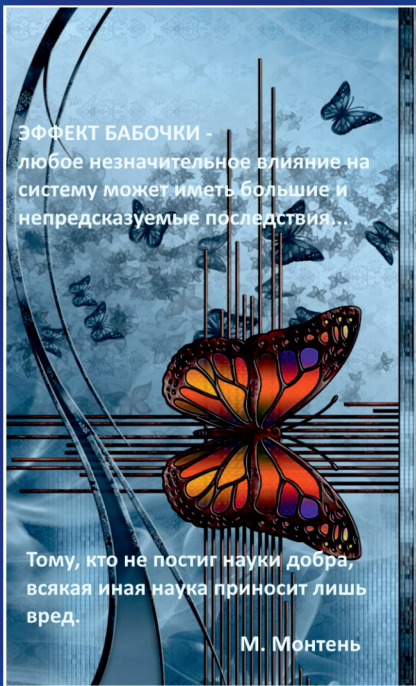




ISSN 1560-5655

НАЦИОНАЛЬНЫЙ ЦЕНТР
ГОСУДАРСТВЕННОЙ
НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКОЙ
ЭКСПЕРТИЗЫ

ЭФФЕКТ БАБОЧКИ -
любое незначительное влияние на
систему может иметь большие и
непредсказуемые последствия...



Тому, кто не постиг науки добра,
всякая иная наука приносит лишь
вред.

М. Монтень

НОВОСТИ НАУКИ КАЗАХСТАНА

НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ЖУРНАЛ

3
2021



**Национальный центр государственной
научно-технической экспертизы**

**НОВОСТИ НАУКИ
КАЗАХСТАНА**

НАУЧНО–ТЕХНИЧЕСКИЙ ЖУРНАЛ

№ 3 (150)

Алматы 2021

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.К. Бапиева (главный редактор)
Л.Н. Гребцова (ответственный секретарь)

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ:

Р.Г. Бияшев, д.т.н.; **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.; **М.Т. Велямов**, д.б.н., проф., акад. НАН РК;
З.С. Абишева, д.т.н., проф., член-корр. НАН РК;
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. Бogenбай батыра, 221
Тел./факс: +8 727 378-0517, 378-0539 (вн.125),
e-mail: bapiyeva@inti.kz, grebtsova_l@inti.kz
www.vestnik.nauka.kz

СОДЕРЖАНИЕ

КИБЕРНЕТИКА. ГЕОГРАФИЯ

Ахметжан С.З., Гумаров Г.С., Купешова А.С., Мухамбеткалиева А.Н.
Использование технологии ТРИЗ в подготовке инженеров
технических вузов.....12

Искакова А.Т. Бесплатные интернет-ресурсы для развития и
продвижения туризма в Казахстане20

Жансеитова Л.Ж., Исаева Н.Т. Некоторые проблемы обучения
математике в организациях технического и профессионального
образования26

БИОЛОГИЯ

Сапарбаева Н.А. Алатауский ремень Виттрока (*Rheum wittrockii*
lundstr.) распределение и возрастной состав растительных
сообществ34

*Утеулин К.Р., Бекешев Е.А., Даурова А.К., Федорина О.А.,
Атыгаев А.Б., Казкеев Д.Т.* Увеличение количества устьиц на
листовой пластине дикорастущих видов растений *Stipa Sareptana*
A.Beck и *Artemisia Terra - Albae Krasch* - показатель загрязнения
среды несимметричным димелгидразином.....45

ХИМИЧЕСКИЕ ТЕХНОЛОГИИ

Алимкулова Ж.Д., Калимолдина Л.М., Абилкасова С.О., Шаихова Ж.Е.
Исследование окисления метана на полиоксидных
катализаторах54

*Рахимова Б.У., Кудайбергенов К.К., Акназаров С.Х., Головченко О.Ю.,
Спанова Г.А., Габдрашова Ш.Е.* Электроспиннинг нановолокон
на основе целлюлозы и ее производные, модифицированные
биомолекулами для заживления ран.....64

ЭНЕРГЕТИКА

<i>Генбач А.А., Бондарцев Д.Ю., Абилов А.Р.</i> Исследование предельных термических напряжений при переходных режимах ПТУ и ГТУ электростанций.....	98
<i>Генбач А.А., Бондарцев Д.Ю., Абдикаримов А.К.</i> Исследование кризиса теплообмена при переходных режимах ПТУ и ГТУ электростанций	109
<i>Джапарова Д.А., Утемисова Н.Е., Ахметжан С.З., Буранова Н.Г.</i> Моделирование распределительных электрических сетей 10/0,4 Кв	117

