т., биология ғылымдарының кандидаты, қауымдастырылған профессор. Эксперимент, талқылау, қолжазбаны дайындау, деректерді өңдеу. zhaniha_lesova@mail.ru

Асанова Наргиз Саматовна, 3-курс студенті. Эксперимент, деректерді өңдеу, әдебиеттерді іздеу. eldana-90@mail.ru

Сведения об авторах

Рысбаева Елдана Жетесовна, магистр технических наук, Эксперимент, Обсуждение, Подготовка рукописи, Обработка данных, Спектрофотометрическое исследование, Поиск литературы. eldana-90@mail.ru

Лесова Ж.Т., кандидат биологических наук, доцент. Эксперимент, Обсуждение, Подготовка рукописи, Обработка данных.
zhaniha_lesova@mail.ru

Асанова Наргиз Саматовна, студентка 3 курса, Эксперимент, Обработка данных, Поиск литературы. eldana-90@mail.ru

Information about the authors

Rysbaeva Yeldana Zhetesovna, master of technical science, Experiment, discussion, manuscript preparation, data processing, spectrophotometric study, literature search. eldana-90@mail.ru

Lesova J.T., candidate of biological sciences, associate professor. Experiment, discussion, manuscript preparation, data processing. zhaniha_lesova@mail.ru

Asanova Nargiz Samatovna, 3rd year student, Experiment, data processing, literature search. eldana-90@mail.ru

Нуралин Р.Ш.¹, Нуралы Д.Р.², Екибаев Т.Р.³, Ашимов Н.Т.⁴,
Есимсиитова З.Б.^{4,5}

¹Научно-клинический центр «Диабетическая стопа», г. Алматы, Казахстан

²Медицинский факультет Университета Дебрецена, г. Дебрецен, Венгрия

³НИИ Кардиологии и Внутренних болезней, г. Алматы, Казахстан

⁴Казахский национальный университет им. Аль-Фараби,

г. Алматы, Казахстан

⁵Научный производственно-технический центр “Жалын”,

г.Алматы, Казахстан

КЛЕТочНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В ЛЕЧЕНИИ КРИТИЧЕСКОЙ ИШЕМИИ НИЖНИХ КОНЕЧНОСТЕЙ ПРИ САХАРНОМ ДИАБЕТЕ

Аннотация. Проведено многоцентровое проспективное когортное исследование 24 больных с ДАНК III-IV ст. после чрескожной транслюминальной ангиопластики (ЧТА) магистральных артерий нижних конечностей, у 17 пациентов имелись трофические поражения нижних конечностей 2-3 степени по Вагнеру. В послеоперационном периоде от 10 до 45 суток проводилась аутоцитотерапия аутологичными мононуклеарными клетками (АМК) костного мозга прекондиционированных рекомбинатным человеческим эритропоэтином (пЭПО) в области поражения магистральных сосудов нижних конечностей. после проведенной аутоцитотерапии АМК пЭПО имелось достоверное повышение T_{spO_2} , на 54,5%, полное заживление раневых дефектов у 92,3% пациентов, снижение количества ретеннозов и рецидивов язв.

Ключевые слова: сахарный диабет, ангиопатия нижних конечностей, диабетическая стопа, заживление язв, клеточная терапия, диабетическая ангиопатия.

• • •

Түйіндеме. III-IV DUNK сатысы бар 24 пациентке көп орталықты перспективалық когортты зерттеу жүргізілді. Төменгі аяқтың негізгі артерияларының перкутандық транслюминальды ангиопластикасынан (ПТА) кейін 17 науқаста Вагнер бойынша 2-3 дәрежелі төменгі аяқтардың трофикалық зақымдануы

Источник финансирования исследований.

Работа выполнена при поддержке программы научных исследований НКЦ «Диабетическая стопа».

болды. Операциядан кейінгі 10 күннен 45 күнге дейінгі кезеңде аяқтың төменгі жағындағы үлкен тамырларының зақымдану аймағында рекомбинантты адам эритропоэтинімен (rEPO) алдын ала шартталған сүйек кемігінің аутологиялық моноклеарлы жасушаларымен (AMK) аутоцитотерапия жүргізілді. AMK rEPO-мен аутоцитотерапиядан кейін $TcpO_2$ айтарлықтай 54,5% жоғарылады, 92,3% науқастарда жара ақауларының толық жазылуы және ойық жараның қайталануы мен қайталануы санының азаюы байқалды.

Түйінді сөздер: қант диабеті, аяқтың төменгі жағындағы ангиопатиясы, диабеттік табан, ойық жараның, өсу факторлары, жасушалық терапия, диабеттік ангиопатия.

• • •

Abstract. A multicenter prospective cohort study of 24 patients with stage III-IV DUNK was conducted. after percutaneous transluminal angioplasty (PTA) of the main arteries of the lower extremities, 17 patients had trophic lesions of the lower extremities of grade 2-3 according to Wagner. In the postoperative period from 10 to 45 days, autocytotherapy was carried out with autologous mononuclear cells (AMC) of the bone marrow preconditioned with recombinant human erythropoietin (rEPO) in the area of damage to the great vessels of the lower extremities. After autocytotherapy with AMK rEPO, there was a significant increase in $TcpO_2$ by 54.5%, complete healing of wound defects in 92.3% of patients, and a decrease in the number of restenoses and relapses of ulcers.

Key words: diabetes mellitus, angiopathy of the lower extremities, diabetic foot, ulcer healing, diabetic angiopathy, mononuclear cells.

Введение. По данным исследователей СНГ сахарный диабет (СД) и его осложнения до сих пор остаются одними из самых трудных разделов теоретической и практической медицины. Поражение сосудов нижних конечностей является грозным осложнением СД, приводящее не редко к ампутации конечности и инвалидизации. Синдром диабетической стопы (СДС) наиболее грозное осложнение основного заболевания, приводящее к ампутации стопы [1]. Лечение диабетической ангиопатии нижних конечностей (ДАНК) представляет сложную и трудоемкую задачу. Современная стратегия лечения ДАНК абсолютно не приемлема без применения инновационных методов и технологий. В конце XX века был получен положительный эффект введения аутологических стволовых клеток периферической крови в лечении больных с облитерирующими заболеваниями артерий и терминальной стадией ишемии нижних конечностей. Впервые аутологичные моно-

нуклеарные клетки красного костного мозга при ишемии применили Tateishi-Yuyama в 2002 году [2-6]. В итоге через 24 недели отметили у пациентов увеличение лодыжечно-плечевого индекса, повышение длительности безболевой ходьбы и показателей транскутанного напряжения кислорода. По результатам мета-анализа применение клеточных технологий в лечении ишемии нижних конечностей повышало показатели транскутанного напряжения кислорода, дистанцию безболевой ходьбы, уменьшались боли в покое, приводило к заживлению язв за период наблюдения в течение 6 месяцев. Также было отмечено повышение числа сохраненных конечностей при назначении клеточной терапии в сравнении с группой пациентов, получавших только стандартное консервативное лечение.

Впервые феномен прекондиционирования был обнаружен при экспериментальной ишемии R. Lange et al. (1984) [7-11]. Данный перспективный метод улучшения клеточной выживаемости и их функционального статуса с помощью биологически активных веществ, с целью стимуляции неоваскулогенеза в ишемизированных тканях, имеет очень высокий научный и клинический интерес. Эритропоэтин (ЭПО) - гемопоэтический фактор, регулирующий пролиферацию и дифференцировку клеток-предшественников эритроцитов. Экспериментальные данные показали, что этот гормон может стимулировать митоз, индуцировать дифференцировку и активацию множества клеточных линий, таких как клетки эндотелия сосудов, миокарда, гладких мышц, так и в пролиферации эндотелиальных клеток. Гипотеза о том, что гемопоэтические и эндотелиальные клетки имеют общего предшественника гемангиобластов, основана на открытии, что обе линии клеток экспрессируют поверхностные антигены, такие как CD31 и CD3. ЭПО может стимулировать первую начальную фазу ангиогенного процесса (то есть повышение клеточной подвижности, разрушение клеточного матрикса и клеточную пролиферацию) и последующую фазу, которая приводит к образованию структур сосудистых пещер, а также взаимодействие между ЭПО и VEGF, способность ЭПО стимулировать митоз и подвижность эндотелиальных клеток могут иметь значение для неоваскулогенеза при различных ангиопатиях) [12-26].

Цель работы. Изучить возможность применения клеточных технологий, ее эффективности и безопасности использования аутологических мононуклеарных клеток (AMK) костного мозга прекондиционированных рекомбинатным человеческим эритропоэтином (пЭПО) в комбинированном лечении ДАНК.

Методы исследования. Проведено многоцентровое проспективное когортное исследование, в котором принимали участие 24 больных с ДАНК III-IV ст. (13 мужчин и 11 женщин, средний возраст $61 \pm 9,1$ лет) послеоперационного периода после чрескожной транслюминальной ангиопластики (ЧТА) магистральных артерий нижних конечностей, у 17 пациентов (10 мужчин и 7 женщин) имелись трофические поражения нижних конечностей 2-3 степени по Вагнеру. В контрольной группе ($n=11$) выполнялось стандартное консервативное лечение согласно протоколу. В основной группе ($n=13$), после купирования инфекции, кроме стандартной терапии в послеоперационный период от 10 до 45 суток проводилась аутоцитотерапия АМК пЭПО в области поражения магистральных сосудов нижних конечностей. Аспират костного мозга получали путем пункции подвздошных костей по известным специалистам методу. Выделение АМК производилось в условиях стерильного бокса, согласно протоколу. Подсчет количества клеток и жизнеспособности производили с помощью камеры Горяева. Инкубирование АМК с ЭПО производили в CO_2 -инкубаторе при $37^\circ\text{C}/5\%\text{CO}_2$ в течении 60 мин. Для определения клеточного состава использовался метод иммунофлюоресцентной микроскопии. Полученные АМК пЭПО в асептических условиях, под ультразвуковым контролем, однократно вводились перивазально в области поражения магистральных сосудов нижних конечностей. Всем пациентам для контроля гемодинамики нижних конечностей до и после лечения проводилось УЗДГ артерий нижних конечностей, а также определялось чрезкожное напряжение кислорода (TcrO_2) нижних конечностей с применением транскутанного оксиметра «Radiometer» (Copenhagen). TcrO_2 измерялось на тыльной поверхности стопы без крупных артерий и вен с равномерным капиллярным ложем, волосяного покрова или язвенных дефектов. Пациенты во время исследования находились в положении лежа на спине в спокойном и расслабленном психоэмоциональном состоянии. В помещении, где проводилось исследование, температура составляла около $21-23^\circ\text{C}$. Перед началом исследования проводилась калибровка электрода атмосферным воздухом. Электрод устанавливался в фиксирующее кольцо на коже после предварительной обработки спиртовым раствором. Полость фиксирующего кольца предварительно заполнялась раствором электролита (2–3 капли). После датчик устанавливался в фиксирующее кольцо на кожу. Регистрация показателей TcrO_2 проводилась при их стабилизации через 15–20 минут и достижении температуры кожи

43°C. Исследование транскутанной оксиметрии осуществлялось перед проведением аутоцитотерапии АМК пЭПО, затем на 7-10 суток после вмешательства, через 1, 3 и 6 месяцев наблюдения. У всех исследуемых определяли уровень компенсации углеводного обмена измерением уровня сахара крови стандартной методикой. Клинические и лабораторные исследования проводили до и после проведенного курса лечения.

Все пациенты получали общепринятое лечение на основании клинических рекомендаций Консенсуса по диабетической стопе и Международным сосудистым рекомендациям, которые регламентируют работу практического врача, ведущего больных с ДАНК. Всем пациентам с гнойно-некротическими поражениями проводились многоэтапные хирургические операции на пораженной нижней конечности, антибактериальная терапия, регуляция метаболических нарушений и местное лечение ран.

Результаты аутоцитотерапии ДАНК рассматривались в аспекте эффективности АМК пЭПО в качестве мер по снижению местных и общих патологических изменений, связанных с общим заболеванием и прежде всего, в плане предотвращения ампутаций конечности.

Исследование проводилось в соответствии с Хельсинской декларацией, требованиями кодекса надлежащей клинической практики (GCP) и законодательством. Перед проведением терапии от пациентов получали письменное информированное согласие.

Статистическая обработка данных проводилась с использованием компьютерных программ «Microsoft Excel 2019». В вариационных рядах с распределением для выявления достоверности полученных различий между двумя группами, вычислялся t-критерий Стьюдента. При всех методах обсчета различия считалось достоверными при $p < 0,05$. Графические данные представлены с использованием компьютерной программы Microsoft Power Point.

Результаты исследования и обсуждение результатов. У всех пациентов с ДАНК состояние углеводного обмена показало выраженную декомпенсацию СД согласно показателям среднего уровня гликозилированного гемоглобина ($8,7 \pm 2,3\%$). Больше половины больных имели тяжелую форму диабетической полинейропатии (ДПН) – 17 (70,8%). А 9 (37,5%) пациентов страдали ожирением (индекс массы тела (ИМТ) $> 30 \text{ кг/м}^2$). Из сопутствующих сердечно-сосудистых заболеваний у 6 (25%) пациентов в анамнезе был острый инфаркт миокарда (ОИМ), у 5 (20,8%) – острое нарушение мозгового крово-

бращения (ОНМК) соответственно. Диабетическая пролиферативная и препролиферативная ретинопатия выявлена у 8 (33,3%) пациентов. Хроническая болезнь почек (ХБП) имелась у 7 (29,2%) пациентов, из них у 43 (34%) – скорость клубочковой фильтрации (СКФ) <60мл/мин/1,73м². Программный гемодиализ получали - 5 (20,8%) больных. Были проанализированы клинические факторы, влияющие на уровень ТсрО₂ до и после аутоцитотерапии АМК пЭПО. Так, значения ТсрО₂ менее 30 мм рт. ст. до аутоцитотерапии АМК пЭПО были ассоциированы с ишемической болезнью сердца (ИБС), уровнем креатинина, артериальной гипертензией, инфекцией раневого дефекта и реперфузионным отеком. Далее, оценивали значение проходимости различных артериальных сегментов нижних конечностей тяжести на уровень ТсрО₂ на тыле стопы у больных ДАНК. Значительная ассоциация показателей чрескожного насыщения кислородом отмечена в случаях стено-окклюзирующих поражений передней большеберцовой артерии (ПББА) и тыльной артерии стопы ТАС. При проведении многофакторного анализа состояния кровотока с уровнем ТсрО₂ получена наибольшая ассоциация с нарушением проходимостью одновременно трех берцовых артерий.

В структуре тяжести ДАНК, преобладали пациенты с язвенными дефектами стоп. Так, у 17 (70,8%) пациентов имелись длительно незаживающие раны и язвы на стопе и голени, нередко осложненные инфекцией, а также гангрена одного или нескольких пальцев. У некоторых больных было отмечено бессимптомное течение ДАНК. Боль в покое у 2 (8,3%) пациентов с ДАНК отсутствовали или имели стертый характер, что возможно объяснить сопутствующей ДПНК и снижением болевой чувствительности. У 3 (12,5%) пациентов выявлена тяжелая перемежающаяся хромота – 3 категория поражений по Рутерфорду, у 2 (8,3%) больных жаловались на выраженную боль в покое – 4 категория соответственно. У всех больных с ДАНК были выявлены гемодинамически значимые стенозы и окклюзии артерий голени. В 54,2 % (n=13) случаев имелись многоуровневые поражения бедренно-подколенного и берцово-стопного сегментов при относительно интактных подвздошных артериях.

По данным транскутанной оксиметрии в основной группе исходно после ЧТА средний уровень ТсрО₂ составил 35,6±7,9 мм рт. ст., в результате введения АМК пЭПО на 7-10 сутки – 47,4±8,5 мм рт. ст. К концу 4 недели показатели напряжения кислорода достигали значений 56,4±3,9 мм рт. ст., затем через 3 и 6 месяцев наблюдения

среднее значение показателей $T_{sp}O_2$ оставались относительно стабильными и даже имела тенденция к его повышению, и составило $59,7 \pm 5,3$ мм рт. ст. и $61,2 \pm 4,9$ мм рт. ст. ($p < 0,05$) соответственно. В группе контроля исходно после ЧТА средний уровень $T_{sp}O_2$ составил $36,4 \pm 6,8$ мм рт. ст., на 7-10 сутки – $42,5 \pm 5,6$ мм рт. ст. Показатели напряжения кислорода в результате аутоцитотерапии достигали к концу 4 недели значений $43,1 \pm 6,6$ мм рт. ст., затем через 3 и 6 месяцев наблюдения среднее значение показателей $T_{sp}O_2$ несколько снижались, оставаясь выше исходного уровня, и составило $38,4 \pm 3,3$ мм рт. ст. и $36,7 \pm 2,4$ мм рт. ст. соответственно.

У 3 (12,5%) пациентов в исследуемой группе без признаков инфекции и хронической сердечной недостаточности низкие значения показателей $T_{sp}O_2$ после восстановления кровотока в бедренно-подколенном и берцово-стопном сегментах были связаны с резким развитием отека мягких тканей стопы, обусловленным синдромом ишемии-реперфузии. По результатам транскутанной оксиметрии у этих больных, после аутоцитотерапии АМК пЭПО, отмечался незначительный прирост уровня кислорода в тканях стопы до субоптимальных значений в среднем $28 \pm 1,3$ мм рт. ст. Несмотря на низкие показатели $T_{sp}O_2$ имела место положительная динамика течения раневого процесса, разрешение болевой симптоматики, а также отсутствие данных за реокклюзию при ультразвуковом исследовании. Через 3 мес. наблюдения среднее значение парциального напряжения кислорода у этих больных соответствовало $54,0 \pm 8,0$ мм рт. ст., обусловленный разрешением синдрома ишемии-реперфузии. Через 6 месяцев наблюдения отмечен прирост ($p < 0,05$) показателей $T_{sp}O_2$ – $67,3 \pm 2,8$ мм рт. ст. В группе контроля у пациентов с синдромом ишемии-реперфузии 18,2% ($n=2$) несмотря на низкие показатели $T_{sp}O_2$ в среднем $26,5 \pm 0,5$ мм рт. ст. имела место положительная динамика в разрешении болевой симптоматики, отсутствие данных за реокклюзию при ультразвуковом исследовании, но на уровне стопы у всех отмечался дигитальный некроз одного или нескольких пальцев. При динамическом наблюдении данной группы через 3 мес. после разрешения синдрома ишемии-реперфузии стопы регистрировались относительно удовлетворительные показатели транскутанной оксиметрии – $33,5 \pm 1,5$ мм рт. ст. В дальнейшем динамика показателей $T_{sp}O_2$ практически не изменялась.