МАШИНОСТРОЕНИЕ. ТРАНСПОРТ

<i>Машеков С.А., Абдирова Р. Д., Тусупкалиева Э. А.</i> Исследование влияния интенсивной пластической деформации на структуру поверхностного слоя инструментальной быстрорежущей стали Р6М5 для нанесения функциональных покрытий.....	125
<i>Биниязов А.М., Денисов А.С., Захаров В.П., Сарсенбаева Л.Х., Биниязов Е.М.</i> Анализ количественных и качественных изменений параметров смазочной системы в процессе эксплуатации дизеля.....	143
<i>Лукпанов Р.Е., Дюсембинов Д.С.</i> Пропиточный состав для покрытия цементно-бетонных дорог предназначенный для улучшения ледофобных свойств в зимний период эксплуатации	151

ПИЩЕВАЯ ПРОМЫШЛЕННОСТЬ

<i>Кизатова М.Е., Байкенов А.О., Байгенжинов К.А., Есимова Ж.А., Елеукенова К.А.</i> Математическая модель модернизации оборудования по очистке дыни от кожуры	164
<i>Альжаксина Н.Е., Байгенжинов К.А., Есимова Ж.А., Байкенов А.О., Коптлеуова Т.М., Елеукенова К.А.</i> Сбалансированные жировые основы для спредов функционального назначения.....	173

СЕЛЬСКОЕ И ЛЕСНОЕ ХОЗЯЙСТВО

- Псхациева З.В., Булацева С.В., Джелиева И.К., Чельдиева Э.И.*
Влияние комплексного применения сорбента и пробиотика на
содержание тяжёлых металлов в крови поросят-отъёмышей180
- Тилеубаева Ж.С. Сапарбаева Н.А., Айтжанова М.О.* Изучение
толерантности сортов озимой пшеницы к видам ржавчины186

ЭКОЛОГИЯ

- Ахметова С.О., Султангазиева Г.С.* Экологические аспекты
применения минеральных удобрений при выращивании сои.....194
- Баймуканов М.Т., Исбеков К.Б., Шагилбаев А.У., Рыскулов Е.,
Баймуканова А.М.* Природный резерват для сохранения Каспийского
тюленя (*Pusa Caspica*)210
- Изтлеуов Г.М., Шынгысбаев Б., Амирбеков Е., Абдуова А.А.,
Досбаева А.* Биосорбционные свойства водорослей227

МАЗМҰНЫ

КИБЕРНЕТИКА. ГЕОГРАФИЯ

<i>Ахметжан С.З., Гумаров Г.С., Купешова А.С., Мухамбеткалиева А.Н.</i> Техникалық жоғары ОҚУ орындарында инженерлерді даярлауда өнертапқыштық міндеттерді шешу теориясы технологиясын пайдалану.....	12
<i>Искакова А.Т.</i> Қазақстанда туристік өнімді дамыту мен жылжытуға арналған ақысыз интернет-ресурстар.....	20
<i>Жансеитова Л.Ж., Исаева Н.Т.</i> Техникалық және кәсіптік білім беру ұйымдарында математиканы оқытудың кейбір мәселелері.....	26

БИОЛОГИЯ

<i>Сапарбаева Н.Ә.</i> Теріскей алатауындағы Виттрок рауғашының (<i>Rheum wittrockii lundstr.</i>) таралуы және өсімдіктер қауымдастығының жас құрамы.....	34
<i>Утеулин К.Р., Бекешев Е.А., Даурова А.К., Федорина О.А., Атыгаев А.Б., Казкеев Д.Т.</i> <i>Stipa Sareptana</i> A.Beck және <i>Artemisia Terra - Albae</i> Krasch - жабайы өсімдік түрлерінің жапырақ тақтасындағы санының көбеюі қоршаған ортаның асимметриялық димелгидразинмен ластану көрсеткіші болып табылады	45

ХИМИЯЛЫҚ ТЕХНОЛОГИЯ

<i>Алимкулова Ж.Д., Калимолдина Л.М., Абилкасова С.О., Шаихова Ж.Е.</i> Полиоксидті катализаторларда метанның тотығуын зерттеу	54
<i>Рахимова Б.У., Кудайбергенов К.К., Акназаров С.Х., Головченко О.Ю., Спанова Г.А., Габдрашова Ш.Е.</i> Электроспиннинг целлюлоза негізіндегі нановолокон және оның туындылары, жараларды емдеуге арналған биомолекулалармен модификацияланған	64

ЭНЕРГЕТИКА

- Генбач А.А., Бондарцев Д.Ю., Абилов А.Р.* Бу турбиналары мен электр станцияларының газ турбиналарының уақытша режимдері кезіндегі шекті жылулық кернеулерді зерттеу98
- Генбач А.А., Бондарцев Д.Ю., Абдикаримов А.К.* БТҚ және ГТҚ электр станцияларының өтпелі режимдер кезіндегі жылу беру дағдарысын зерттеу.....109
- Джапарова Д.А., Утемисова Н.Е., Ахметжан С.З., Буранова Н.Г.* 10/0,4 кВ таратушы электр желілерін модельдеу 117

МАШИНА ЖАСАУ. КӨЛІК

- Машеков С.А., Абдирова Р. Д., Тусупкалиева Э. А.* Функционалды жабындыларды қолдану үшін қарқынды пластикалық деформацияның аспаптық тез кесетін Р6М5 болаттың беткі қабатының құрылымына әсерін зерттеу125
- Биниязов А.М., Денисов А.С., Захаров В.П., Сарсенбаева Л.Х., Биниязов Е.М.* Дизельді пайдалану процесінде майлау жүйесі параметрлерінің сандық және сапалық өзгерістерін талдау143
- Лукпанов Р.Е., Дюсембинов Д.С.* Цемент-бетон жолдарын жабуға арналған сіңдіру құрамы қысқы кезеңде мұздық қасиеттерін жақсартуға арналған151

ТАМАҚ ӨНЕРКӘСІБІ

- Кизатова М.Е., Байкенов А.Ө., Байгөнжинов К.А., Есимова Ж.А., Елеукенова К.А.* Қауын тазарту жабдықтарын модернизациялаудың математикалық моделі.....164
- Альжаксина Н.Е., Байгөнжинов К.А., Есимова Ж.А., Байкенов А.О., Коптлеуова Т.М., Елеукенова К.А.* Функционалды тарауға байланысты май базалары 173

АУЫЛ ЖӘНЕ ОРМАН ШАРУАШЫЛЫҒЫ

Псхациева З.В., Булацева С.В., Джелиева И.К., Чельдиева Э.И. Қандағы ауыр металдар мазмұнына азық қосымшаларын қолдану тиімділігі.....	180
<i>Тилеубаева Ж.С., Сапарбаева Н.А., Айтжанова М.О.</i> Күздік бидай сорттарының татқа толеранттылығын зерттеу.....	186

ЭКОЛОГИЯ

<i>Ахметова С.О., Султангазиева Г.С.</i> Май бұршақ дақылындарын өсіру кезінде минералды тыңайтқыштарды қолданудың экологиялық аспектілері	194
<i>Баймуканов М.Т., Исбеков К.Б., Шагилбаев А.У., Рыскулов Е., Баймуканова А.М.</i> Каспий итбалығын (<i>Pusa Caspica</i>) сақтауға арналған табиғи резерват	210
<i>Изтлеуов Г.М., Шынғысбаев Б., Амирбеков Е., Абдуова А.А., Досбаева А.</i> Балдырлардың биосорбциялық қасиеті	225

CONTENT

CYBERNETICS. GEOGRAPHY

<i>Akhmetzhan S.Z., Gumarov G.S., Kupeshova A.S., Muhambetkaliev A.N.</i> The use of theory of inventive problem solving technology in the training of engineers of technical universities.....	12
<i>Iskakova A.T.</i> Free internet tools for development and promotion of Kazakhstan tourism products	20
<i>Zhanseitova L.Zh., Isaeva N.T.</i> Some problems of teaching mathematics in organizations of technical and vocational education....	26

BIOLOGY

<i>Saparbayeva N.A. Alatau Wittrock Rhubarb (Rheum wittrockii lundstr.)</i> distribution and age composition of plant communities	34
<i>Uteulin K.R., Bekeshev Ye.A., Amrin M.K., Fedorina O.A., Atygayev A.B., Kazkeeva D.T.</i> Increase in number of lamina stomas of wild-growing species <i>Stipa Sareptana</i> A.Beck and <i>Artemisia Terra - Albae</i> Krasch – index of environment pollution with unsymmetrical dimethylhydrazine.....	45