При динамическом наблюдении, у пациентов основной группы через 1, 3 и 6 месяцев нарушение проходимости пролеченных арте-

риальных сегментов было диагностировано в 0% (n=0), у 7,7% (n=1) и в 15,4% (n=2) случаев соответственно. Несмотря на выявленные реокклюзии, все они были морфологическими и не сопровождались рецидивом клинических проявлений ДАНК. Рецидив синдрома диабетической стопы (СДС) наблюдался у 2 пациентов (15,4%), в течение 1 месяца после аутоцитотерапии АМК пЭПО ассоциированный с синдромом ишемии-реперфузии. Тогда как, у пациентов контрольной группы через 1, 3 и 6 месяцев нарушение проходимости пролеченных артериальных сегментов было диагностировано в 9,1% (n=1), у 18,2% (n=2) и в 45,5% (n=5) случаев соответственно, из которых только, у 36,4% (n=4) они были морфологическими и не сопровождались рецидивом клинических проявлений критической ишемии конечности. У остальных пациентов данной категории был выявлен рецидив симптомов и признаков ишемии. У 1-го больного – спустя 1 мес. после эндоваскулярного лечения у 1-го и 2-х в последующие периоды наблюдения – через 3 и 6 месяцев соответственно. При этом рецидив СДС в течение 6 месяцев отмечался у 72,7% (n=8) у 2-х пациентов (18,2%), 3-х (27,3%) и 3-х (27,3%) случаев на каждом этапе обследования. Понижение уровня $TspO_2$ с течением времени отмечалось у пациентов с рестенозами и реокклюзиями пролеченных сегментов, рецидивом клинических признаков ишемии конечности. Однако в основной группе пациентов с аутоцитотерапией АМК пЭПО наблюдалось повышение значений транскутанной оксиметрии. За этот же период времени повторных ЧТА в основной группе не было. Полное заживление раневых дефектов через 90 дней было достигнуто у 92,3% (n=12) пациентов ($p<0,05$). В группе контроля повторные ЧТА (от 1 до 3 вмешательств) была выполнены 4-м (36,4%) больным. Полное заживление раневых дефектов через 90 дней было достигнуто у 45,5% (n=5) пациентов.

Побочных эффектов в результате аутоцитотерапии АМК пЭПО за период проводимых исследований наблюдались в виде небольших гематом в местах инъекций и болевого синдрома в нижней конечности в день манипуляции.



Рисунок 1 – Полное заживление трофических язв нижних конечностей при ДАНК после аутоцитотерапии АМК пЭПО в течении 3 месяцев: 1) Трофические язвы до применения АМК пЭПО; 2) Бактерицидные атравматические повязки на язвах; 3) После введения АМК пЭПО в конечности; 4) Заживление через 90 дней после применения АМК пЭПО.

Таким образом в основной группе после проведенной аутоцитотерапии АМК пЭПО на 54,5% ($p < 0,05$) имелась достоверное повышение $TsrO_2$, тогда как в группе контроля в первый месяц отмечался подъем $TsrO_2$ на 16,8%, но затем в течении последующих месяцев наблюдения значения снижались в среднем на 13%. У пациентов с синдромом ишемии-реперфузии в основной группе по результатам транскутанной оксиметрии в первый месяц отмечался прирост $TsrO_2$

в среднем на 29%, в последующие 6 мес. наблюдения средние значения $TcрO_2$ у этих больных после аутоцитотерапии АМК пЭПО имели положительную динамику на 79,5% ($p<0,05$), в группе контроля отмечалось понижение значений $TcрO_2$. В основной группе за весь период наблюдения было выявлено рестенозов и реокклюзий у 23,1% ($n=3$), тогда как в контрольной данный показатель составлял 72,8% ($n=8$). Рецидив синдрома диабетической стопы в основной наблюдался у 15,4% ($p<0,05$) пациентов ($n=2$), в первый месяц после аутоцитотерапии АМК пЭПО ассоциированный с синдромом ишемии-реперфузии, в контрольной у 72,7% ($n=8$).

Повторных ЧТА в основной группе после аутоцитотерапии АМК пЭПО не было. В группе контроля повторные ЧТА была выполнены у 36,4% ($n=4$) больных. В основной группе полное заживление раневых дефектов через 90 дней было достигнуто у 92,3% ($n=12$) пациентов ($p<0,05$), тогда как в группе контроля полное заживление раневых дефектов через 90 дн. было достигнуто у 45,5% ($n=5$) пациентов (рисунок 1). Побочные эффекты в результате аутоцитотерапии АМК пЭПО за период проводимых исследований регистрировались в виде небольших гематом в местах инъекций и болевого синдрома в нижних конечностях в день манипуляции.

Заключение.

1. У больных с диабетической ангиопатией нижних конечностей после проведенной аутоцитотерапии АМК пЭПО имеется достоверное повышение $TcрO_2$, на 54,5% ($p<0,05$). В группе контроля в первый месяц отмечался подъем $TcрO_2$ лишь на 16,8% и с дальнейшим снижением в среднем на 13%.

2. За весь период наблюдения в основной группе пациентов было выявлено рестенозов и реокклюзий у 23,1% ($n=3$), а в контрольной данный показатель составил 72,8% ($n=8$).

3. У 15,4% ($p<0,05$) пациентов ($n=2$), основной группы в первый месяц после аутоцитотерапии АМК пЭПО ассоциированный с синдромом ишемии-реперфузии наблюдался рецидив синдрома диабетической стопы. В контрольной рецидив отмечался у 72,7% ($n=8$) пациентов.

4. После аутоцитотерапии АМК пЭПО в основной группе больных повторных ЧТА не отмечалось. В группе контроля повторные ЧТА была выполнены у 36,4% ($n=4$) больных.

5. В основной группе полное заживление раневых дефектов через 90 дней достигается у 92,3% ($n=12$) пациентов ($p<0,05$), в группе кон-

троля полное заживление раневых дефектов в такой же срок наблюдается у 45,5% (n=5) пациентов.

6. Побочные эффекты в результате аутоцитотерапии АМК пЭПО за период проводимых исследований регистрировались в виде небольших гематом в местах инъекций и болевого синдрома в нижних конечностях в день манипуляции у незначительного количества пациентов.

Список литературы

1 *Галстян Г.Р., Дедов И.И.* Организация помощи больным с синдромом диабетической стопы в Российской Федерации. Сахарный диабет. 2009;(1):4-7. [Galstjan GR, Dedov II. Principles of care in diabetic foot patients in Russia. Diabetes mellitus 2009; 1:4-7]. <https://doi.org/10.14341/2072-0351-5411>.

2 *Савельев В.С., Кошкин В.М.* Критическая ишемия нижних конечностей – М., 1997. — 170 с.

3 Second European Consensus Document on chronic critical leg ischemia // Circulation. – 1999, № 84 (IV). – P.1-26.

4 *Dormandy J.A., Rutherford R.B.* Management of peripheral arterial disease. TASC Group. Trans Atlantic Inter-Society Consensus // J. Vasc. Surg. – 2000, № 31. – P.1-296.

5 *Смолянинов А.Б.* Современные биотехнологические центры клеточных и генных технологий и банки стволовых клеток // Технология чистоты. — № 1, 2006. – С.4-5.

6 *Baumgartner I., Schainfeld R., Graziani L.* Management of peripheral vascular disease // Annu. Rev. Med. – 2005, № 56. – P.249-272. Vascular Society of Great Britain and Ireland // B.J.Surg. – 2007, № 94: issue 2. – P.1-13.

7 *Смолянинов А.Б. и соавт.* Основы клеточной и генной терапии сердечно-сосудистых заболеваний. — М., 2005. — 192 с.

8 *Дедов И.И.* Сахарный диабет: развитие технологий в диагностике, лечении и профилактике (пленарная лекция) // Сахарный диабет. — 2010. — №3 (48). — с. 6–13.

9 *Полозова Л.Г.* Терапия сахарного диабета 2-го типа: эффективность, доказанная временем // Международный эндокринологический журнал. — 2013. — №4 (52) — С. 57–62.

10 *Gerstein H.C., Miller M.E., Byington R.P., Goff D.C., Bigger J.T., Buse J.B., Cushman W.C., Genuth S., IsmailBeigi F., Grimm R.H., Probstfield J.L., Simons-Morton D.G., Friedewald W.T.* Action to Control Cardiovascular.

11 «Risk in Diabetes Study Group, Effects of intensive glucose lowering in type 2 diabetes // N. Engl. J. Med.— 2008.—№358 (24). — P. 2545–2559. DOI: 10.1056/NEJMoa0802743. [PubMed]

12 Иммунология. Айвен Ройт, Джонатан Бростофф, Дэвид Мейл. Изда-

тельство Мир, 2000, 582 страницы, ISBN 5-03-003305-X Иммунология. Айвен Ройт, Джонатан Бростофф, Дэвид Мейл. Издательство Мир, 2000, 582 страницы, ISBN 5-03-003305-X.

13 Методические подходы к детекции процесса аутофагии в мышечных клетках / К. С. Сухарева, Н. А. Смолина, А. С. Головкин [и др.] // Трансляционная медицина. – 2016. – Т. 3, № 5. – С. 129–137.

14 Сравнительное исследование эффективности трансплантации мультипотентных мезенхимальных стромальных клеток костного мозга, культивированных в условиях нормоксии и гипоксии, и их кондиционированных сред на модели острого повреждения легких / Р.Л. Чайлахян, А.В. Аверьянов, Ф.Г. Забозлаев [и др.] // Клеточные технологии в биологии и медицине. – 2014. – № 1. – С. 25–30.

15 Сравнительный эффект обогащенной тромбоцитами плазмы, лизата тромбоцитов и эмбриональной телячьей сыворотки на мезенхимные стволовые клетки / А. П. Лыков, Н. А. Бондаренко, М. А. Суровцева [и др.] // Бюллетень экспериментальной биологии и медицины. – 2017. – Т. 163, № 6. – С. 722–725.

16 Эритропоэтин улучшает эффекты мезенхимальных стволовых клеток в экспериментальной модели сепсиса / А.В. Аверьянов, А.Г. Конопляников, Ф.Г. Забозлаев [и др.] // Клиническая практика. – 2012. – № 2. – С. 4–12.

17 Эффективность внутримышечного введения стволовых/прогениторных клеток в эксперименте на модели ишемии нижней конечности / О.В. Пощенко, А.П. Лыков, Н.А. Бондаренко [и др.] //

18 Ангиология и сосудистая хирургия. – 2016. – Т. 22, № 4. – С. 51–54.

18. A novel Sprouty4-ERK1/2-Wnt/ β -catenin regulatory loop in marrow stromal progenitor cells controls osteogenic and adipogenic differentiation / L. Tian, H. Xiao, M. Li [et al.]. – DOI: 10.1016/j.metabol.2020.154189. – Text : electronic // Metabolism. – 2020. – Vol. 105. – P. 154189. – URL: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/32105664/> (date of access: 14.10.2022).

19 A review of stem cell therapy: An emerging treatment for dementia in Alzheimer's and Parkinson's disease / A. U. Pradhan, O. Uwishema, H. Onyeka [et al.]. – DOI: 10.1002/brb3.2740. – Text: electronic // Brain Behav. – 2022. – Vol. 12, N 9. –P. e2740. – URL: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/35971625/> (date of access: 14.10.2022).

20 Abdelnasser Imam, R. Efficacy of erythropoietin pretreated mesenchymal stem cells in murine burn wound healing: possible in vivo transdifferentiation into keratinocytes / R. Abdelnasser Imam, A. Abu-Elenein Rizk. – DOI: 10.5603/FM.a2019.0038. – Text : electronic // Folia Morphol. (Warsz). – 2019. – Vol. 78, N 4. – P. 798–808. – URL: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/30949996/> (date of access: 14.10.2022).

21 Acceleration of diabetic wound healing with adipose-derived stem cells, endothelial-differentiated stem cells, and topical conditioned medium therapy in a swine model / R. F. Irons, K. W. Cahill, D. A. Rattigan [et al.]. –DOI: 10.1016/j.

jvs.2018.01.065. – Text : electronic // J. Vasc. Surg. – 2018. – Vol. 68,226 N 6S. – P. 115S–125S. – URL: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/29753580/> (date of access: 14.10.2022).

22 Activation of autophagy in periodontal ligament mesenchymal stem cells promotes angiogenesis in periodontitis / W. Wei, Y. An, Y. An [et al.]. – DOI: 10.1002/JPER.17–0341. – Text : electronic // J. Periodontol. – 2018. – Vol. 89, N 6. – P. 718–727. – URL: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/29607508/> (date of access: 14.10.2022).

23 Activation of migration of endogenous stem cells by erythropoietin as potential rescue for neurodegenerative diseases / M.I. Khairallah, L.A. Kassem, N.A. Yassin [et al.]. – DOI: 10.1016/j.brainresbull.2016.01.007. – Text : electronic // Brain Res. Bull. – 2016. – Vol. 121. – P. 148–157. –URL: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/26802509/> (date of access: 14.10.2022).

24 Adipose-derived mesenchymal stem cells: a promising tool in the treatment of musculoskeletal diseases / M. Torres-Torrillas, M. Rubio, E. Damia [et al.]. – DOI: 10.3390/ijms20123105. – Text : electronic // Int. J. Mol. Sci. – 2019. – Vol. 20, N 12. – P. 3105. – URL: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/31242644/> (date of access: 21.11.2022).

25 AICAR and nicotinamide treatment synergistically augment the proliferation and attenuate senescence-associated changes in mesenchymal stromal cells / M. Khorraminejad-Shirazi, M. Sani, T. Talaei-Khozani [et al.]. – DOI: 10.1186/s13287-020-1565-6. – Text : electronic // Stem Cell Res. Ther. – 2020. – Vol. 11, N 1. – P. 45.

26 *Коненков В.И., Климонтов В.В.* Генные и клеточные технологии в лечении синдрома диабетической стопы. Сахарный диабет. 2014;17(1):63-69

References

1. *Galstyan G.R, Dedov I.I.* Organizaciya pomoshchi bol'nym s sindromom diabeticheskoy stopy v Rossijskoj Federacii. Saharnyj diabet. 2009;(1):4-7. [Galstyan GR, Dedov II. Principles of care in diabetic foot patients in Russia. Diabetes mellitus 2009; 1:4-7]. <https://doi.org/10.14341/2072-0351-5411>.
- 2 *Savel'ev V.S., Koshkin V.M., Kriticheskaya ishemiya nizhnih konechnostej – M., 1997. — 170 s.*
- 3 Second European Consensus Document on chronic critical leg ischemia // Circulation. – 1999, № 84 (IV). – P.1-26.
- 4 *Dormandy J.A., Rotherford R.B.* Management of peripheral arterial disease. TASC Group. Trans Atlantic Inter-Society Consensus // J. Vasc. Surg. – 2000, № 31. – P.1-296.
5. *Smolyaninov A.B.* Sovremennye biotekhnologicheskie centry kletочnyh i gennyh tekhnologij i banki stvolovyh kletok // Tekhnologiya chistoty. — № 1, 2006. – S.4-5.
- 6 *Baumgartner I., Schainfeld R., Graziani L.* Management of peripheral vascular disease // Annu. Rev. Med. – 2005, № 56. – P.249-272. Vascular Society of

Great Britain and Ireland // B.J.Surg. – 2007, № 94: issue 2. – P.1-13.

7 Smolyaninov A.B. *i soavt. Osnovy kletochnoj i gennoj terapii serdechno-sudistyh zabolevanij.* — M., 2005. — 192 s.

8 Dedov I.I. Saharnyj diabet: razvitie tekhnologij v diagnostike, lechenii i profilaktike (plenarnaya lekciya) // Saharnyj diabet. — 2010. — №3 (48). — s. 6–13.

9 Polozova, L.G. Terapiya saharnogo diabeta 2-go tipa: effektivnost', dokazannaya vremenem // Mezhdunarodnyj endokrinologicheskij zhurnal. — 2013. — №4 (52) — S. 57–62.

10 Gerstein, H.C., Miller M.E., Byington R.P., Goff D.C., Bigger J.T., Buse J.B., Cushman W.C., Genuth S., IsmailBeigi F., Grimm R.H., Probstfield J.L., Simons-Morton D.G., Friedewald W.T. Action to Control Cardiovascular.

11 «Risk in Diabetes Study Group, Effects of intensive glucose lowering in type 2 diabetes // N. Engl. J. Med.— 2008.—№358 (24). — P. 2545–2559. DOI: 10.1056/NEJMoa0802743. [PubMed]

12 Immunologiya. Ajven Rojt, Dzhonatan Brostoff, Devid Mejl. Izdatel'stvo Mir, 2000, 582 stranicy, ISBN 5-03-003305-X Immunologiya. Ajven Rojt, Dzhonatan Brostoff, Devid Mejl. Izdatel'stvo Mir, 2000, 582 stranicy, ISBN 5-03-003305-X.

13 Metodicheskie podhody k detekcii processa autofagii v myshechnyh kletkah / K.S. Suhareva, N.A. Smolina, A.S. Golovkin [i dr.] // Translyacionnaya medicina. — 2016. — T. 3, № 5. — S. 129–137.

14 Sravnitel'noe issledovanie effektivnosti transplantacii mul'tipotentnyh mezenhimal'nyh stromal'nyh kletok kostnogo mozga, kul'tivirovannyh v usloviyah normoksii i gipoksii, i ih kondicionirovannyh sred na modeli ostrogo povrezhdeniya legkih / R. . CHajlahyan, A. . Aver'yanov, F. . Zabozaev [i dr.] // Kletochnye tekhnologii v biologii i medicine. — 2014. — № 1. — S. 25–30.

15 Sravnitel'nyj effekt obogashchennoj trombocitami plazmy, lizata trombocitov i embrional'noj telyach'ej syvorotki na mezenhimnye stvolovye kletki / A.P. Lykov, N.A. Bondarenko, M.A. Surovceva [i dr.] // Byulleten' eksperimental'noj biologii i mediciny. — 2017. — T. 163, № 6. — S. 722–725.

16 Eritropoetin uluchshaet efekty mezenhimal'nyh stvolovyh kletok v eksperimental'noj modeli sepsisa / A. V. Aver'yanov, A. G. Konoplyannikov, F. G. Zabozaev [i dr.] // Klinicheskaya praktika. — 2012. — № 2. — S. 4–12.

17 Effektivnost' vnutrimyshechnogo vvedeniya stvolovyh/progenitornyh kletok v eksperimente na modeli ishemi zhnjej konechnosti / O.V. Poveshchenko, A.P. Lykov, N. A. Bondarenko [i dr.] // Angiologiya i sosudistaya hirurgiya. — 2016. — T. 22, № 4. — S. 51–54.

18. A novel Sprouty4-ERK1/2-Wnt/ β -catenin regulatory loop in marrow stromal progenitor cells controls osteogenic and adipogenic differentiation / L. Tian, H. Xiao, M. Li [et al.]. — DOI: 10.1016/j.metabol.2020.154189. — Text : electronic // Metabolism. — 2020. — Vol. 105. — P. 154189. — URL: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/32105664/> (date of access: 14.10.2022).

19 A review of stem cell therapy: An emerging treatment for dementia in Alzheimer's and Parkinson's disease / A.U. Pradhan, O. Uwishema, H. Onyeaka [et al.]. — DOI: 10.1002/brb3.2740. — Text: electronic // Brain Behav. — 2022. — Vol.

12, N 9. –P. e2740. – URL: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/35971625/> (date of access: 14.10.2022).

20 Abdelnasser Imam, R. Efficacy of erythropoietin pretreated mesenchymal stem cells in murine burn wound healing: possible in vivo transdifferentiation into keratinocytes / R. Abdelnasser Imam, A. Abu-Elenein Rizk. – DOI: 10.5603/FM.a2019.0038. – Text : electronic // Folia Morphol. (Warsz). – 2019. –

Vol. 78, N 4. – P. 798–808. – URL: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/30949996/> (date of access: 14.10.2022).

21 Acceleration of diabetic wound healing with adipose-derived stem cells, endothelial-differentiated stem cells, and topical conditioned medium therapy in a swine model / R. F. Irons, K. W. Cahill, D. A. Rattigan [et al.]. –DOI: 10.1016/j.jvs.2018.01.065. – Text : electronic // J. Vasc. Surg. – 2018. – Vol. 68,226 N 6S. – P. 115S–125S. – URL: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/29753580/> (date of access: 14.10.2022).

22 Activation of autophagy in periodontal ligament mesenchymal stem cells promotes angiogenesis in periodontitis / W. Wei, Y. An, Y. An [et al.]. – DOI: 10.1002/JPER.17–0341. – Text : electronic // J. Periodontol. – 2018. – Vol. 89, N 6. – P. 718–727. – URL: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/29607508/> (date of access: 14.10.2022).

23 Activation of migration of endogenous stem cells by erythropoietin as potential rescue for neurodegenerative diseases / M.I. Khairallah, L.A. Kassem, N.A. Yassin [et al.]. – DOI: 10.1016/j.brainresbull.2016.01.007. – Text : electronic // Brain Res. Bull. – 2016. – Vol. 121. – P. 148–157. –URL: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/26802509/> (date of access: 14.10.2022).

24 Adipose-derived mesenchymal stem cells: a promising tool in the treatment of musculoskeletal diseases / M. Torres-Torrillas, M. Rubio, E. Damia [et al.]. – DOI: 10.3390/ijms20123105. – Text : electronic // Int. J. Mol. Sci. – 2019. – Vol. 20, N 12. – P. 3105. – URL: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/31242644/> (date of access:21.11.2022).

25 AICAR and nicotinamide treatment synergistically augment the proliferation and attenuate senescence-associated changes in mesenchymal stromal cells / M. Khorraminejad-Shirazi, M. Sani, T. Talaei-Khozani [et al.]. – DOI: 10.1186/s13287-020-1565-6. – Text : electronic // Stem Cell Res. Ther. – 2020. – Vol. 11, N 1. – P. 45.

26 *Konenkov V.I., Klimontov V.V.* Gennye i kletochnye tekhnologii v lechenii sindroma diabeticheskoy stopy. Saharnyj diabet. 2014;17(1):63-69

Сведения об авторах

Нуралин Рустем Шекербаевич, кандидат медицинских наук, nuralin.rustem@mail.ru, Дизайн Исследования, Проведение Исследований, Анализ Результатов, Обсуждение, Подготовка Публикации.

Нуралы Дилара Рустемқызы, студент медицинского факультета,

г. Дебрецен, Венгрия, nuralydilara12@gmail.com, Литературный Поиск, Анализ Результатов, Подготовка Публикации.

Екибаев Тимур Рустемович, врач-хирург, ekibaev95@mail.ru, Проведение Исследований, Обсуждение.

Ашимов Нурлан Токенович, кандидат медицинских наук, кафедра хирургических болезней Медицинского факультета nurlan.aschimov@gmail.com, Дискуссия, Обсуждение.

Есимсиитова Зура Беркутовна, кандидат биологических наук, кафедра биоразнообразия и биоресурсов, zura1958@bk.ru, Дискуссия, Обсуждение.

Авторлар туралы мәліметтер

Нұралин Рүстем Шекербайұлы, медицина ғылымдарының кандидаты, nuralin.rustem@mail.ru, Зерттеуді жобалау, зерттеу жүргізу, нәтижелерді талдау, талқылау, жариялауды дайындау.

Нұралы Дилара Рүстемқызы, Медицина факультетінің студенті, Дебрецен, Венгрия, nuralydilara12@gmail.com, Әдебиеттерді іздеу, Нәтижелерді талдау, Басылымды дайындау.

Екибаев Тимур Рүстемұлы, хирург, ekibaev95@mail.ru, Зерттеу, Талқылау.

Әшімов Нұрлан Төкенұлы, медицина ғылымдарының кандидаты, nurlan.aschimov@gmail.com, Талқылау, Талқылау.

Есимсиитова Зура Беркутовна, биология ғылымдарының кандидаты, zura1958@bk.ru, Талқылау, Талқылау.

Information about the authors

Nuralin Rustem Shekerbaevich, Candidate of Medical Sciences, nuralin.rustem@mail.ru, Research Design, Research Conduct, Results Analysis, Discussion, Publication Preparation.

Nuraly Dilara Rustemkyzy, student of the Faculty of Medicine, Debrecen, Hungary, nuralydilara12@gmail.com, Literature Search, Analysis of Results, Preparation of Publication.

Ekibaev Timur Rustemovich, surgeon, ekibaev95@mail.ru, Research, Discussion.

Ashimov Nurlan Tokenovich, Candidate of Medical Sciences, nurlan.aschimov@gmail.com, Discussion, Discussion.

Esimsiitova Zura Berkutovna, Candidate of Biological Sciences, zura1958@bk.ru, Discussion, Discussion.

Благодарность. Авторы благодарят генерального директора ТОО "MedFreedom" Нуралину Динару Жасулановну за помощь в организации и проведении исследований.

Нуралин Р.Ш.¹, Нуралы Д.Р.², Екибаев Т.Р.³, Ашимов Н.Т.⁴,
Синяевский Ю.А.^{5,6}

¹ Научно-клинический центр «Диабетическая стопа», г. Алматы, Казахстан

² Медицинский факультет Университета Дебрецена, г. Дебрецен, Венгрия

³ НИИ Кардиологии и Внутренних болезней, г. Алматы, Казахстан

⁴ Казахский национальный университет им Аль-Фараби, г. Алматы, Казахстан

⁵ Научный производственно-технический центр «Жалын»,
г. Алматы, Казахстан

СКАФФОЛД-БИОТЕХНОЛОГИИ В ЛЕЧЕНИИ СИНДРОМА ДИАБЕТИЧЕСКОЙ СТОПЫ

Аннотация. Даны современные представления об изучении эффективности и безопасности местного применения гибридной биodeградируемой биоинженерной конструкции на основе карбоксиметилцеллюлозы со сфероидами, содержащими бактериоцины бульонных культур *Staphylococcus aureus*, *Streptococcus pyogenes*, *Enterococcus faecalis*, *Escherichia coli* atque etiam *Pseudomonas aeruginosa* в комплексном лечении синдрома диабетической стопы. Проведено проспективное исследование 89 пациентов с синдромом диабетической стопы. Все пациенты основной и контрольной группы получали общепринятое лечение для синдрома диабетической стопы. В результате изучения местного применения гибридной биodeградируемой биоинженерной конструкции на основе карбоксиметилцеллюлозы со сфероидами, содержащими бактериоцины бульонных культур *Staphylococcus aureus*, *Streptococcus pyogenes*, *Enterococcus faecalis*, *Escherichia coli* atque etiam *Pseudomonas aeruginosa* в сочетании с комплексным лечением синдрома диабетической стопы было показано его безопасность и эффективность, что также подтверждается исследованиями зарубежных авторов.

Ключевые слова: гибридная биodeградируемая биоинженерная конструкция, сахарный диабет, диабетическая стопа, бактериоцины бульонных культур, *Staphylococcus aureus*, *Streptococcus pyogenes*, *Enterococcus faecalis*, *Escherichia coli*, *Pseudomonas aeruginosa*.

Источник финансирования исследований. Работа выполнена при поддержке программы научных исследований НКЦ «Диабетическая стопа».

• • •

Түйіндеме: Бұл мақалада *Staphylococcus aureus*, *Streptococcus pyogenes*, *Enterococcus faecalis* aureus, *Pyogenes*, *Enterococcus faecalis* a) сорпа дақылдарының бактериоциндері бар карбоксиметилцеллюлоза негізіндегі гибриді биологиялық ыдырайтын биоинженерлік құрылымды жергілікті қолданудың тиімділігі мен қауіпсіздігін зерттеу туралы заманауи идеялар ұсынылған. диабеттік табан синдромын кешенді емдеу. Диабеттік табан синдромы бар 89 науқасқа перспективалық зерттеу жүргізілді. Негізгі және бақылау топтарындағы барлық науқастар диабеттік табан синдромы бойынша стандартты ем алды. Диабеттік табан синдромын кешенді емдеумен бірге *Staphylococcus aureus*, *Streptococcus pyogenes*, *Enterococcus faecalis* aureus, *Pyogenes*, *Enterococcus faecalis*, *Escherichia coli* atque etiam *Pseudomonas aeruginosa* сорпа дақылдарының бактериоциндері бар карбоксиметилцеллюлоза негізіндегі гибриді биологиялық ыдырайтын биоинженерлік құрылымды жергілікті қолдануды зерттеу нәтижесінде оның қауіпсіздігі мен тиімділігі шетелдік авторлардың зерттеулерімен де расталған.

Түйінді сөздер: гибриді биологиялық ыдырайтын биоинженерлік құрылым, қант диабеті, диабеттік табан, сорпа дақылдарының бактериоциндері алтын стафилококк, стрептококк пиогені, энтерококк фаекалис, ішек таяқшасы және псевдомонас.

• • •

Abstract. This article presents modern ideas about the study of the efficacy and safety of topical application of a hybrid biodegradable bioengineered construct based on carboxymethylcellulose with spheroids containing bacteriocins from broth cultures of *Staphylococcus aureus*, *Streptococcus pyogenes*, *Enterococcus faecalis*, *Escherichia coli* atque etiam *Pseudomonas aeruginosa* in the complex treatment of diabetic foot syndrome. A prospective study of 89 patients with diabetic foot syndrome aged 25 to 74 years was carried out on the basis of the NCC "Diabetic Foot", Almaty. The control group consisted of 25 patients aged 26 to 74 years. All patients of the main and control groups received conventional treatment for diabetic foot syndrome. Thus, as a result of studying the local application of a hybrid biodegradable bioengineered construct based on carboxymethylcellulose with spheroids containing bacteriocins from broth cultures of *Staphylococcus aureus*, *Streptococcus pyogenes*, *Enterococcus faecalis*, *Escherichia coli* atque etiam *Pseudomonas aeruginosa* in combination with complex treatment of diabetic foot syndrome, its safety and efficacy were shown, which is also confirmed by the studies of foreign authors.

Key words: hybrid biodegradable bioengineered construct, diabetes mellitus, diabetic foot, broth culture bacteriocins, *Escherichia coli*, *Pseudomonas aeruginosa*, *Streptococcus pyogenes*, *Enterococcus faecalis*, *Staphylococcus aureus*.

Введение. В настоящее время сахарный диабет (СД) и его осложнения остаются одними из самых актуальных проблем теоретической и практической медицины. Во всем мире синдромом диабетической стопы (СДС) страдает более 20 млн. человек. Хотя достигнуты определенные успехи в диагностике и лечении СДС, но все же данное осложнение занимает лидирующее положение среди причин ампутаций конечности, инвалидизации, и смертности [1]. Нерациональное применение противомикробных препаратов начало приводить к появлению бактерий, устойчивых к наиболее популярным антибиотикам. В последнее время во всемирном сообществе все более чаще ученые стали уделять внимание данной проблеме [2]. Исследователи всего мира проводят прогрессивные разработки в сфере получения новых антибиотиков для лечения инфекционных болезней. Однако из всего количества синтезируемых молекул лишь очень небольшая часть имеет противомикробную активность. И часто эти новые соединения имеют высокую стоимость или высокотоксичное воздействие на организм человека [3].

Создание биоинженерных конструкций (БИК), предназначенных для восстановления целостности тканей или в качестве транспорта лекарственных веществ является чрезвычайно востребованным и активно развивающимся направлением в биологии и медицине. Важнейшей задачей современной хирургии при различных поражениях кожи является борьба с инфекцией и методов адекватного закрытия раны. В настоящий момент перспективным являются применение гибридных биоинженерных конструкций на основе полимеров и биотехнологических материалов в лечении инфекционных процессов. Современное развитие фармацевтики позволяет активно применять различные полимеры в составе лекарственных препаратов, которые удлиняют высвобождение лекарственных веществ, повышают биодоступность, увеличивают сроки годности лекарственных препаратов [4]. Среди данных полимеров особый интерес представляет кроскармеллоза (международное непатентованное наименование) или натриевая соль карбоксиметилцеллюлозы (КМЦ).

Бактериоцины — это комплекс пептидов (молекулярная масса 2-35 кДа), секретируемых бактериями, имеющие противомикробное действие против родственных видов или прочих видовых штаммов [5]. По литературным источникам, до 99% бактерий имеют свойство к биосинтезу одного или нескольких бактериоцинов (Klaenhammer, 1993). Изначально считалось, что эти пептиды обладают активно-

стью только в отношении микроорганизмов, связанных с продуцентом данного вещества. Но последующие исследования показали, что они влияют на прочие штаммы микроорганизмы, отличных от продуцента. В связи с этим бактериоцины часто рассматриваются в качестве «собственного оружия» некоторых бактерий, помогающего конкурировать за пищу и защищать себя в природе.

В последнее время бактериоцины стали представлять интерес в качестве антимикробных соединений для применения в медицине, сельском хозяйстве и биохимической промышленности [6], а также при лечении инфекций, вызываемых антибиотикоустойчивыми возбудителями [7].

Таким образом, учитывая потенциал бактериоцинов, появляются новые перспективы для применения бактериоцинов в качестве противомикробных препаратов для лечения инфицированных и гнойных ран. Поэтому поиск новых биотехнологических антибиотиков с улучшенными физико-химическими свойствами и расширенным спектром представляет большой интерес и является одной из актуальных проблем в области биотехнологии, и медицины [8].

Цель работы. Изучение эффективности и безопасности местного применения гибридной биодegradуемой бионженерной конструкции на основе карбоксиметилцеллюлозы со сфероидами, содержащими бактериоцины бульонных культур *Staphylococcus aureus*, *Streptococcus pyogenes*, *Enterococcus faecalis*, *Escherichia coli* а также *Pseudomonas aeruginosa* в комплексном лечении синдрома диабетической стопы.

Методы исследования. Проведено проспективное исследование 89 пациентов с СДС в возрасте от 25 до 74 лет на базе НКЦ «Диабетическая стопа», г. Алматы. Давность диабета колебалась от 2,5 до 20 лет. Пять пациентов имели 1 тип диабета. В анамнезе стаж СДС от 1 недели до 22 месяцев. Распространенность и глубина СДС оценивалась по классификации Вагнера-Армстронга [9,10]. В исследование включались те пациенты, тяжесть которых оценивалась по этой классификации как 2-3 стадия, а раневой процесс находился в 1-2 фазе (альтерация, эксудация, пролиферация). Контрольная группа - 25 больных в возрасте от 26 до 74 лет. Причины, степень тяжести и фаза раневого процесса синдрома диабетической стопы были идентичными, как и в основной группе. Все пациенты основной и контрольной группы получали общепринятое лечение для СДС. В группе контроля, как и в основной, местное лечение проводилось согласно

международным рекомендациям и состояло из санации раны (удаления некротических тканей), наложения влажной раневой повязки, разгрузки конечности [11] и по показаниям, под местной или спинномозговой анестезией, проводились оперативные вмешательства на пораженной нижней конечности.

Для клинического изучения применялась биodeградируемая гелеобразная бионженерная конструкция (БИК) на основе карбоксиметилцеллюлозы (КМЦ) со сфероидами, содержащими бактериоцины бульонных культур (ББК) *Staphylococcus aureus*, *Streptococcus pyogenes*, *Enterococcus faecalis*, *Escherichia coli atque etiam Pseudomonas aeruginosa*. Лекарственная форма приготовлена в экспериментальной лаборатории НКЦ «Диабетическая стопа» и представляет собой бесцветную гелевую массу со сфероидными включениями белого цвета, без запаха. Применение препарата проводилось следующим образом: поверхность раны обрабатывали и промывали раствором хлоргексидина биглюконат 0,05%, затем, на марлевые салфетки наносили гель толщиной 0,3-0,4 см., накладывали на поверхность раны и область раны забинтовали. Смену гелевой повязки БИК на основе КМЦ со сферами ББК, а также наблюдение за течением раневого процесса осуществляли ежедневно один раз в день. В контрольной группе использовались мазевые повязки с антибиотиками (Левомеколь, Метрогил гель и пр.), которые применяли по аналогичной схеме.