CHEMICAL TECHNOLOGY

<i>Alimkulova Zh.D., Kalimoldina L.M., Abilkasova S.O., Shaikhova Zh.E.</i> A study of the oxidation of methane on the poly-oxide catalysts.....	54
<i>Rakhimova B.U., Kudaibergenov K.K., Aknazarov S.Kh., Golovchenko O.Yu., Spanova G.A., Gabdrashova Sh.Ye.</i> Electric spinning of nanofibers based on cellulose and its derivatives modified by biomolecules for wounds healing.....	64

ENERGY

<i>Genbach A.A., Bondartsev D. Yu., Abilov A.R.</i> Investigation of the limiting thermal stresses during transient modes of CCGP and CCGT plant.....	98
---	----

<i>Genbach A.A., Bondartsev D.Yu., Abdikarimov A.K.</i> Investigation of heat exchange crisis in transient modes of CCPP and CCGT power plants.....	109
<i>Dzhaparova D. A., Utemisova N.E., Akhmetzhan S.Z., Buranova N.G.</i> Modeling of electricity distribution networks 10/0.4 kv a	117

MECHANICAL ENGINEERING. TRANSPORT

<i>Mashekov S.A., Abdirova R.D., Tusupkalieva E.A.</i> Research of the influence of intensive plastic deformation on the structure of the surface layer R6M5 instrumental rapid-cutting steel for application the functional coatings	125
<i>Biniyazov A.M., Denisov A.S., Zakharov V.P., Sarsenbaeva L.Kh., Biniyazov E.M.</i> Analysis of quantitative and qualitative changes in the parameters of the lubrication system during the operation of the diesel engine.....	143
<i>Lukpanov R.Ye., Dyusembinov D.S.</i> Impregnation solution for coating cement-concrete roads for improved deicing properties during winters	151

FOOD INDUSTRY

<i>Kizatova M. Ye., Baikenov A.O., Baigenzhinov K.A., Yessimova Zh.A., Yeleukenova K.A.</i> Mathematical model of modernization of melon peeling equipment.....	164
<i>Alzhaksina N.Ye., Baigenzhinov K.A., Yessimova Zh.A., Baikenov A.O., Koptleuova T.M., Yeleukenova</i> Balanced fat bases for functional spreads.....	173

AGRICULTURE AND FORESTRY

<i>Pskhatsiyeva Z.B., Bulatseva S.V., Jeliyeva I.K., Cheldiyeva E.I.</i> Influence of complex application of the sorbent and the probiotic on the content of heavy metals in blood samples of post-weaned pigs	180
<i>Tileubayeva Zh.S., Saparbayeva N.A., Aytzhanova M.O.</i> Studying the tolerance of winter wheat varieties to smut types.....	186

ECOLOGY

<i>Akhmetova S.O., Sultangazieva G.S.</i> Environmental aspects of mineral fertilizer application in soybean cultivation	194
<i>Baimukanov M.T., Isbekov K.B., Shagilbayev A.U., Ryskulov S.E., Baimukanova A.M.</i> Nature reserve for preservation of the Caspian seal (Pusa Caspica).....	210
<i>Iztleuov G. M., Shyngyzbaev B., Amirbekov E., Abuova A.A., Dosbaeva A.</i> Biosorption properties of algae.....	225

КИБЕРНЕТИКА. ГЕОГРАФИЯ

МРНТИ 28.01.45, 14.85.35

С.З. Ахметжан¹, Г.С. Гумаров², А.С. Купешова³,
А.Н. Мухамбеткалиева¹

¹Западно-Казахстанский инновационно-технологический университет,
г. Уральск, Казахстан

²Западно-Казахстанский университет им. М.Утемисова,
г. Уральск, Казахстан

³Западно-Казахстанский аграрно-технический университет им. Жангир хана,
г. Уральск, Казахстан

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИИ ТРИЗ В ПОДГОТОВКЕ ИНЖЕНЕРОВ ТЕХНИЧЕСКИХ ВУЗОВ

Аннотация. В работе рассматриваются возможности теории решения изобретательских задач как помощь в преподавании инженерных дисциплин. Обсуждается основное противоречие высшего образования между объёмом передаваемых знаний и временем необходимым для его освоения. Рассматриваются подходы и психолого-педагогические ресурсы, позволяющие разрешить основное противоречие. Приводятся примеры применения технологии теории решения изобретательских задач в вузах