Для изучения эффективности лечения проводили наблюдения за динамикой изменений в зоне поражения. При этом учитывали площадь раны, присутствие в ране гноя и некроза, характер и запах отделяемого из раны, наличие грануляционной ткани, состояние кожных покровов вокруг раны (истончение, пигментация, дерматиты и т.д.), наличие перифокального воспаления. Проводилось микробиологическое изучение отделяемого с раны: 1) до начала исследования, 2) на 10-11 сутки, 3) на 20-21 сут. лечения с применением автоматического анализатора Wolk Away (Simens). С этой целью с поверхности ран осуществлялся забор биоматериала по стандартной методике. Для проведения данного исследования применялся культуральный метод изучения – посев на специальные среды культуры клеток, выделение, степень роста, идентификация возбудителя, определение его чувствительности к антибиотикам и химиопрепаратам с расчетом минимальной ингибирующей концентрации антибиотика (МИК), блокирующая рост патогенных микроорганизмов. Выявленные микроор-

ганизмы наиболее чувствительны к тем антибиотикам, которые имеют наименьшее значение МИК [12,13].

Статистическая обработка данных проводилась с использованием компьютерных программ «Microsoft Excel 2017».

В вариационных рядах с распределением для выявления достоверности полученных различий между двумя группами, вычислялась средняя арифметическая (M), ошибка средней арифметической (m), t -критерий Стьюдента. При всех методах обсчета различия считались достоверными при $p < 0,05$. Графические данные представлены с использованием компьютерной программы Microsoft Power Point.

Клинические исследования проводились в соответствии с этическими принципами Хельсинской Декларации, правилами GCP и действующими нормативными требованиями в РК. Испытуемые включались в исследование только на основании добровольного информированного согласия. Протокол исследования был одобрен Независимым Этическим Комитетом НКЦ «Диабетическая стопа».

Результаты исследования и обсуждения. Основная группа 64 пациентов СДС в возрасте от 25 до 74 лет. Клиническая картина гнойно-некротических поражений, развившихся на фоне СД, до начала местного лечения БИК на основе КМЦ со сферами ББК в виде геля, была следующей: обильное отделяемое из раны носило гнойно-серозный характер, имелся влажный некроз грязно-серого цвета, налет фибрина на раневой поверхности, грануляционной ткани не было, очаги эпителизации отсутствовали, присутствовал отек и периферическое воспаление.

Площадь раневой поверхности у исследуемых больных (основной и контрольной) составляла от 61.7мм² до 1231.5мм². Результаты бактериологического исследования, до проводимого лечения, характеризовались обильным (IV степенью) ростом микрофлоры, в основной группе, у 62 пациентов (69,7%), разнообразием условно-патогенной грамотрицательной микрофлорой в ране. Также отмечалось наличие полибактериальной инфекции в ране (2 и более штаммов микроорганизмов) у 21 больных (23,6%).

Таблица 1. Интенсивность колонизации микроорганизмами ран у больных СДС в основной группе, до применения БИК на основе КМЦ со сферами ББК, (n=64)

№	Наименование выделенного микроорганизма	Количество штаммов, абс.(%)	МИК, (мкг/мл), (M±m)
1.	<i>Staphylococcus aureus</i>	40 (38,46%)	8,44±0,44
2.	<i>Escherichia coli</i>	15 (23,1%)	14,89±0,84
3.	<i>Proteus mirabilis</i>	10 (15,4%)	13,83±0,65
4.	<i>Staphylococcus haemolyticus</i>	9 (13,8%)	8,72±0,80
5.	<i>Pseudomonas aeruginosa</i>	9 (13,8%)	13,63±1,0
6.	<i>Klebsiella pneumonia</i>	7 (10,8%)	11,24±0,88
7.	<i>Enterococcus faecium</i>	7 (10,8%)	7,62±0,61
8.	<i>Enterobacter spp.</i>	5 (7,7%)	8,5±1,10
9.	<i>Candida albicans</i>	2 (3,1%)	6,3±0,42

Как видно из таблицы 1, микробиологическое исследование отделяемого из раны у пациентов с СДС представлена преимущественно стафилококками (38,5%). Отмечался высокий процент 34,6% (n=36) устойчивых культур (R) к антибактериальным препаратам и химиотерапевтическим средствам. При определении чувствительности выявлены показатели обсеменения МИК кишечной палочкой (до 17,0 мкг/мл), синегнойной палочкой (до 15,4 мкг/мл), протейями (до 15,3 мкг/мл), палочкой Фридлендера (до 12,1 мкг/мл). В основной группе, в среднем, у пациентов с СДС МИК составил 10,35±0,74.

Таблица 2. Интенсивность колонизации микроорганизмами ран у больных СДС, в процессе местного применения БИК на основе КМЦ со сферами ББК, на 10-11 сутки, (мкг/мл), (n=64)

№	Наименование выделенного микроорганизма	Количество штаммов, абс.(%)	МИК на 10-11 сутки, (M±m)
1.	<i>Staphylococcus aureus</i>	25 (39,1%)	7,1±2,5
2.	<i>Staphylococcus haemolyticus</i>	11 (17,1%)	6,02±2,3
3.	<i>Enterococcus faecium</i>	10 (15,6%)	10,4±3,04
4.	<i>Staphylococcus epidermidis</i>	9 (9,4%)	7,5±2,6
5.	<i>Escherichia coli</i>	5 (7,9%)	6,5±2,4
6.	<i>Proteus mirabilis</i>	5 (7,9%)	5,2±2,2
7.	<i>Pseudomonas aeruginosa</i>	3 (4,6%)	4,5±2,1
8.	<i>Klebsiella pneumonia</i>	0	0
9.	<i>Enterobacter spp.</i>	0	0
10.	<i>Candida albicans</i>	0	0

*- p <0.05 в сравнении с исходными показателями;

**- p <0.01 в сравнении с исходными показателями.

Результаты микробиологическое исследование, в процессе проводимого местного лечения БИК на основе КМЦ со сферами ББК на 10-11 сутки, в сочетании с комплексным лечением СДС, представлены в таблице 2, в котором отмечается появление новых штаммов микроорганизмов в ране (энтерококков и эпидермальных стафилококков) и в тоже время отсутствие других (палочек Фридлиндера, колоний энтеробактера и дрожжеподобных грибов). Обильный (IV степень) рост микрофлоры присутствует только у 13 пациентов (20,3%), также у всех пациентов (100%) было выявлена монобактериальная инфекция.

Таблица 3. Интенсивность колонизации микроорганизмами ран у больных СДС, в процессе местного применения БИК на основе КМЦ со сферами ББК, на 20-21 сутки, (мкг/мл), (n=64)

№	Наименование выделенного микроорганизма	Количество штаммов, абс.(%)	МИК на 20-21 сутки, (M±m)
1.	<i>Staphylococcus aureus</i>	30 (46,9%)	3,9±1,9
2.	<i>Staphylococcus haemolyticus</i>	10 (15,6%)	4,3±2,02
3.	Отсутствие микрофлоры	7 (10,9%)	0
4.	<i>Proteus mirabilis</i>	7 (10,9%)	2,7±1,6
5.	<i>Staphylococcus epidermidis</i>	5 (7,9%)	5,5±2,2
6.	<i>Escherichia coli</i>	5 (6,3%)	4,7±2,1
7.	<i>Pseudomonas aeruginosa</i>	0	0
8.	<i>Enterococcus faecium</i>	0	0
9.	<i>Klebsiella pneumonia</i>	0	0
10.	<i>Enterobacter spp.</i>	0	0
11.	<i>Candida albicans</i>	0	0

*- p <0.05 в сравнении с исходными показателями;

**- p <0.01 в сравнении с исходными показателями.

По данным микробиологическое исследование, таблице 3 можно отметить, что у больных с СДС в основной группе, на 20-21 сутки, в процессе проводимого лечения БИК на основе КМЦ со сферами ББК, заметно снизился рост микрофлоры (до II-III степени), только у 5 пациентов (7,8%) имелся обильный рост *Staphylococcus aureus*, но он имел низкий показатель среднего МИК (6,2±1,1) и чувствительность практически ко всем антибиотикам. У 7 пациентов (10,9%) на момент исследования в ране отсутствовала микрофлора. Также у всех пациентов (100%), качественно поменялся состав выделенных из ран

микроорганизмов, который имел адекватную резистентность к антибактериальным препаратам и химиотерапевтическим средствам, что достоверно ($p < 0.05$) подтверждается показателями МИК ($4,22 \pm 1,96$).

Результаты микробиологического исследования в контрольной группе несколько отличались от основной группы. Количественный и качественный состав микроорганизмов в ране не имел значительной динамики. В основном он не менялся, сохранялся обильный (IV степень) рост микрофлоры у 48% пациентов с СДС ($n=12$), отмечалось незначительное снижение средних показателей МИК ($8,6 \pm 1,8$). Полибактериальная инфекция в ране была выявлена у двух пациентов (8,0%) с СДС.

В результате начала местной терапии БИК на основе КМЦ со сферами ББК в сочетании с комплексным лечением СДС у всех пациентов основной группы отмечалось клиническое улучшение общего состояния в течении 36-72 часов. Местно, в среднем, на $5,9 \pm 2,27$ сутки значительно уменьшалось гнойное отделяемое из раны и носило более серозный характер. Отеки и перифокальное воспаление спадали к $6,5 \pm 2,3$ суток. Расплавление и 50%-е уменьшение площади некротических тканей отмечалось на $8,2 \pm 2,29$ сутки лечения. На сухую некротическую ткань исследуемый препарат действие не оказывал. Первая грануляционная ткань появлялась на $11,95 \pm 2,68$ сутки. Первые очаги эпителизации появлялись к $12,9 \pm 2,88$ сутки. Рост гипергрануляции был зарегистрирован у 7 больных (10,9%) на $15,6 \pm 2,63$ суток лечения.

В контрольной группе при использовании в местной терапии мазевых повязок с антибиотиками в сочетании с комплексным лечением СДС, также у всех пациентов контрольной группы отмечалось клиническое улучшение общего состояния в течении 36-72 часов, что естественно на фоне проводимого комплексного лечения. Местно отмечалось уменьшение гнойного отделяемого из раны в среднем на $11,5 \pm 3,24$ сутки и сохранялся его серозно-гнойный характер. Отеки и перифокальное воспаление спадали, только к $12,7 \pm 4,04$ суток. Влажный некроз сохранялся все время наблюдения. Очаги грануляционной ткани были единичными у 60 % ($n=15$) и появлялись на $15,9 \pm 2,78$ сутки. В дальнейшем было отмечено появление процесса хронизации течения раневого процесса.

В результате местного применения БИК на основе КМЦ со сферами ББК ни у одного больного не было отмечено наличие каких-либо локальных цитотоксических и аллергических проявлений.

По итогам проведенного исследования можно отметить положи-

тельную динамику в местном лечении СДС в основной группе. Конечно, перспектива использования бактериоцинов в медицине довольно-таки широка, но имеются как положительные, так и отрицательные стороны их применения.

Бактериоцины в качестве антимикробных веществ имеют ряд преимуществ. В отличие от антибиотиков, подавляющих процессы метаболизма и синтеза у бактерий, воздействие бактериоцинов нарушают жизнедеятельность бактериальных клеток путем образования пор в цитоплазматической мембране клетки-мишени, воздействуют на синтез муреинового слоя клетки или расщепляют его. Также, можно отметить их высокую биоактивность (эффективны в наномолярном диапазоне), низкую токсичность. Бактериоцины полностью распадаются в организме, в отличие от антибиотиков, что и определяет их низкую токсичность. Поэтому порой применение данных пептидов более предпочтительно, чем стандартные антибиотики. К тому же получение бактериоцинов, из-за их белковой природы, возможно с помощью биоинженерии. А также продукты биоинжиниринга могут обладать повышенной биологической активностью против определенных патогенов, улучшенной растворимостью, стойкостью к протеазе и изменениям pH-среды, что еще более увеличивает их ценность и эффективность в качестве антимикробных препаратов. Но бактериоцины имеют ряд недостатков: при пероральном приеме происходит их ферментативное расщепление, может снижаться из-за их нестабильности в условиях колебания нейтральных и щелочных значений pH или развиваться устойчивость у бактерий, узкий антимикробный спектр действия. Однако эти дефекты можно устранить с помощью биотехнологии инкапсуляции, разработки технологии биоинженерии для получения субстанций с повышенной стабильностью.

Некоторые недостатки мы попытались компенсировать, путем применения разработанной нами гибридной биодegradуемой бионженерной конструкцией на основе карбоксиметилцеллюлозы со сфероидами, содержащими бактериоцины бульонных культур *Staphylococcus aureus*, *Streptococcus pyogenes*, *Enterococcus faecalis*, *Escherichia coli* и также *Pseudomonas aeruginosa*. Используемый полимер, по нашему мнению, позволит улучшить физико-химические свойства данных бактериоцинов – увеличит срок высвобождения лекарственных веществ, улучшит биодоступность, защитит от отрицательных воздействий, увеличит сроки годности препарата. Риск развития резистентности возможно понизить путем включения в состав

комбинации бактериоцинов бульонных культур комплекса из пяти микроорганизмов, которые имеют разные механизмы действия на бактериальную клетку.

Таким образом, в результате изучения местного применения гибридной биodeградируемой бионженерной конструкции на основе карбоксиметилцеллюлозы со сфероидами, содержащими бактериоцины бульонных культур *Staphylococcus aureus*, *Streptococcus pyogenes*, *Enterococcus faecalis*, *Escherichia coli* *atque etiam* *Pseudomonas aeruginosa* в сочетании с комплексным лечением СДС было показано его безопасность и эффективность, что также подтверждается исследованиями зарубежных авторов.

Заключение. По данным микробиологического исследования, в результате местного лечения СДС БИК на основе КМЦ со сферами ББК в основной группе было отмечено снижение роста микрофлоры (до II-III степени) в 8,9 раза; снижение резистентности к антибиотикам - уменьшение МИК в 2,5 раза; у 10,9% на 21 сутки полностью отсутствовала микрофлора в ране.

Клинические изменения в процессе проводимого местного лечения у пациентов СДС с БИК на основе КМЦ и ББК в основной группе было замечено уменьшение гнойного отделяемого из раны и купирование воспалительного процесса в 2 раза по сравнению с контрольной группой; 50%-е уменьшение площади некротических тканей отмечалось только в исследуемой группе; очаги грануляции появлялись на 67,7% быстрее, чем в контрольной группе.

В результате местного применения БИК на основе КМЦ со сферами ББК ни у одного больного не было отмечено наличие каких-либо локальных цитотоксических и аллергических проявлений.

Результаты проведенных исследований свидетельствует о перспективности дальнейшего изучения применения данной гибридной биodeградируемой бионженерной конструкции на основе карбоксиметилцеллюлозы со сфероидами, содержащими бактериоцины бульонных культур *Staphylococcus aureus*, *Streptococcus pyogenes*, *Enterococcus faecalis*, *Escherichia coli* *atque etiam* *Pseudomonas aeruginosa* в более крупном, рандомизированном и контролируемом испытании.

Список литературы

- 1 Нуралин Р.Ш. Современное лечение хронических ран при сахарном диабете / Р.Ш. Нуралин // Учебно-методическое пособие. – Алматы, 2014. 55 с.
- 2 Li K. Multitarget drug discovery for tuberculosis and other infectious diseases //Journal of medicinal chemistry. – 2014. – Vol. 57. – №. 7. – P. 3126-3139.
- 3 Ojala V., Laitalainen J., Jalasvuori M. Fight evolution with evolution: plasmid-dependent phages with a wide host range prevent the spread of antibiotic resistance //Evolutionary applications. – 2013. – Vol. 6. – №. 6. – P. 925-932.
- 4 Пьянова Л.Г. Создание и перспективы использования модифицированных сорбентов в ветеринарной медицине //Вестник Омского государственного аграрного университета. – 2016. – №. 2 (22). – С. 138-146.
- 5 Khosa S., AlKhatib Z., Smits S. H. J. NSR from *Streptococcus agalactiae* confers resistance against nisin and is encoded by a conserved nsr operon //Biological chemistry. – 2013. – Vol. 394. – №. 11. – P. 1543-1549.
- 6 Dischinger J., Chipalu S. B., Bierbaum G. Lantibiotics: promising candidates for future applications in health care //International journal of medical microbiology. – 2014. – Vol. 304. – №. 1. – P. 51-62.
- 7 Suárez J.M., Edwards A.N., McBride S.M. The *Clostridium difficile* cpr locus is regulated by a noncontiguous two-component system in response to type A and B lantibiotics //Journal of bacteriology. – 2013. – Vol. 195. – №. 11. – P. 2621-2631.
- 8 Zaslavskaya M.I. Prospects for using bacteriocins of normal microbiota in antibacterial therapy // Современные технологии в медицине. – 2019. – Vol. 11. – №. 3 (eng). – P. 136-144.
- 9 Draper L.A. Lantibiotic resistance //Microbiology and Molecular Biology Reviews. – 2015. – Vol. 79. – №. 2. – P. 171-191.
- 10 Mathur H. Bacteriocin-antimicrobial synergy: a medical and food perspective //Frontiers in Microbiology. – 2017. – Vol. 8. – P. 1205.
- 11 Mathur H. Analysis of anti-*Clostridium difficile* activity of thuricin CD, vancomycin, metronidazole, ramoplanin, and actagardine, both singly and in paired combinations // Antimicrobial agents and chemotherapy. – 2013. – Vol. 57. – №. 6. – P. 2882-2886.
- 12 Snyder A.B., Worobo R.W. Chemical and genetic characterization of bacteriocins: antimicrobial peptides for food safety //Journal of the Science of Food and Agriculture. – 2014. – Vol. 94. – №. 1. – P. 28-44.
- 13 Ming L. Comparison of antibacterial effects between antimicrobial peptide and bacteriocins isolated from *Lactobacillus plantarum* on three common pathogenic bacteria // International journal of clinical and experimental medicine. – 2015. – Vol. 8. – №. 4. – P. 5806.

References

- 1 Nuralin R.SH. Sovremennoe lechenie hronicheskikh ran pri saharanom diabete / R.SH. Nuralin // Uchebno-metodicheskoe posobie. – Almaty, 2014. 55 s.

2 Li K. Multitarget drug discovery for tuberculosis and other infectious diseases //Journal of medicinal chemistry. – 2014. – Vol. 57. – №. 7. – P. 3126-3139.

3 Ojala V., Laitalainen J., Jalasvuori M. Fight evolution with evolution: plasmid-dependent phages with a wide host range prevent the spread of antibiotic resistance //Evolutionary applications. – 2013. – Vol. 6. – №. 6. – P. 925-932.

4 P'yanova L.G. Sozdanie i perspektivy ispol'zovaniya modifitsirovannykh sorbentov v veterinarnoj medicine //Vestnik Omskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. – 2016. – №. 2 (22). – S. 138-146.

5 Khosa S., Alkhatib Z., Smits S. H. J. NSR from Streptococcus agalactiae confers resistance against nisin and is encoded by a conserved nsr operon //Biological chemistry. – 2013. – Vol. 394. – №. 11. – P. 1543-1549.

6 Dischinger J., Chipalu S.B., Bierbaum G. Lantibiotics: promising candidates for future applications in health care //International journal of medical microbiology. – 2014. – Vol. 304. – №. 1. – P. 51-62.

7 Suárez J.M., Edwards A.N., McBride S.M. The Clostridium difficile cpr locus is regulated by a noncontiguous two-component system in response to type A and B lantibiotics //Journal of bacteriology. – 2013. – Vol. 195. – №. 11. – P. 2621-2631.

8 Zaslavskaya M.I. Prospects for using bacteriocins of normal microbiota in antibacterial therapy // Современные технологии в медицине. – 2019. – Vol. 11. – №. 3 (eng). – P. 136-144.

9 Draper L.A. Lantibiotic resistance //Microbiology and Molecular Biology Reviews. – 2015. – Vol. 79. – №. 2. – P. 171-191.

10 Mathur H. Bacteriocin-antimicrobial synergy: a medical and food perspective //Frontiers in Microbiology. – 2017. – Vol. 8. – P. 1205.

11 Mathur H. Analysis of anti-Clostridium difficile activity of thuricin CD, vancomycin, metronidazole, ramoplanin, and actagardine, both singly and in paired combinations // Antimicrobial agents and chemotherapy. – 2013. – Vol. 57. – №. 6. – P. 2882-2886.

12 Snyder A.B., Worobo R.W. Chemical and genetic characterization of bacteriocins: antimicrobial peptides for food safety //Journal of the Science of Food and Agriculture. – 2014. – Vol. 94. – №. 1. – P. 28-44.

13 Ming L. Comparison of antibacterial effects between antimicrobial peptide and bacteriocins isolated from Lactobacillus plantarum on three common pathogenic bacteria // International journal of clinical and experimental medicine. – 2015. – Vol. 8. – №. 4. – P. 5806.

Сведения об авторах

Нуралин Рустем Шекербаевич, кандидат медицинских наук, nuralin.rustem@mail.ru, Дизайн, Проведение Исследований, Анализ Результатов, Обсуждение, Подготовка Публикации.

Нуралы Дилара Рустемқызы, студент медицинского факультета, г. Дебрецен, Венгрия, nuralydilara12@gmail.com, Литературный Поиск, Анализ Результатов, Подготовка Публикации.

Екибаев Тимур Рустемович, врач-хирург, ekibaev95@mail.ru, Проведение Исследований, Обсуждение.

Ашимов Нурлан Токенович, кандидат медицинских наук, кафедра хирургических болезней Медицинского факультета, nurlan.aschimov@gmail.com, Дискуссия, Обсуждение.

Синяевский Юрий Александрович, доктор биологических наук, sinyavskiy@list.ru Дискуссия, Обсуждение.

Авторлар туралы мәліметтер

Нұралин Рүстем Шекербайұлы, медицина ғылымдарының кандидаты, nuralin.rustem@mail.ru, Зерттеуді жобалау, зерттеу жүргізу, нәтижелерді талдау, талқылау, жариялауды дайындау.

Нұралы Дилара Рүстемқызы, Дебрецен университетінің Медицина факультетінің студенті, Венгрия, nuralydilara12@gmail.com, Әдебиеттерді іздеу, Нәтижелерді талдау, Басылымды дайындау.

Екібаев Тимур Рүстемұлы, хирург, ekibaev95@mail.ru, Зерттеу, Талқылау. Әшімов Нұрлан Төкенұлы, медицина ғылымдарының кандидаты, nurlan.aschimov@gmail.com, Талқылау, Талқылау.

Синяевский Юрий Александрович, биология ғылымдарының докторы, sinyavskiy@list.ru Талқылау, талқылау.

Information about the authors

Nuralin Rustem Shekerbaevich, Candidate of Medical Sciences, nuralin.rustem@mail.ru, Research Design, Research Conduct, Results Analysis, Discussion, Publication Preparation.

Nuraly Dilara Rustemkyzy, student of the Faculty of Medicine of the University of Debrecen, Hungary, nuralydilara12@gmail.com, Literature Search, Analysis of Results, Preparation of Publication.

Ekibaev Timur Rustemovich, surgeon, ekibaev95@mail.ru, Research, Discussion.

Ashimov Nurlan Tokenovich, Candidate of Medical Sciences, nurlan.aschimov@gmail.com, Discussion, Discussion.

Sinyavskiy Yuri Aleksandrovich, Doctor of Biological Sciences, sinyavskiy@list.ru Discussion, Discussion.

Благодарность. Авторы благодарят генерального директора ТОО “MedFreedom” Нуралину Динару Жасулановну за помощи в организации и проведении исследований.

Абышева К.А.¹, Алибаева Б.Н.¹, Надирова С.А.¹, Абжанова Ш.А.¹,
Лесова Ж.Т.¹

¹Алматинский технологический университет, г. Алматы, Казахстан

ИЗУЧЕНИЕ ДЕТОКСИКАЦИОННЫХ СВОЙСТВ ПЕКТИНСОДЕРЖАЩЕГО ШУБАТА

Аннотация. В статье описан способ получения традиционного шубата из верблюжьего молока казахской бактрианской породы с использованием активной производственной закваски из смеси молочнокислых бактерий и приведена схема приготовления пектиносодержащего шубата. Установлено, что за счет добавления жидкого яблочного пектина отмечается значительное улучшение физико-химических, микробиологических показателей, биохимического состава; значительное снижение времени закваски и увеличение срока хранения пектин содержащего шубата по сравнению с его традиционным аналогом. В экспериментах на крысах с кадмиевой интоксикацией введение в ежедневный пищевой рацион 50 г/кг массы тела пектинсодержащего шубата оказывал положительный эффект на гематологические и биохимические показатели крови и способствовал улучшению общего состояния исследуемых животных, что свидетельствует о усилении детоксикационных свойств полученного вида шубата и позволяет использовать его как функциональный лечебно-профилактический продукт.

Ключевые слова: пектинсодержащий шубат, биохимический состав, тяжелые металлы, детоксикация, функциональный продукт.

• • •

Түйіндеме. Мақалада сүт қышқылы бактерияларының қоспасынан белсенді өндірістік ұйытқыны пайдалана отырып, қазақ бактриан тұқымының түйе сүтінен дәстүрлі шұбат алу тәсілі сипатталған және құрамында пектин бар шұбат дайындау сұлбасы келтірілген. Сұйық алма пектинін қосу арқылы физика-химиялық, микробиологиялық көрсеткіштердің, биохимиялық құрамның айтарлықтай жақсарғаны анықталды; ашыту уақытының айтарлықтай төмендеуі және құрамында пектин бар шұбат дәстүрлі аналогымен салыстырғанда сақтау мерзімінің ұлғаюы. Кадмиймен уланған егеуқұйрықтарға жүргізілген тәжірибелерде күнделікті диетаға 50 г/кг дене салмағына қарай құрамында

пектин бар шұбат енгізу қанның гематологиялық және биохимиялық көрсеткіштеріне оң әсер етті және зерттелетін жануарлардың жалпы жағдайын жақсартуға ықпал етті, бұл шұбат түрінің детоксикация қасиеттерінің жоғарылауын көрсетеді және оны функционалды емдік-профилактикалық өнім ретінде пайдалануға мүмкіндік береді

Түйінді сөздер: құрамында пектин бар шұбат, биохимиялық құрамы, ауыр металдар, детоксикация, функционалдық өнімі.

• • •

Abstract. The article describes a method for obtaining a traditional shubat from camel milk of the Kazakh Bactrian breed using an active industrial starter culture from a mixture of lactic acid bacteria and provides a scheme for preparing pectin-containing shubat. It was found that due to the addition of liquid apple pectin, there is a significant improvement in physico-chemical, microbiological parameters, and biochemical composition; a significant decrease in the fermentation time and an increase in the shelf life of pectin-containing shubat compared with its traditional counterpart. In experiments on rats with cadmium intoxication, the introduction of 50 g/kg of pectin-containing shubat into the daily diet had a positive effect on hematological and biochemical blood parameters and contributed to improving the general condition of the studied animals, which indicates an increase in the detoxification properties of the resulting type of shubat and allows it to be used as a functional therapeutic and prophylactic product.

Key words: pectin-containing shubat, biochemical composition, heavy metals, detoxification, functional product

Введение. Химические вещества, вредные для здоровья человека и попавшие в окружающую среду в результате деятельности человека, являются загрязнителями окружающей среды. Вдыхание, пероральная абсорбция и проглатывание — три основных пути попадания загрязняющих веществ в организм человека. Хотя индустриализация развивает страну, она вносит в окружающую среду большое количество загрязняющих веществ, что наносит вред здоровью тех, кто подвергается воздействию [1]. Воздействие загрязнения окружающей среды является значительным источником риска для здоровья во всем мире [2]. В настоящее время из-за значительного загрязнения окружающей среды остро стоит вопрос поиска безопасных веществ, которые биологически активны и в то же время корректируют физиологические показатели и гомеостаз человека в условиях высокой экологической нагрузки [3]. К числу наиболее опасных для здоровья человека загрязнителей окружающей среды относятся тяжелые ме-

таллы с широким спектром биологического воздействия [4]. В связи с вышеизложенным поиск эффективного природного вещества, снижающего содержание тяжелых металлов в организме, и возможность безопасно принимать его в качестве пищевого продукта является очень актуальной задачей для биотехнологов [5].

Верблюжье молоко — это здоровая пища, которую на протяжении многих лет используют во многих странах мира при различных проблемах со здоровьем. Продукты на основе верблюжьего молока вызвали значительный интерес и значительный рост в последние годы. Эти продукты ценятся как функциональные предметы из-за их уникальных питательных свойств и потенциальной пользы для здоровья. Доказано, что ферментированное верблюжье молоко имеет некоторые преимущества для здоровья, такие как гипохолестеринемический эффект, антимикробная и антиоксидантная активность [6-8]. Производство и разработка продуктов на основе верблюжьего молока вызывают большой интерес за последние несколько лет, особенно в Казахстане, где верблюды имеют традиционное значение и считаются высоко ценным домашним скотом.

Помимо своей экономической ценности, верблюжье молоко имеет высококачественный питательный профиль, богатый белком с более низким содержанием жира, чем молоко других видов домашнего скота, например, коровье. Оно также содержит большое количество витаминов и минералов, таких как аскорбиновая кислота, которой в 3–5 раз больше, чем в коровьем молоке. Содержание железа также выше в 10 раз по сравнению с последним [9]. Кроме того, верблюжье молоко содержит более высокие концентрации свободных аминокислот и пептидов по сравнению с коровьим молоком, что может способствовать успешному производству кисломолочных продуктов, поскольку пептиды легко метаболизируются ферментами пептидазами, обнаруженными в пробиотиках, таких как *Bifidobacterium* [10].

В Казахстане с давних времен по сегодняшний день среди населения большой популярностью пользуется национальный кисломолочный напиток из верблюжьего молока - шубат, который обладает иммуностимулирующими и целебными свойствами.

Известно, что уникальность шубата объясняется особым биохимическим составом верблюжьего молока и наличием полезных молочнокислых бактерий, так называемые пробиотики, которые относятся к естественной микрофлоре человека, сложившейся в процессе эволюции [11].

Для усиления роста полезной микрофлоры применяют пробиотики. Эффективным пробиотиком является пектин, представляющий собой полисахарид, образованный остатками D-галактуроновой кислоты, и содержащийся в растительном сырье [12]. Клинические исследования показали способность пектина выводить из организма тяжелые металлы [13]. Поэтому расширение ассортимента пектинопродуктов, тем более, если эти продукты приготовлены на основе молочных продуктов является актуальной задачей.

Цель работы: разработать на основе традиционного шубата способ приготовления пектинсодержащего шубата как функционального лечебно-профилактического молочнокислого продукта с детоксикационными свойствами, способного выводить из организма тяжелые металлы.

Этапы работы и методы исследования. В ходе работы были проведены следующие этапы исследования: технология приготовления традиционного шубата из верблюжьего молока казахской бактрианской породы; далее на его основе путем добавления жидкого яблочного пектина был разработан способ получения пектинсодержащего функционального казахстанского шубата, функциональность которого как лечебно-профилактического продукта была установлена на основании изучения его органолептических, физико-химических, микробиологических, биохимических маркерных показателей и исследования его детоксикационных свойств в серии хронических опытов на лабораторных белых крысах.

Таким образом основными объектами исследований в данной работе были использованы:

- верблюжье молоко сырое;
- активная производственная закваска, состоящая из смеси молочнокислых бактерий (*Streptococcus thermophilus*, *Lactococcus lactis*);
- пектин в соответствии с ГОСТ 291186-91;
- традиционный шубат;
- пектинсодержащий шубат.

Исследования органолептических, физико-химических, биохимических показателей основного сырья и готовых продуктов проведены с использованием общепринятых и модифицированных методов изучения на кафедре «Пищевая Биотехнология» Алматинского технологического университета. Эксперименты по изучению детоксикационных свойств функционального пектинсодержа-

щего кумыса были выполнены на белых лабораторных крысах в «Институте физиологии человека и животных» МОН РК на базе лаборатории физиологии лимфатической системы. Гематологические показатели крови у крыс (эритроциты, лейкоциты) определяли на автоматическом гематологическом анализаторе MS4 Melet schloesing Laboratories (производство Франция). Уровень гемоглобина в образцах крови крыс определяли электрофотометрическим способом на гемоглобинометре (Apel Inc., Япония).

Титруемую и активную кислотность молока определяли титрованием 0,1 н NaOH с использованием электронного pH-метра (Kellong pH). Биохимические параметры определяли на биохимическом анализаторе AVL91 180 (производство Австрия). Эксперименты на животных были проведены с соблюдением принципов гуманности, изложенных в директивах Хельсинкской декларации Всемирной Медицинской ассоциации. Результаты опытов были статистически обработаны с применением критерия Стьюдента.

Результаты исследования. В основе технологии приготовления традиционного шубата было использовано свежее верблюжье молоко и соблюдение всех санитарно-гигиенических норм, которые предъявляются к верблюжьему молоку и закваске молочнокислых бактерий. Свежее верблюжье молоко предварительно фильтруется, затем подогревается до температуры 30-32°C после чего его переливают в подготовленную чистую деревянную посуду и для заквашивания молока в него вносится производственная закваска из смеси молочнокислых бактерий (*Streptococcus thermophilus*, *Lactococcus lactis*). Смесь перемешивается без взбалтывания в течение 20-30 минут мешалкой и оставляется для процесса естественного сквашивания на 12-14 часов. После завершения брожения шубат охлаждается до температуры разлива 6-8°C, разливается в подготовленную чистую тару, закрывают крышками, ставится в холодильник для окончательного созревания. Хранится такой шубат при температуре 6-8°C, обычно в течение 8-9 дней.

Следующим этапом исследований была технология приготовления раствора яблочного пектина из смеси сухого порошка пектина и сахарной пудры в соотношении 1:4 и последующего размешивания этой смеси в 50 мл свежего верблюжьего молока (рисунок 1).

Использование полученного раствора яблочного пектина позволило разработать рецептуру получения пектиносодержащего кисломолочного продукта, значительно улучшенного по

своим функциональным и лечебным показателям по сравнению с его традиционным аналогом. С этой целью в процессе приготовления традиционного шубата после фильтрации молока, на стадии добавления производственной закваски одновременно добавляли раствор яблочного пектина. Время сквашивания пектиносодержащего шубата при этом снижалось по сравнению с традиционным шубатом и составило 9-11 ч. Полученные результаты указывают на свойство пектина оказывать положительное влияние на процесс ускорения созревания шубата.

Последующие стадии в технологии приготовления обоих видов шубата были идентичными, однако нами было отмечено различие в сроках хранения. Так, если в случае приготовления традиционного шубата без пектина срок его хранения составил 8-9 сут., продолжительность хранения шубата, содержащего пектин увеличивается до 11-15 сут., что является значительным преимуществом последнего.

Известно, что тяжелые металлы относятся к особо опасным загрязнителям окружающей среды, которые влияют на здоровье человека. Лечебный эффект пектина связан с присутствием в его химической структуре карбоксильных групп и спиртовых гидроксильных групп, которые способствуют образованию прочных нерастворимых комплексов с поливалентными металлами, так называемых хелатов, которые и выводят на себе тяжелые металлы и нуклиды из организма [1-3].

Для определения функциональных свойств полученного пектинсодержащего шубата были проведены исследования его органолептических, физико-химических, биохимических, микробиологических показателей в сравнительном аспекте с соответствующими параметрами традиционного шубата. Результаты проведенных исследований показали значительные улучшения как физико-химических свойств, так и биохимического состава пектинсодержащего шубата по сравнению с его традиционным аналогом, что позволяет рассматривать пектин, как физиологически функциональный ингредиент для производства функционального продукта.

Схема получения функционального пищевого продукта, содержащего пектин, представлена на рисунке 1.