Ключевые слова: ТРИЗ, подготовка инженеров, решение изобретательских задач, модульное обучение

• • •

Түйіндеме. Бұл мақалада инженерлік пәндерді оқытуда көмек ретінде өнертапқыштық мәселелерді шешу теориясының мүмкіндіктері қарастырылады. Берілетін білім көлемі және оны игеруге қажетті уақыт арасындағы Жоғары білімнің негізгі қайшылықтары талқыланады. Негізгі қарама-қайшылықты шешуге мүмкіндік беретін тәсілдер мен психологиялық-педагогикалық ресурстар қарастырылады. Жоғары оқу орындарында өнертапқыштық есептерді шешу теориясының технологиясын қолдану мысалдары келтіріледі.

Түйінді сөздер: ӨТШТ, инженерлерді даярлау, өнертапқыштық тапсырмаларды шешу, модульдік оқыту.

• • •

Abstract. The paper considers the possibilities to use the theory of inventive problem solving as an aid in teaching engineering disciplines. This paper touches on the main contradiction of higher education, which is the amount of knowledge transferred and seemingly inadequate amount time given to comprehend it.. This paper discusses approaches and psycho-pedagogical resources to resolve this fundamental contradiction. This paper gives examples of the theory of inventive problem solving as a technology for application in universities.

Keywords: TIPS, training of engineers, solving inventive tasks, modular training

Введение. Теория решения изобретательских задач, автор которой Генрих Саулович Альтшуллер, основана на построение принципиально новой «методики изобретательства». ТРИЗ – это инженерная дисциплина, которая используется и в педагогике. Что предполагает ТРИЗ?

- *Первое - системность мысли;*
- *Второе - умение видеть мир в противоречиях;*
- *Главное - способность генерировать неожиданные идеи.*

Теория ТРИЗ преследует цели формирования творческой грамотности. Она предусматривает систему средств, методов и приёмов развития творческого мышления, воображения, фантазии, навыков творческой работы. [1] Анализ состояния инженерного образования в Казахстане, а также программ высшей школы, научных исследований, посвященных проблемам обучения специальным и общетехническим дисциплинам, позволяет выделить в существующей системе подготовки обучающихся технических вузов следующие противоречия:

- между потребностью современного высокотехнологичного производства в специалистах высокой квалификации, способных к инновациям, и устоявшимся, консервативным научно-методическим обеспечением учебного процесса, который не позволяет полностью решить эту задачу;

- между потенциалом, которым обладают все компоненты целостной системы подготовки будущих инженеров (обучение, практический опыт, научные исследования, профессиональное и личное общение) для формирования у обучающихся системы инновационной деятельности, и существующей методической системой обучения специальным и общетехническим дисциплинам в техническом университете, не предусматривающей формирование у них этих способностей;

- между фундаментальным потенциалом большинства специальных и общетехнических дисциплин и существующей методической системой подготовки будущих инженеров, характеризующейся недостаточной степенью использования этого потенциала [1].

Методы исследований. Наличие выделенных противоречий позволяет сделать вывод о необходимости разработки методической системы формирования у обучающихся технических вузов способностей к инновационной деятельности в процессе обучения, это и дает ТРИЗ.

Все разделы ТРИЗ можно разделить на две части:

- методы решения проблем - законы развития систем; анализ решения изобретательских задач; информационный фонд; системный анализ и синтез;
- методы развития творческих качеств; методы развития творческого воображения; теория развития творческой личности; теория развития творческих коллективов.

Отметим методы развития творческого воображения:

- метод проб и ошибок;
- метод активизации перебора вариантов;
- метод фокальных объектов;
- метод проектов;
- метод ММЧ (моделирование маленькими человечками).

Кроме методов существует 40 приёмов устранения противоречий, с помощью которых можно быстро и эффективно решать очень трудные задачи. Альтшуллер сравнивает приёмы с компасом, так как они показывают направление к цели и заставляют человека думать и действовать [1].

Цель приёмов - помочь решить задачу, разрешить противоречие, расширить область поиска и натолкнуть на сильное решение. Приёмы играют роль первичного набора инструментов, и, чтобы пользоваться ими, нужны определённые навыки. Проще говоря, просматривая перечень приёмов (перебирая их по одному), можно найти подсказку в решении своей проблемы. Этот способ медленный, но вполне возможный. Следует отметить, что наиболее сильные решения даёт сочетание нескольких приёмов, то есть система приёмов [2]. Вот некоторые из них: объединения; матрёшки; обратить вред в пользу - копирования; самообслуживания; мозговой штурм.