Рисунок 1 – Схема получения функционального пищевого продукта, пектинсодержащего шубата

Для достоверности использования полученного функционального продукта как лечебно-профилактического пищевого продукта были проведены исследования на лабораторных белых крысах в Институте физиологии человека и животных МОН РК.

К металлам с повышенной экологической токсичностью в первую очередь относятся кадмий и свинец. В опытах были проведены хронические эксперименты на белых лабораторных крысах массой тела 220 ± 12 г. Всего было использовано 18 лабораторных крыс. Продолжительность всего периода эксперимента составила 45 дней, включая первые две недели модели хронической кадмиевой интоксикации, а затем в течение 30 дней этих крыс кормили разработанным шубатом, содержащим пектин. Для моделирования хронической интоксикации кадмием отобрали 12 крыс, которым ежедневно давали хлорид кадмия из расчета 1,5 мг/кг к их обычному рациону в течение одной недели. Через неделю крыс разделили на две группы по 6 крыс, одна из которых была опытной, а вторая - контрольной. В опытной группе подопытные крысы дополнительно к суточному рациону питания в течение последующих 30 дней получали 50 г/кг пектинсодержащего шубата, что в пересчете на чистый пектин составляло 50 мг/кг мас-

сы; крысам контрольной группы давали 50 г/кг простого шубата без пектина. Третья интактная группа из шести крыс представляла собой здоровых крыс, которые находились на обычном рационе питания для крыс. У всех трех опытных групп животных брали кровь перед скармливанием им исследуемого пектинсодержащего шубата для анализа биохимического и гематологического состава крови, до и после отравления хлоридом кадмия для определения показателей фона крови. Через месяц после окончания кормления у крыс брали пробу крови для окончательного анализа и заключения эксперимента. Кровь брали из брюшной аорты под эфирным наркозом.

Изучались гематологические показатели: эритроциты, лейкоциты, гемоглобин и биохимические показатели: общий белок, глюкоза, мочевины. За грызунами вели наблюдение на протяжении всего эксперимента: отмечали потребление корма, воды, поведенческий и клинический статус. Животных взвешивали до и после эксперимента. Гематологические показатели крови у крыс при интоксикации представлены в таблице 1. Биохимические показатели крови при интоксикации представлены в таблице 2.

Таблица 1. Гематологические показатели крови у крыс при интоксикации

№	Показатели	Крысы интактной группы (здоровые)	Крысы опытной группы (с кадмиевой интоксикацией)
1	Лейкоциты (тыс / мм ³)	6,10 ±0,33	4,11±0,40
2	Эритроциты (млн /мм ³)	7,40 ±0,31	4,15±0,20
3	Гемоглобин (гр / дл)	14,37±0,90	11,10±0,30

Таблица 2. Биохимические показатели крови при интоксикации

№	Показатели	Крысы интактной группы (здоровые)	Крысы опытной группы (с кадмиевой интоксикацией)
1	Общий белок г%	9,80 ±0,80	4,83±0,88
2	Глюкоза ммоль / л	5,48±0,31	2,65 ±0,20
3	Мочевина ммоль / л	4,18±0,04	2,20±0,03

Такое физиологическое угнетение организма объясняет общее состояние и наблюдаемое поведение крыс. Это требовало проведение коррекции здоровья экспериментальных крыс, т.е. проведе-

ние мер профилактики и лечения крыс с целью выведения из их организма солей кадмия и нормализации показателей крови.

С этой целью крысы опытной группы получали функциональный продукт – пектин, содержащий шубат, который ежедневно добавляли в обычный пищевой рацион в течение 30 дней. Для сравнения другой группе крыс – контрольной группе давали традиционный шубат без пектина. Результаты этих опытов приведены в таблицах 3-4.

Таблица 3. Динамика гематологических показателей крови у крыс, интоксцированных кадмием при введении им пектинсодержащего шубата

№	Показатели	Интактная группа крыс (здоровые)	Крысы с кадмиевой интоксикацией		
			CdCl ₂	Опытная группа (CdCl ₂ + пектин содержащий шубат)	Контрольная группа (CdCl ₂ + шубат традиционный)
1	Лейкоциты (тыс./мм ³)	6,10 ±0,33	4,11±0,40	5,76±0,20	5,18±0,20
2	Эритроциты (млн/мм ³)	7,40 ±0,31	4,15±0,20	6,96±0,24	5,80±0,22
3	Гемоглобин (гр / дл)	14,37±0,90	11,10±0,30	13,30±0,24	11,99±0,66

Таблица 4. Динамика биохимических показателей крови у крыс, интоксцированных кадмием при введении им пектинсодержащего шубата

№	Показатели	Интактная группа крыс (здоровые)	Крысы с кадмиевой интоксикацией		
			CdCl ₂	Опытная группа (CdCl ₂ + пектин содержащий шубат)	Контрольная группа (CdCl ₂ + шубат традиционный)
1	Общий белок, г%	9,80 ±0,80	4,83±0,88	8,36±0,4	6,49±0,45
2	Глюкоза, ммоль/л	5,48±0,31	2,65±0,20	4,96±0,22	3,98±0,25
3	Мочевина, ммоль/л	4,18±0,04	3,10±0,03	3,66±0,09	3,29±0,06

Обсуждение результатов. Результаты проведенных исследований показали, что общее состояние и поведение крыс изменялись при интоксикации кадмием во время отбора проб у крыс. После интоксикации хлоридом кадмия крысы становились вялыми, наблюдалось снижение аппетита, потеря 20-30% массы тела. Снижение количества эритроцитов и гемоглобина на 30% от нормы вызывало у крыс анемию, а уменьшение количества лейкоцитов способствовало снижению у них иммунитета (таблица 1). Изменения биохимических показателей крови показывают, что при отравлении кадмием у крыс снижается белковый и углеводный обмен, нарушается функция почек (таблица 2).

Из данных таблицы 3 и таблицы 4 видно, что введение в ежедневный пищевой рацион крысам с кадмиевой интоксикацией 50 г/1кг массы тела пектинсодержащего шубата значительно повышало все изучаемые гематологические и биохимические показатели крови у крыс в опытной группе, по сравнению с крысами из контрольной группы, хотя в контрольной группе у животных, которые получали традиционный шубат также была отмечена положительная тенденция со стороны изучаемых показателей крови, однако оказывал менее значимый эффект на динамику нормализации изучаемых гематологических и биохимических показателей крови.

Основной эффект терапевтического действия пектина связан с образованием прочных нерастворимых хелатных комплексов с polyvalentными металлами и выведению последних из организма. В пищевой промышленности Всемирной организации здравоохранения пектин признан абсолютно безопасным продуктом.

Таким образом, проведенные эксперименты на крысах с кадмиевой интоксикацией убедительно показали способность пектинсодержащего шубата снижать интоксикацию и выводить тяжелые металлы из организма, способствуя нормализации гематологических и биохимических показателей крови и улучшению тем самым общего состояния экспериментальных крыс.

В наших предыдущих исследованиях было показано положительное влияние пектина на биохимический состав и усиление детоксикационной функции кисломолочного продукта кумыса из кобыльего молока [14,15].

Выводы. Таким образом, в настоящей работе разработан способ получения функционального пектинсодержащего шубата, органи-

лептические, физико-химические, микробиологические и биохимические показатели которого функционально были более благоприятными по сравнению с таковыми показателями традиционного шубата. В серии экспериментов на лабораторных крысах с кадмиевой интоксикацией были проведены исследования по изучению детоксикационных свойств полученного вида шубата. По результатам проведенного исследования можно сделать вывод о том, что пектинсодержащий шубат обладает детоксицирующими свойствами и выводит из организма тяжелые металлы, способствуя нормализации показателей крови, снижению токсичности организма и улучшению общего состояния экспериментальных животных, что позволяет рекомендовать разработанный пектинсодержащий шубат как функциональный лечебно-профилактический продукт в условиях хронической экологической нагрузки жителям мегаполиса для выведения из организма тяжелых металлов.

Список литературы

- 1 Shetty SS, D D, S H, Sonkusare S, Naik PB, Kumari N S, Madhyastha H. Environmental pollutants and their effects on human health // *Heliyon*. – 2023. – Vol. 9(9):e19496.
- 2 Manisalidis I., Stavropoulou E., Stavropoulos A., Bezirtzoglou E. Environmental and health impacts of air pollution: a review // *Frontiers in Public Health*. *Frontiers Media S.A.* –2020. –Vol. 8.
- 3 Moores F.C. Climate change and air pollution: exploring the synergies and potential for mitigation in industrializing countries // *Sustainability*. – 2009. – Vol. 1, № 43–54.
- 4 Sears M.E. Chelation: Harnessing and enhancing heavy metal detoxification—A review. // *The Scientific World Journal*. – 2013. – Vol. 2013, Articles ID 219840, 13 p.
- 5 Ehlhayeel, M.S., K.A. Hazeima, F. Al-Mesaifri and A. Bener. Camel milk: an alternative for cow's milk allergy in children. // *Allergy Asthma Proc*. – 2011. –Vol. 32(3): – P. 255-258.
- 6 Hammam, A.R. Compositional and Therapeutic Properties of Camel Milk: A Review // *Emir J. Food Agric*. – 2019. – Vol. 31. – P. 148–152.
- 7 Devendra K., Verma K.A., Chatli M.K., Singh R., Kumar P., Mehta N., Malav O.P. Camel's milk: alternative milk for human consumption and its health benefits // *Nutr. Food Sci*. –2016. – Vol. 46. – P. 217–227.
- 8 Benmeziiane–Derradji, F. Evaluation of Camel Milk: Gross Composition—A Scientific Overview // *Trop. Anim. Health Prod*. – 2021. – Vol. 53. – P. 308.
- 9 Swelum, A.A.; El-Saadony, M.T.; Abdo, M.; Ombarak, R.A.; Hussein, E.O.; Suliman, G.; Alhimaidi, A.R.; Ammari, A.A.; Ba-Awadh, H.;

Taha, A.E. Nutritional, Antimicrobial and Medicinal Properties of Camel's Milk: A Review // *Saudi J. Biol. Sci.* - 2021. – Vol. 28. – P. 3126-3136.

10 Shahein, M.R.; Atwaa, E.S.H.; Elkot, W.F.; Hijazy, H.H.A.; Kassab, R.B.; Alblihed, M.A.; Elmahallawy, E.K. The impact of date syrup on the physicochemical, microbiological, and sensory properties, and antioxidant activity of bio-fermented camel milk // *Fermentation*. – 2022. – Vol. 8. – P. 192.

11 Елубаева М.Е., Серикбаева А.Д., Сулейменова Ж.М., Абдулдаева З.Ж. Производство кисломолочных продуктов из верблюжьего молока на оборудовании компании «Edibon» (Испания) по переработке молока. // *Ізденістер, нәтижелер* – Исследования, результаты. – 2017. № 4 (76) – С. 75-80

12 Shkolnikova Marina, Averyanova Elena. Pectin as a functional food ingredient in the composition of marshmallow // *Bulletin of the South Ural State University Series Food and Biotechnology*. – 2017. – Vol. 5. – P. 35-44.

13 Lara-Espinoza C, Carvajal-Millán E, Balandrán-Quintana R, López-Franco Y, Rascón-Chu A. Pectin and Pectin-Based Composite Materials: Beyond Food Texture // *Molecules*. – 2018. – Vol. 23, №4. – P. 942.

14 Alibayeva B.N., Nogajbaev A.M / Method of correcting the health of high school students living in ecologically unfavorable areas of Almaty. // *European Research: Innovation in Science, Education and Technology - United Kingdom, "European Research"*. – 2017, №06 (29). – С. 11-15

15 Alibayeva B.N., Nukush K.I. Study of functional properties of pectin-containing koumiss // *The Journal of Almaty Technological university*. – 2020. Issue 2 (127), № 2. – P. 37-43.

Сведения об авторах

Абышева К. А., студент группа БТ 20-11. Эксперимент, поиск литературы. k-abysheva@mail.ru

Алибаева Б.Н., кандидат биологических наук. Эксперимент, поиск литературы, обсуждение, обработка данных. b.alibayeva@mail.ru

Надирова С.А., магистр. Поиск литературы, обсуждение, обработка данных, подготовка рукописи. sanama_777@mail.ru

Абжанова Ш.А., ассоциированный профессор, кандидат технических наук. Обсуждение, дискуссия. sholpan-ab@mail.ru

Лесова Ж.Т., ассоциированный профессор, кандидат биологических наук. Обсуждение, дискуссия. zhaniha_lesova@mail.ru

Авторлар туралы мәліметтер:

Абышева К.А., студенттер тобы БТ 20-11, Эксперимент, Әдебиеттік Іздеу. abysheva@mail.ru

Алибаева Б.Н., биология ғылымдарының кандидаты, Эксперимент, Әдебиеттерді Іздеу, Талқылау, Мәліметтерді Өңдеу. b.alibayeva@mail.ru

Надирова, С.А., Магистр, Әдебиеттерді іздеу, талқылау, мәліметтерді өңдеу, қолжазба дайындау, sanama_777@mail.ru

Абжанова Ш.А., доцент, техника ғылымдарының кандидаты. Талқылау, Талқылау. sholpan-ab@mail.ru

Лесова Ж.Т., доцент, биология ғылымдарының кандидаты. Талқылау, талқылау. zhaniha_lesova@mail.ru

Information about the authors:

Abysheva K. A., student group BT 20-11, Experiment, literature search.
k-abysheva@mail.ru

Alibaeva B.N., Candidate of Biological Sciences, Experiment, literature search, discussion, data processing. b.alibayeva@mail.ru

Nadirova, S.A., Master, Literature search, discussion, data processing, manuscript preparation. sanama_777@mail.ru

Abzhanova Sh.A., associate professor, candidate of technical sciences. Discussion, discussion. sholpan-ab@mail.ru

Lesova Zh.T., Associate Professor, Candidate of Biological Sciences. Discussion, discussion. zhaniha_lesova@mail.ru

Polyakova G.G.¹, Sokolova N.V.¹, Senashova V.A.¹, Podolyak N.M.²

¹Sukachev Institute of Forest, Federal Research Center 'Krasnoyarsk Science Center SB RAS, Krasnoyarsk c., Russia

²Non-State Educational Institution of Higher Professional Education Siberian Institute of Business, Management and Psychology, Krasnoyarsk c., Russia

BIOINDICATION OF AIR TOXICITY BY LONG-TERM MONITORING OF THE KRASNOYARSK METROPOLITAN AREA PINE FORESTS

Abstract. Open access materials concerning the amounts of toxic emissions from the Krasnoyarsk Aluminum Smelter (RUSAL Krasnoyarsk) have been collected and analyzed. Concentrations of the toxic gas benzo(a)pyrene, up to two orders of magnitude higher than the permissible level, have been chronically recorded in the air. The Smelter emits 97% of the total benzo(a)pyrene emissions in the city. To evaluate the impact of air pollutants on local ecosystems, annual monitoring of suburban pine forest stands was conducted in 2002-2023. Data obtained indicate the degradation of the forest stands caused by their chronic damage by air pollutants. Needle discoloration, an increase in tree mortality, and an increase in the score for the forest vigor state category (6-point scale) prove sharply increased degradation of pine forests in 2020-2023. A higher degree of degradation was observed in the forest stand where the first cases of needle discoloration were recorded earlier. The results have confirmed that suburban forests are bioindicators of the urban air basin toxicity and allow observing the biodegradation dynamics.

Key words: air pollution, aluminum smelter, benzo(a)pyrene, suburban pine forest stands, sample plots, discoloration of needles, stock (volume) of died trees

• • •

Аннотация. Собраны и проанализированы материалы открытого доступа об объемах токсичных выбросов Красноярского алюминиевого завода (РУСАЛ Красноярск). В воздухе хронически фиксируются концентрации токсичного газа бенз(а)пирена, на два порядка превышающие допустимую норму. Этот завод выбрасывает 97% всех выбросов бенз(а)пирена в городе. В 2002-2023 гг. проводился ежегодный мониторинг пригородных сосновых лесов.

Funding. Basic project V. N. Sukachev Forest Institute SB RAS (FRC) FWES-2024-0007.

Полученные данные свидетельствуют о деградации насаждений, вызванной их хроническим повреждением загрязнителями воздуха. Обесцвечивание хвои, увеличение смертности деревьев, увеличение балла по категории состояния леса (6-балльная шкала) свидетельствуют о резком усилении деградации сосновых лесов в 2020-2023 гг. Более высокая степень деградации наблюдалась в древостоях, где ранее были зафиксированы первые случаи изменения окраски хвои. Результаты подтвердили, что пригородные леса являются биоиндикаторами токсичности городского воздушного бассейна и позволяют наблюдать динамику биодegradации.

Ключевые слова: загрязнение воздуха, алюминиевый завод, бенз(а)пирен, пригородные сосняки, пробные площади, дисколорация хвои, годичный отпад сосен.

• • •

Түйіндеме: Красноярск алюминий қорыту зауытынан (РУСАЛ Красноярск) шығарылатын улы шығарындылардың көлемі туралы ашық қолжетімді материалдар жиналып, талданды. Улы газ бензо(а)пиреннің концентрациясы ауада рұқсат етілген шектен екі реттікке жоғары созылмалы түрде тіркелді. Бұл зауыт қаладағы барлық бенз(а)пирен шығарындыларының 97%-ын шығарады. 2002-2023 жж қала маңындағы қарағайлы ормандарға жыл сайынғы мониторинг жүргізілді. Алынған мәліметтер екпелердің ауаны ластаушы заттардың әсерінен созылмалы зақымдануына байланысты тозғанын көрсетеді. Инелердің түсінің өзгеруі, ағаштардың өлімінің артуы, орман жай-күйі категориясы бойынша баллдың жоғарылауы (6 балдық шкала) 2020-2023 жылдары қарағайлы ормандардың деградациясының күрт өскенін көрсетеді. Тозудың жоғары дәрежесі орман алқаптарында байқалды, онда инелердің түсінің өзгеруінің алғашқы белгілері бұрын тіркелген болатын. Нәтижелер қала маңындағы ормандар қалалық ауа бассейнінің уыттылығының биоиндикаторы болып табылатынын және биодegradация динамикасын байқауға мүмкіндік беретінін растады.

Түйінді сөздер: ауаның ластануы, алюминий зауыты, бензо(а)пирен, қала маңындағы қарағайлы ормандар, сынақ учаскелері, инелердің түсінің өзгеруі, қарағайлардың жылдық өлімі.

Introduction. Krasnoyarsk is one of the most polluted industrial centers in the Russian Federation and even worldwide [1-3]. What is the cause of such negative superiority and how to improve the situation? There is no consensus in the environmental community. Environmental reports mention the Krasnoyarsk Aluminum Smelter (RUSAL Krasnoyarsk), coal-fired thermal power plants and other industrial enterprises as the main source of air pollution in the Krasnoyarsk metropolitan area [4, 5]. According to the re-

gional Ministry of Ecology, 52.1% of gross emissions in the city come from the aluminum smelter, which operates using the Soderberg technology mainly rejected by modern enterprises. RUSAL used a different strategy: in 2016 the Krasnoyarsk Aluminum Smelter switched to the updated Eco-Soderberg technology [4]. Since then, the RUSAL authorities have regularly reported on successful modernization of production and a significant reduction in pollution [6]. Is it really so?

To answer this question, we continued collecting and analyzing data from open access sources on the content of toxic gas benzo(a)pyrene in the atmosphere of Krasnoyarsk, which can be confidently considered as an indicator of aluminum production in Krasnoyarsk. It was shown that 97% of the total amount of benzo(a)pyrene emitted by Krasnoyarsk enterprises comes from the aluminum smelter: in 2019 the epicenter of its extreme level, up to 100 maximum permissible concentrations (MPC), was mapped at the aluminum smelter location [6,7]. In addition, we evaluated the effectiveness of efforts for improving the environmental situation in the city of Krasnoyarsk by assessing the condition of suburban pine forests annually since 2002. Monitoring of forest ecosystems under conditions of air pollution is widely used to assess the environmental situation [8]. Great longevity of pine trees provides an opportunity to trace the forest stand dynamics in relation to environmental conditions over a long period. The objective of this research is to assess the dynamics of air toxicity in the Krasnoyarsk metropolitan area over the past 20 years using long-term monitoring of the state of suburban pine forests on permanent sample plots (SPs). For this purpose, every year the inventory characteristics of the pine forests were measured and an assessment of condition of pine needles was carried out on the SPs in 2002-2023.

Objects and Methods. *Study site: Environmental conditions.* The city of Krasnoyarsk is located in a basin formed by the northernmost parts of the Eastern Sayan. Such location reduces ventilation (the number of windy days) compared to cities on a plain. The adverse environmental situation is aggravated by inversion, when the air cannot rise upwards, and pollution accumulates near the ground (Figure 1). The inversion is intensified due to the huge area of non-freezing water surface of the Yenisei River in Krasnoyarsk [9]. Since the launching of the Krasnoyarsk Hydroelectric Power Station in 1967, the Yenisei River is not covered with ice even at 40 °C.



Figure 1. View of the Krasnoyarsk metropolitan area; effect of inversion. A border between the upper transparent and the lower polluted layers of air can be seen distinctly (photo by V. Matveev).

The capacity of the Krasnoyarsk Hydroelectric Power Station is mostly used for aluminum production at the Krasnoyarsk Aluminum Smelter (RUSAL Krasnoyarsk), which operates within the city producing up to one million tons of aluminum per year (Figure 2).



Figure 2. The Krasnoyarsk Aluminum Smelter (RUSAL Krasnoyarsk).

In March 2019, according to the regional Ministry of Ecology, the concentration of benzo(a)pyrene up to $10 \cdot 10^{-5}$ mg/m³ was recorded in the atmosphere above the plant, which corresponds to 100 MPC (maximum permissible concentration) [7] (Figure 3).

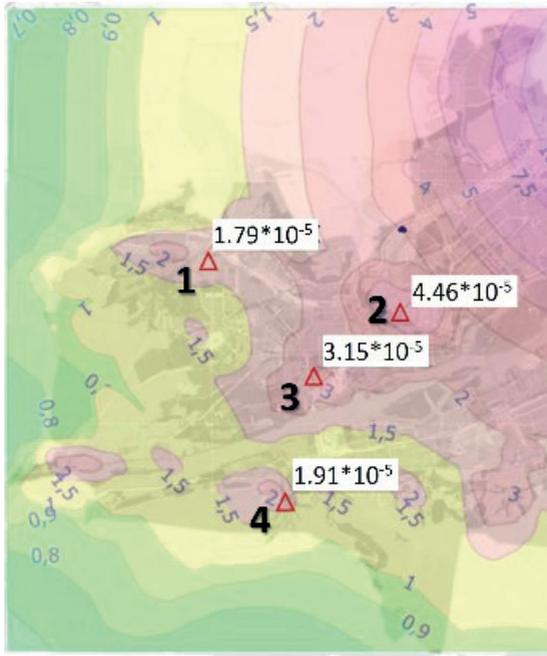


Figure 3. Concentration of benzo(a)pyrene in the atmosphere of Krasnoyarsk, March 2019 [7]. The emission epicenter at the Krasnoyarsk Aluminum Smelter corresponds to the area in light purple in the right upper corner, with the isoline (value=10) indicating the concentration of benzo(a)pyrene of up to $10 \cdot 10^{-5}$ mg/m³, 100 times higher than the MPC [10]. Numbers 1–4 mark the historical districts of the city with stoves.

The concentration of benzo(a)pyrene, as well as other polluting compounds in the atmosphere of Krasnoyarsk, is regularly recorded by the monitoring service of the regional Ministry of Ecology [10,11]. In this research we summarized and analyzed these data regarding benzo(a)pyrene concentrations. *Monitoring of pine forest stands: Sample plots location and methodology.* Four permanent sample plots (SPs) were established in 2002 in two middle-aged pine stands (A and B) located 6 km from

the border of Krasnoyarsk, two SPs in each forest stand (Figure 4) [12]. The main species is Scots pine (*Pinus sylvestris* L.). The suburban pine forests are part of the boreal forests of Central Siberia.

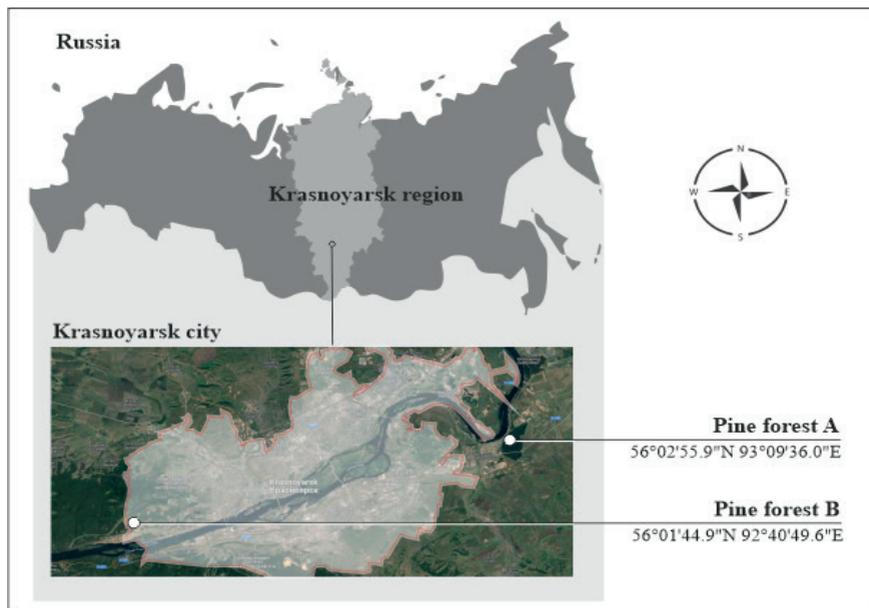


Figure 4. Location of suburban pine forests in the Krasnoyarsk metropolitan area where SPs were established.

Pine forest A located in the direction of the dominant winds was an example of a forest polluted by industrial emissions в 2002 г. (Figure 4) [12]. Pine forest B is located on the opposite side of the metropolitan area; in the year of establishment of SPs it was an example of a forest in good condition.

In 2005, two more SPs were added. Thus, since 2005, observations have been carried out in three SPs in pine forest A (Nos 1, 2 and 7) and three SPs in pine forest B (Nos 3, 4 and 6); their inventory parameters are given in Table. SPs were laid out in accordance with the Directions for Forest Management in the Forest Fund of Russia [13].

Table 1
Inventory parameters of pine forests (stands) in SPs in the year of establishment and in 2023

SP No.	Year	Stand composition	Principal forest element	Basal area ¹ , m ²	Mean			Stock ³ , m ³ /ha		Depth ⁴ , ind/ha		
					Age, years	Vigor rank	Height, m	Diameter ² , cm	Green timber	Dead-standing trees	Green timber	Dead-standing trees
1	2002	10P//+PI	P//	45.0	57	1.6	18.1	18.5	396	6	1671	56
1	2023	10P//+PI	P//	56.4	78	2.7	22.3	23.4	589	20	1308	105
2	2002	9P//+PI	P//	48.7	58	1.4	21.3	21.9	489	10	1286	36
2	2023	10P//+PI	P//	59.0	79	2.2	26.2	27.5	701	16	993	71
3	2002	9P1B rL	P	46.7	62	1.3	21.1	20.4	472	8	1430	81
3	2023	9P1B rL	P	55.3	84	2.7	25.9	26.1	656	23	1030	89
4	2002	9P1L+B	P	50.0	62	1.4	20.9	19.6	503	9	1664	172
4	2023	9P1L+B	P	56.7	85	3.0	26.2	26.7	667	15	1016	86
6	2005	10P+L	P	55.6	73	1.3	22.3	22.0	583	4	1456	38
6	2023	10P+L	P	65.7	93	2.3	25.4	26.2	763	20	1219	100
7	2005	9P//1P/	P//	42.1	59	1.5	16.3	16.4	339	3	1980	41
7	2023	9P//1P/	P//	49.7	77	2.2	19.3	19.7	458	10	1622	95

¹ Sum of cross-sectional areas of trunks at a height of 1.3 m per 1 ha. ² Trunk diameter at a height of 1.3 m. ³ Total volume of trunks per 1 ha. ⁴ The depth units, ind/ha, correspond to the number of individual trees per hectare. ⁵ P/ and P//, pines of the first (parent) and second (daughter) generations; B, birch; L, larch; A, alder; 10, 9, 1, +, r, proportions of the species in the stand determined from the green timber stock: 100, 90, 10, 2–5, and below 2% respectively.

In the year of establishment, 200-250 pine trees were registered at each SP. Trees on the SPs were assigned individual numbers (Figure 5). Tree accounts at the SPs were carried out annually in August. The diameter, height, and the vigor state of each tree (growing or dead-standing) were estimated every year. The vigor state (vigor rank) was assessed visually according to the six-point scale of the Sanitary Regulations in Forests of the Russian Federation (1998) [14]. Category I – tree without signs of weakening, II – weakened tree, III – severely weakened tree, IV – suppressed tree, V – tree that died in the current year, VI – tree that died in the previous years. The trunk volume, and the depth (density), and the vigor rank were calculated in SPs (Table 1). The vigor rank of the tree stand was a weighted average for trunk volumes. The data were included in the database created using the MS ACCESS [7, 12, 15]. The significance of differences was assessed by the *t*-test.



Figure 5. Pine trees with numbers at SP 6 in 2023.



Figure 6. Discoloration of Scots pine needles caused by toxins in the air in pine forest B in 2012 (photo by T. N. Otnyukova).

In all SPs, the degree of damage (discoloration) of tree needles was assessed annually (Figure 6). The pine forests in which 10-15% of the crown needles lost their green color were registered as damaged.

Pine needles with discoloration were subjected to microbiological analysis. Needles were cultivated in wet chambers for 21 days for sporulation to identify the pathogen. The analysis ruled out damage to needles caused by any pathogens, which means that discoloration is caused exclusively by toxins in the air [7].

Results. Atmospheric benz(a)pyrene concentrations. We processed the data from the monitoring service of the regional Ministry of Ecology [11] and presented them graphically (Figure 7). The graph demonstrates clearly that the content of this toxic carcinogenic gas benzo(a)pyrene has regularly exceeded the MPC by many times within the whole period of 2017-2023 when this indicator was measured.

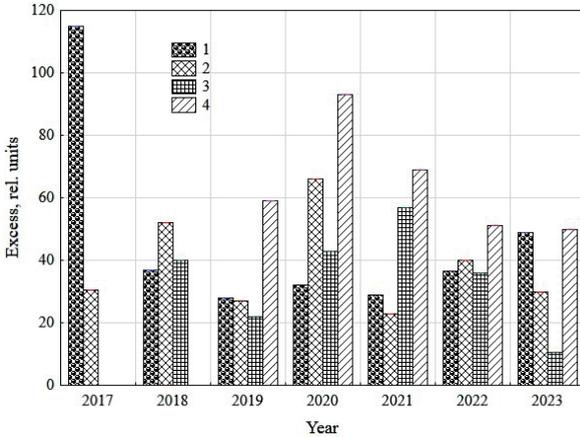


Figure 7. Multiple excess of benzo(a)pyrene concentration over its MPC (0.001 µg/m³ taken as 1), registered at different points of the city of Krasnoyarsk (1–4) by the monitoring service of the regional Ministry of Ecology in 2017–2023 [11].

Pine forest condition dynamics. Chronic annual damage to needles has been recorded (Figure 6,8,9). The discoloration of the needles occurred gradually, starting from its tips. As stated earlier, microbiological analysis ruled out damage to the needles by pathogenic microorganisms [7].

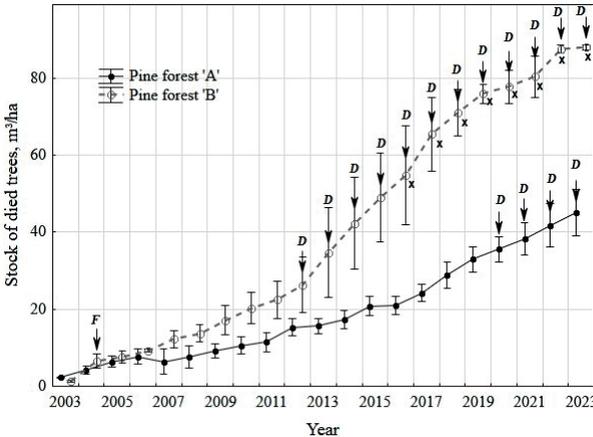


Figure 8. Stock of dead trees in suburban pine forests A and B in the period of 2003–2023 (D – needle discoloration, F – a creeping fire, X marks a significant difference between pine forests A and B, $p < 0.05$ by the *t*-test). Average values and their standard errors are shown.

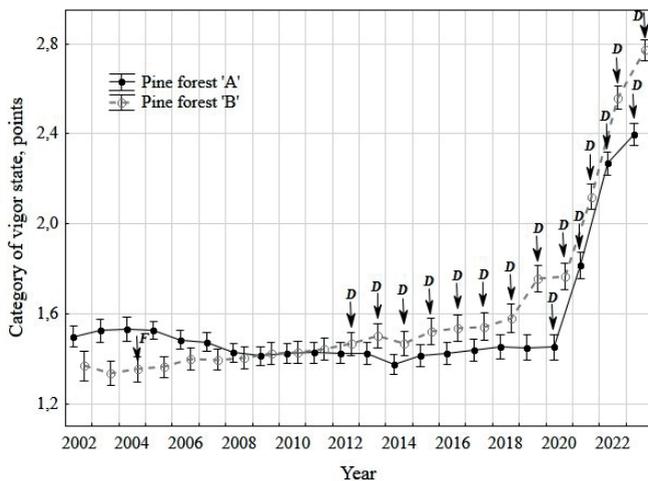


Figure 9. Condition changes of pine forest stands A and B in the period of 2002–2023 (*D* – needle discoloration, *F* – a creeping fire; an increase in the category score for vigor state corresponds to the deterioration of forests). Average values and their standard errors are shown.

Needle discoloration in pine forest B started much earlier (since 2012) than in forest A (since 2020), i.e., visual signs of weakening of pine forest B caused by air pollutants appeared earlier than in forest A. Other indicators recorded in pine forest B also proved its faster degradation compared to pine forest A. Thus, since 2016, the stock of dead trees was significantly greater in pine forest B compared to forest A ($p < 0.05$ by the t-test) (Fig. 8). In addition, the category score for vigor state of pine forest B during the observation period of 2002-2023 increased faster compared to forest A (Figure 9). The common pattern observed for pine forests A and B was a sharp increase in the vigor state category score after 2020 (Figure 9). It means that the degradation of both forest stands has increased dramatically.

Discussion. The analysis of information from open access sources that we performed earlier [7] showed that in the Krasnoyarsk metropolitan area the toxic gas benzo(a)pyrene can serve as an indicator of the Krasnoyarsk Aluminum Smelter emissions. Additional studies conducted in this paper confirm that the concentration of this gas has remained very

high throughout the period of monthly observations by the regional Ministry of Ecology from January 2017 to December 2023 (Fig. 7) [11]. The level of benzo(a)pyrene was sometimes two orders of magnitude higher than the maximum permissible concentration.

In 2004-2021 RUSAL carried out a modernization of the Krasnoyarsk Aluminum Smelter production facilities. Of the \$304 million spent, only \$79 million were spent for the construction of modern gas purification systems, the rest of the funding was used for increasing production from 800 thousand to one million tons of aluminum per year. The changes consisted of “improving” the outdated environmentally dirty technology of the 1920s, which was renamed to EcoSoderberg. As a result of modernization, the specific amount of solid emissions per unit of aluminum produced was reduced, but more aluminum began to be produced (the number of electrolyzers was increased) [4]. In the process of modernization, the wet cleaning unit was not restored. Previously, the gases coming from “boiling lava” in aluminum pots were purified by passing them through water, and the toxic liquid sludge was collected and stored in large sludge ponds near the plant. Currently, toxic gases are directly emitted into the atmosphere. It is impossible to “clean” these gases with any dry filters. One of them, benzo(a)pyrene, allowed us in previous [7] and current research to clearly illustrate the low efficiency of the modernization carried out at the aluminum smelter.