Для решения каждой задачи очень важно выявить ресурсы ближайшей надсистемы и подсистем, возможности прошлого и будущего.

Сразу обо всём человек не может думать, но, когда все возможности, все ресурсы выписаны, и начинаешь думать, искать решение проблемы в каждом направлении по отдельности, тут и приходят варианты решения задачи [3].

Весь учебный материал по основному курсу специальных дисциплин разбивается на законченные блоки-модули, после изучения каждого модуля осуществляется промежуточный контроль знаний по специально разработанной системе контроля на основе индивидуального и дифференцированного подхода в рамках личностно-ориентированного и проблемного обучения. В основу формирования этих модулей положены основные принципы отбора и выбора учебного материала: генерализация учебного материала; научно-обоснованная систематизация физических и технических явлений; структурирование учебного материала, на основе системного подхода; гибкость, непрерывность и динамичность системы контроля знаний; принцип осознанности необходимости формирования способности к инновационной деятельности. Например, по «Разработке нефтяных месторождений» таких модулей оказалось пять:

Модуль 1. Системы разработки нефтяной залежи.

Модуль 2. Моделирование разработки нефтяных месторождений.

Модуль 3. Технологические показатели разработки.

Модуль 4. Физико-химические методы разработки нефтяных залежей.

Модуль 5. Проектные документы при разработке нефтяных месторождений.

В основу каждого из представленных модулей положена определенная фундаментальная физическая или физико-техническая теория. Структурированный таким образом и представленный в определенной последовательности материал, изучается во время различных видов занятий, для достижения основной цели – формирование у обучающихся способности к инновационной деятельности.

Для успешного функционирования модульного обучения разработана система информационно-компьютерной поддержки основного курса каждой дисциплины, состоящая из: 1) методического обеспечения подсистемы учебных занятий (конспекты лекции, учебно-методические разработки для проведения различных видов занятий, указания по организации самостоятельной работы); 2) учебных комплексов (учебники, учебные пособия); 3) системы заданий к практическим

занятиям (сборники задач, дифференцированных по трем уровням сложности, с примерами решений); 4) системы заданий к лабораторным занятиям (учебные пособия по проведению лабораторного практикума, перечни демонстрационного и лабораторного оборудования, в том числе для выполнения работ научно-исследовательского и профессионально-направленного характера); 5) системы заданий на курсовое проектирование (учебные пособия по курсовому проектированию, учебно-методические материалы для выполнения расчетно-графических работ, практико-ориентированных заданий к курсовым проектам); 6) системы электронных ресурсов (электронные учебники, разработанные в соответствии с учебной программой, требованиями, предъявляемыми к электронным ресурсам, и зарегистрированные должным образом); 7) учебно-методических материалов для осуществления непрерывного контроля результатов обучения (материал для непрерывного контроля знаний обучающихся на различных стадиях обучения основному курсу дисциплин и адекватных им умений - текущего, рубежного, итогового).

Перечисленные системы заданий удовлетворяют следующим основным требованиям: 1) тесной связи с профессиональными задачами и потребностями современного инновационного производства; 2) учета межпредметных связей дисциплин естественнонаучного, общетехнического и специального циклов; 3) постепенного усложнения заданий; 4) активизации деятельности обучающихся по исследованию технических устройств с использованием компьютерных средств.

Результаты исследования. При работе по технологии ТРИЗ в университете принимали участие преподаватели общетехнических дисциплин: «Теория машин и механизмов» - старший преподаватель Сарбалина Б.Д.; «Конструирование и детали машин» кандидат технических наук Дуйсенов М.К.; «Электротехника» преподаватель Куптлеуова К.Т., а также специальных дисциплин кандидат технических наук Чурикова Л.А.; «Транспорт и хранение нефти и газа», старший преподаватель Азгалиев Ж.С. др. Работа велась по плану составленному с учетом особенностей каждой кафедры, с работающими кружками на разных специальностях. На ежемесячных семинарах по ТРИЗ в своих выступлениях преподаватели делились своим опытом и достижениями.