In the new modernization project of the Krasnoyarsk Aluminum Smelter for 2020-2029, wet gas purification using scrubbers is planned [16]. However, over the past three years (2020-2023), the concentration of benzo(a)pyrene in the city has remained at an extremely high level (Fig. 7). The authorities of RUSAL suggest that Krasnoyarsk residents should wait for another 6 years, which is a total of 25 years. According to the new project, benz(a)pyrene emissions are planned to be reduced by 54.7% over the period 2020-2029. [16, p. 193]. Such a reduction is at least an order of magnitude lesser than necessary, since in 2020 the regional Ministry of Ecology recorded the concentration of benzo(a)pyrene in the metropolis of Krasnoyarsk of 93 times higher than the permissible level (Fig. 7). In 2019, the ministry reported that benzo(a)pyrene concentration was maximum (100 MAC) in the atmosphere above the Krasnoyarsk aluminum smelter (Fig. 3). It means that this plant is the dominant emitter of benzo(a)pyrene in the city.

Despite the fact that the existing sludge storage facilities are already completely filled, the new project does not propose to build new storage

facilities; without them a radical reduction in emissions of toxic gases just using scrubbers is impossible. Thus, the declared goal to significantly reduce the emissions of benzo(a)pyrene and similar toxic gases by 2029 seems elusive. It should be noted that benzo(a)pyrene is only one of the bunch of gases that are formed during electrolysis and freely escape into the atmosphere. It is also worth noting that a whole network of aluminum smelters of the RUSAL company in the Siberian region operate using the backward Soderberg technology (in Bratsk, Irkutsk, Sayanogorsk, Novokuznetsk). The main concern about benzo(a)pyrene is its ability to accumulate in organisms and produce a mutagenic effect. If the current level of atmospheric air pollution with carcinogens continues over the next 70 years, the chance of developing cancer among residents of Krasnoyarsk will be 3.5 times higher than the upper limit of acceptable risk for populated areas [4]. Available data prove the extreme degree of pollution of forest ecosystems in the Krasnoyarsk metropolitan area with fluoride compounds characteristic of aluminum production. Thus, a high content of these compounds was recorded in the snow of the Stolby Nature Reserve, 22 km from the Krasnoyarsk Aluminum Smelter [17]. Intensive accumulation of fluoride compounds was also determined in the leaves of the scented Solomon's seal (*Poligonatum odoratum*) at 20 km from the smelter [18].

Our monitoring of suburban pine forests proved the toxicity of the air in the city for living systems and the ongoing deterioration of the environmental situation in the metropolis. The results showed a sharp deterioration in the condition of pine stands in recent years (Fig. 8, 9). This is indicated by a sharp increase in the number of dying trees and the condition category score. It may be caused by a cumulative effect of pollutants on forest ecosystems since the level of pollution remains prohibitively high, as it is clearly seen in the case of benzo(a)pyrene (Figure 7). Of the two observed pine forests, A and B, more severe degradation was noted in pine forest B, where the damage (discoloration) of needles by air toxins began earlier than in forest A. The amounts of stem wood of trees dying per year in the period of 2016-2023 was significantly higher in pine forest B than in forest A. (Fig. 8). In addition, there was a tendency for the forest stand condition category to worsen more rapidly in forest B compared to forest A (Fig. 9). It may be due to the lower adaptability of pine forest B to pollution. These results are consistent with the high morbidity and mortality rates of people in Krasnoyarsk, which is a leader in oncological, cardiovascular, and respiratory diseases in the Russian Federation [19,

p. 236]. The dynamics of the inventory and visual characteristics of pine forests obtained in the monitoring indicate the persistently high toxicity of the air in the Krasnoyarsk metropolitan area, mainly due to emissions from the Krasnoyarsk Aluminum Smelter (RUSAL).

Conclusions. An analysis of results of the monthly monitoring of the Ministry of Ecology of Krasnoyarsk Krai in the period of 2017-2023 shows that the content of benzo(a)pyrene in the air of Krasnoyarsk during this period chronically exceeded the MPC (maximum permissible concentration) from 15 to 115 times. The modernization of RUSAL production facilities carried out in 2004-2023 and aimed at reducing emissions to a level not exceeding 1 MPC must be considered unsuccessful.

The persistently high level of toxic compounds in the air of Krasnoyarsk is dangerous for living systems. This is confirmed by data from the annual inventory monitoring of the condition of suburban pine forests in 2002-2023. In 2020-2023, a sharp deterioration in the condition of pine forests was registered: (1) an increase in the score of the tree condition category, calculated as a weighted average value by trunk volume; (2) an increase in the number and volume of tree trunks that dry out in one year.

Funding. Basic project V. N. Sukachev Forest Institute SB RAS (FRC) FWES-2024-0007.

Acknowledgments.

The authors thank Dr V.I. Polyakov, researcher of V.N. Sukachev Institute of Forest SB RAS, and M.V. Polyakov, postgraduate student of Reshetnev Siberian State University of Science and Technology, for their help in field experiments, and A.V. Kolovskaya, researcher of Siberian Federal University, and N. S. Kudryasheva, researcher of the Institute of Biophysics SB RAS and Siberian Federal University, for participation in the discussion of the results. The authors thank E.M. Podolyak, chief operating officer (Krasnoyarsk region, Podgorny settlement, st. Kirovskaya, 19), for help in illustrating the manuscript.

References

1 Krasnoyarsk again topped the ranking of the dirtiest cities in the world [Internet resource] <http://www.newslab.ru/news/1020834> (Accessed: Feb 15 2021) (in Russian).

2 Dhaka's air 2nd most polluted in the world this morning, Russia's Krasnoyarsk tops AQI list. The Daily Star. [Internet resource] <https://www.thedailystar.net/environment/pollution/air-pollution/news/dhakas-air-2nd-most-polluted-the-world-morning-russias-krasnoyarsk-tops-aqi-list-2957986> (Accessed: 2022 Feb 10).

3 Krasnoyarsk again topped the ranking of the dirtiest cities in the world [Internet resource] <http://www.newslab.ru/amp/news.aspx?docId=1158779> (Accessed: Feb 13 2023) (in Russian).

4 *Sibgatulin V.G., Shishatsky N.G.* Krasnoyarsk Aluminium Smelter: ecological factor // ECO. – 2018. – No. 4. – P. 48-67 (in Russian). doi: 10.30680/ECO0131-7652-2018-4-48-66

5 Environmental report in the Krasnoyarsk region in 2022 [Internet resource] [http://www.law.sobranie.info/InfOtdel/SesDocuments.nsf/0/D3C32ACF53C5AF-D947258A54000C7FA3/\\$File/File.pdf?OpenElement](http://www.law.sobranie.info/InfOtdel/SesDocuments.nsf/0/D3C32ACF53C5AF-D947258A54000C7FA3/$File/File.pdf?OpenElement) (Accessed: October 2023). (In Russian).

6 RUSAL annual report for 2022. 20 years of progress [Internet resource] <http://www.rusal.ru/upload/iblock/b69/b69ea110f38548741dbda8d26f2c3873.pdf> (in Russian).

7 *Polyakova G.G., Senashova V.A., Podolyak N.M., Kolovskaya A.V., Kudryasheva N.S.* Assessment of air toxicity in the megalopolis of Krasnoyarsk using long-term monitoring of suburban pine forests // Integrated Environmental Assessment and Management. – 2023. – No. 19 (4). – P. 980-987. doi/full/10.1002/ieam.4675

8 *Clarke, N., Fischer, R., De Vries, W., Lundin, L., Papale, D., Vesala, T., Merilä, P., Matteucci, G., Mirtl, M., Simpson, D., Paoletti E.* Availability, accessibility, quality and comparability of monitoring data for european forests for use in air pollution and climate change science // iForest - Biogeosciences and Forestry. – 2011. – No. 4(4). – P. 162-166. doi: <https://doi.org/10.3832/ifer0582-004>

9 *Hrebtov M., Hanjalic K.* Numerical study of winter diurnal convection over the city of Krasnoyarsk: effects of non-freezing river, undulating fog and steam devils // Boundary-Layer Meteorology. – 2017. – No. 163. – P. 469–495. doi: <https://link.springer.com/article/10.1007/s10546-016-0231-0>

10 Resolution of the Chief State Sanitary Doctor dated January 28, 2021. On approval of sanitary rules and regulations 1.2.3685-21. [Internet resource] https://ekan.ru/sites/docs/PDK_A_Atm.pdf?ysclid=lsa7gapdgdg7906235600

11 Analytical review of the state of air pollution in Krasnoyarsk (monthly for 2017-2023) [Internet resource] <http://krasecology.ru/Air/LabReportSplit?year=2023> (in Russian)

12 Polyakov V.I., Polyakova G.G., Pashenova N.V., Stasova V.V. Application of fungal metabolites for evaluation of pine stand vigor in condition of industrial pollution // Biology Bulletin. – 2005. – No. 32 (4). – P. 419-424. <https://link.springer.com/article/10.1007/s10525-005-0119-x>

13 Directions for Forest Management in the Forest Fund of Russia. – Moscow: Voenizdat, 1995. (in Russian).

14 Sanitary Regulations in Forests of the Russian Federation (Forest Regulation of the Russian Federation. Collection of Regulatory Documents). – Moscow: PAIMS, – 1998. – P. 310-329. (in Russian).

15 Polyakova G., Pashenova N., Senashova V., Podolyak N., Kudryasheva N. Pine stands as bioindicators: justification for air toxicity monitoring in an industrial metropolis // Environments. – 2020. – V. 7(4). – No. 28. – P. 1-13. DOI: <https://doi.org/10.3390/environments7040028>

16 Krasnoyarsk Aluminum Smelter. Ecological reconstruction. Project documentation. Section 8. 2022 [Internet resource] 449.00821.000000.2.4-OOC1 (in Russian).

17 Kolovsky R.A., Buchelnikov M.A. Monitoring of pollution of the reserve “Stolby” with fluorine // Siberian Ecological Journal. – 2008. No. – 15(3). – P. 507-13 (in Russian). <http://elibrary.ru/item.asp?id=11515834>

18 Otnyukova, T.N. Medicinal kupena (*Polygonatum odoratum*) – an indicator of atmospheric pollution by fluorine // Vestnik KrasGAU. – 2013. – No. 4. – P. 111-117 (in Russian). <https://cyberleninka.ru/article/n/kupena-lekarstvennaya-polygonatum-odoratum-indikator-atmosfernogo-zagryazneniya-florom>

19 State Report. 2020. On the state and protection of the environment in the Krasnoyarsk Territory in 2020 [Internet resource] https://www.mpr.krskstate.ru/dat/bin/art_attach/17690_gosdoklad_2020.pdf (in Russian).

Information about authors

Polyakova Galina Gennadievna – Professor in Biology, Experiment; data processing; discussion, manuscript preparation. ggpolyakova@mail.ru

Sokolova Nastasia Vladimirovna – PhD in Forest Science, Literature search, discussion, manuscript preparation. sokolovanv@ksc.krasn.ru

Senashova Vera Aleksandrovna – PhD in Biology, Phytopathological research. vera0612@mail.ru

Podolyak Natalia Mikhailovna – Assistant professor, Experiment, discussion. docent-245@mail.ru

Сведения об авторах

Полякова Галина Геннадьевна - доктор биологических наук, e-mail: ggpolyakova@mail.ru

Соколова Настасья Владимировна – кандидат сельскохозяйственных наук, e-mail: sokolovanv@ksc.krasn.ru

Сенашова Вера Александровна – кандидат биологических наук, e-mail: vera0612@mail.ru

Подоляк Наталья Михайловна – доцент, e-mail: docent-245@mail.ru

Авторлар туралы мәліметтер

Полякова Галина Геннадьевна – биология ғылымдарының докторы, e-mail: ggpolyakova@mail.ru

Соколова Настасья Владимировна – ауыл шаруашылығы ғылымдарының кандидаты, e-mail: sokolovanv@ksc.krasn.ru

Сенашова Вера Александровна – биология ғылымдарының кандидаты, e-mail: vera0612@mail.ru

Подоляк Наталья Михайловна – доцент, e-mail: docent-245@mail.ru

ШАБЛОН НАПИСАНИЯ СТАТЬИ

ТРЕБОВАНИЯ К ОФОРМЛЕНИЮ РУКОПИСИ

Экспериментальная статья — от 7 до 15 страниц (формат А4), 4-6 рисунков (таблиц), не считая аннотации, таблицы, рисунки, Список литературы, References, Сведения об авторах.

Обзорная статья - 7-15 страниц, включая аннотации, таблицы, рисунки, Список литературы, References, количество рисунков или таблиц не более 9 (3 рисунка считаются за 1 страницу); Сведения об авторах.

Краткое сообщение – 5-9 страниц (формат А4), включая рисунки или таблицы (не больше трех), не считая аннотации, таблицы, рисунки, Список литературы, References, Сведения об авторах.

✓ Текстовые файлы следует представлять в формате PDF и Word (версии 6.0 и более поздние), шрифт — Times New Roman, размер — 12pt, Интервал - 1,15, в одну колонку.

ШАБЛОН НАПИСАНИЯ СТАТЬИ

код МРНТИ (Межгосударственный рубрикатор научно-технической информации)

Фамилия и инициалы авторов - на 3-х языках (казахский, русский, английский)

(первый — автор текста, затем соавторы и научные руководители);

Наименование места работы, город, страна - на 3-х языках (казахский, русский, английский);

Если авторы статьи из разных учреждений, то в конце каждой фамилии поставить надстрочную цифру, соответствующую месту работы. Ниже указать место работы каждого автора и поставить надстрочную цифру в начале наименования места работы.

Пример: Бериков А.К.¹, Васильев С.И.²
¹Институт горного дела, г. Алматы, Казахстан
² Кыргызский горно-металлургический институт им. Академика У. Асаналиева, г. Бишкек, Кыргызстан

Заглавие статьи - на 3-х языках (казахский, русский, английский);- должно быть максимально кратким, информативным, без сокращений;

Аннотация: пишется на 3-х языках (русский, казахский, английский):

Не более **150-200 слов**. (Содержание аннотации: Цель исследований. Методы исследования. Что обнаружено. Чем важны результаты, Область применения, Есть ли аналоги в мире);

Ключевые слова: пишутся на 3-х языках (казахский, русский, английский) — всего 5-6 одиночных слова и не более двух-трёх словосочетаний;

Текст статьи: включает таблицы, рисунки, список цитированной литературы;

Введение — краткое изложение истории вопроса с рассмотрением отечественных и зарубежных работ, в которых аналогичные или близкие исследования уже проводились за последние десятилетия,

Цель исследования – краткое описание.

Методы исследования — следует детально описывать новые методы; на ранее опубликованные и общеизвестные методы достаточно сослаться в списке литературы, указав автора и/или название метода

- **Таблицы** должны быть пронумерованы арабскими цифрами и иметь описательное название. Численные измерения (единицы) должны быть включены в заголовок столбца.

- **Рисунки** (графики, формулы, чертежи и пр.) и цветные иллюстрации принимаются к печати, только в лучшем качестве. Рисунки должны иметь краткие заголовки, дающие точное описание к изображению на рисунках. Заголовки рисунков не должны размещаться на иллюстрациях. Независимо от типа графики, рисунки должны обладать высоким разрешением, не ниже 300(dpi) точек на дюйм и отдельно предоставляются в следующих форматах – jpg, png, tiff, cdr, eps, ai, pdf, eps, ait и svg или оригинальные файлы. Максимальный размер рисунков 120×210 мм. За предоставленные не качественные графические материалы, при публикации редакция ответственности не несёт.

Результаты исследования — приводятся основные теоретические и экспериментальные результаты, фактические данные, обнаруженные взаимосвязи и закономерности. При этом отдается предпочтение новым результатам, важным открытиям, выводам, которые опровергают существующие теории, а также данным, имеющим практическое значение.

Обсуждение результатов — производится сопоставление с лучшими отечественными и мировыми аналогами. Описываются дискуссионные моменты исследования, и ваше видение их разрешения.

Выводы – подведение итогов работы, обоснование новизны и актуальности исследования, рекомендации по применению полученных результатов.

Источник финансирования исследований – ведомства, фонды, отдельные люди и т.д. должны быть помещены перед списком использованной литературы. Наименования финансирующих организаций должны быть написаны полностью.

Благодарность — выражается благодарность спонсорам, научным руководителям, лицам, принимавшим деятельное участие в работе и пр.

Список литературы — ссылки в тексте нумеруются по возрастанию в порядке их упоминания. Библиографические сведения о публикации оформляются согласно ГОСТ 7.1-2003. В список литературы **не включаются** нормативные документы, статистические сборники, статьи из газет, так как их оформляют в круглые скобки после упо-

минания в тексте. Ссылки на интернет-сайты производятся согласно ГОСТ 7.5-98, предпочтение отдаётся электронным журналам.

Самоцитирование не должно превышать 20-30% от общего списка. Литературные источники давностью не более 10-15 лет должны составлять значительную часть списка, особенно для статей прикладного характера.

References - (Транслитерация Списка литературы) — оформляется согласно ГОСТ 7.79-2000 и размещается в соответствие с требованиями редакции.

Сведения об авторах на 3-х языках (казахский, русский, английский):

- фамилия, имя и отчество полностью (если есть), научная степень/звание
- место работы автора
- вклад в работу каждого из авторов – Эксперимент, Обработка Данных, Обсуждение, Подготовка Рукописи, Поиск Литературы, Исследования и пр.
- электронная почта.

Регистрационное свидетельство
№ 7528-Ж от 01.08.2006 г.
выдано Министерством культуры и информации
Республики Казахстан

Главный редактор *М.Т. Велямов*
Редактор *Л.Н. Гребцова*
Ответственный секретарь *М.Д. Рублева*
Обложка *Е.С. Кадырова, Л.Н. Гребцовой*
Редактор текста на казахском языке *Т.Т. Садырова*
Компьютерная верстка *Д.Р. Турысбек*

Подписано в печать 31.05.2024.
Формат 60x84/16. Печать офсетная. Бумага офсетная.
Усл. п. л. 6,0. Тираж 350 экз. Заказ 160.

Редакционно-издательский отдел НЦ ГНТЭ.
050026, г. Алматы, ул. Богенбай батыра, 221