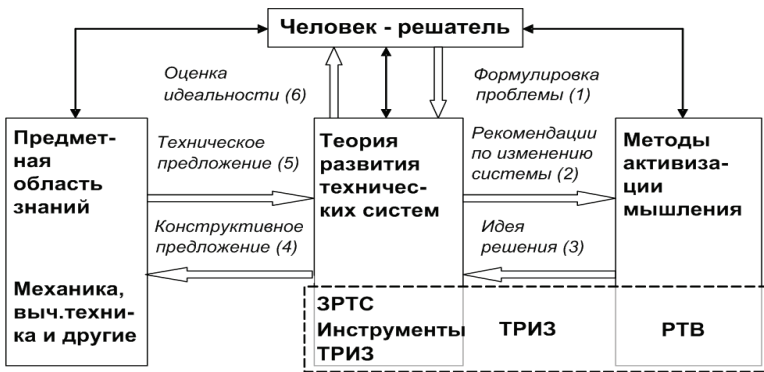


Рисунок 1 - Структурная схема решения технической проблемы с применением методологии ТРИЗ

На рисунке 1 используются следующие сокращения: ЗРТС - законы развития технических систем (раздел ТРИЗ), РТВ - развитие творческого воображения (раздел ТРИЗ). Под инструментами ТРИЗ понимаются: методика выявления и использования ресурсов технических систем; указатели физических, геометрических, химических и биологических эффектов; методика выявления технических и физических противоречий в технических системах, а также приёмы их разрешения; вервольный анализ и методика использования стандартов на вервольные преобразования; алгоритм решения изобретательских задач (АРИЗ) [3].

Приведём пример разрешения технической проблемы. Удаление парафиноотложений с внутренних стенок НКТ на предмете «Техника и технология добычи нефти» (старший преподаватель Купешова А.С.). Почему происходит отложение парафинов, выявляется причина - ставится противоречие. Что нужно сделать чтобы парафин не кристаллизовывался? Затем обучающиеся, ещё не знакомые с новой темой, придумывают, зная идеальный конечный результат (ИКР) – что необходимо сделать чтобы парафин не откладывался или как удалить образовавшуюся парафиновую пробку [4]. Проводя уроки по технологии ТРИЗ, каждый урок может стать как открытие для обучающегося, надо их учить мыслить не стандартно.

Обсуждение результатов. Урок в технологии ТРИЗ, что же он даёт: помогает находить варианты решения проблемного вопроса, генерировать оригинальные дизайнерские идеи; регулярно трениро-

вать творческое мышление; на изобретательских задачах из разных областей человеческой деятельности и вырабатывается та самая способность применять знания в реальных ситуациях.

Что даёт такой урок преподавателю?

- знание ТРИЗ вооружает мышление преподавателя набором инструментов по решению проблем;
- развивает творческие способности преподавателя, гибкость и системность мышления;
- воспитывает готовность к восприятию нового;
- обеспечивает профессиональный рост;
- это просто интересно.

Советы педагогу, который использует в своей работе технологию ТРИЗ.

Можно часто слышать, как педагоги призывают друг друга – «Надо учить разрешать конфликты! Предлагайте конфликтные ситуации - пусть ищут решения» [4].

1 совет: формулируйте проблему в виде противоречия, так как противоречие заставит перейти от слабых идей к серьёзному поиску ответа.

- Учить творчеству? Невозможно! Надо создать условия, но не учить.

2 совет: знакомьте с противоречиями через неизведанное.

3 совет: придумывайте для них и вместе с ними новые изобретательские задачи, а для этого выберите вещь, которую хотите улучшить и предъявите к ней обязательно одно либо два противоположных требования.

4 совет: учить во всём видеть хорошие и плохие стороны. Следует помнить, что абсолютно хорошего или плохого в жизни не существует. Решить задачу – значит устранить «минус», сохранив «плюс».

Выводы. Данная технология позволяет: 1. Как отмечено в начале, разрешить основное противоречие высшего образования между объёмом передаваемых знаний и временем их освоения за счёт передачи знаний в систематизированном, свёрнутом, компактном виде;

2. Применять максимум дидактических возможностей ТРИЗ по развитию творческого воображения, систематизации знаний и решению творческих, исследовательских задач;

3. Учитывать особенности преподавания в высшей школе и психологические особенности обучающихся.

Проведенные уроки с применением технологии ТРИЗ в вузах показали её высокую эффективность.

Список литературы

1 *Альтшуллер Г.С., Злотин Б.Л., Зусман А.В., Филатов В.И.* Поиск новых идей: от озарения к технологии (Теория и практика решения изобретательских задач)// Кишинев: Картя Молдовеняскэ, 2009. [Al'tshuller G.S., Zlotin B.L., Zusman A.V., Filatov V.I. Poisk novykh idej: ot ozareniya k tekhnologii (Teoriya i praktika resheniya izobretatel'skikh zadach)// Kishinev: Kartya Moldovenyaskeh, 2009.]

2 *Наумкин Н.И.* Методика обучения инновационной инженерной деятельности студентов агроинженерных вузов // Современные наукоемкие технологии. – Москва: Изд.дом Академия естествознания, 2019. - С. 342-347. [Naumkin N.I. Metodika obucheniya innovatsionnoj inzhenernoj deyatel'nosti studentov agroinzhenernykh vuzov // Sovremennyye naukoemkie tekhnologii. – Moskva: Izd.dom Akademiya estestvoznaniya, 2019. - S. 342-347.]

3 *Шрагина Л.И., Меерович М.И.* От методов решения технических проблем до технологии формирования культуры мышления (концепция применения ТРИЗ в педагогике) // Москва: Альпина Бизнес Букс, 2008. [Shragina L.I., Meerovich M.I. Ot metodov resheniya tekhnicheskikh problem do tekhnologii formirovaniya kul'tury myshleniya (kontseptsiya primeneniya TRIZ v pedagogike). – Moskva: Al'pina Biznes Buks, 2008.]

4 *Скоморохов Г.И.* От «честных купцов» к ТРИЗ в высшей школе //Технология творчества, <http://www.trizminsk.org/r/tt/980201.htm>, [Skomorokhov G.I. Ot «chestnykh kuptsov» k TRIZ v vysshej shkole.// Tekhnologiya tvorchestva, <http://www.trizminsk.org/r/tt/980201.htm>]

Ахметжан Самал Закиқызы, кандидат технических наук, доцент,
e-mail: samal.zakey@mail.ru

Гумаров Гали Сагингалиевич, доктор технических наук, профессор,
e-mail: ggs65@yandex.ru

Купешова Алтынай Сакипкереевна, старший преподаватель
e-mail: kupeshova.altynay@mail.ru

Мукамбеткалиева Айнаш Нурболатовна, магистр технических наук,
e-mail: ainash_m_89@mail.ru

A. T. Iskakova¹

¹Kazakh national university name of al-Farabi, Almaty c., Kazakhstan

FREE INTERNET TOOLS FOR DEVELOPMENT AND PROMOTION OF KAZAKHSTAN TOURISM PRODUCTS

Abstract. Since the advent of the Internet, the intermediation world has undergone through dramatic changes. In the past, the tour operators and the traditional travel agencies played a very important role because without them traveling was virtually impossible. The choice of this topic and interest is determined by the moment because we live in a world in which things are constantly changing. Internet tools have become very popular among experts in the field of marketing and advertising. Enterprises of direct and indirect tourism spheres use the Internet as a provider of effective tools for designing and promoting tourism products / services. Modern advertising specialists note that over the past 20 years, the volume of advertising has increased by 20 % on the Internet and by 8 % on TV, and in print media it has decreased by 10 %. The amount of advertising on the Internet will soon overtake that of the TV. Along with the market and popularity of the Internet, SMM has been developing. New tools, applications, and platforms also have emerged.

Keywords: Internet advertising, tourism promotion, search engines, Google, tourism in Kazakhstan

• • •

Аннотация. С появлением Интернета в мире посредничества произошли огромные изменения. В прошлом очень важную роль играли туроператоры и традиционные туристические агентства, потому что без них процесс путешествия не мог бы осуществляться. Выбор темы и интереса определяется моментом, потому что мы живем в мире, в котором вещи постоянно меняются. Интернет-инструменты стали очень популярными среди специалистов в области маркетинга и рекламы. Предприятия прямой и косвенной сферы туризма используют Интернет в качестве поставщика эффективных инструментов для разработки и продвижения туристических продуктов / услуг. Современные специалисты по рекламе отмечают, что за последние 20 лет объемом рекламы в Интернете увеличился на 20%, на телевидении - на 8%, а в печатных СМИ - снизился на 10%. Количество рекламы в Интернете скоро превзойдет телевидение. Вместе с рынком и популярностью Интернета развивается SMM. Появляются новые инструменты, приложения и платформы.

Ключевые слова: Интернет-реклама, популяризация туризма, поисковые системы, Гугл, туризм в Казахстане

• • •

Түйіндеме. Интернет пайда болғаннан бері медиа әлемі үлкен өзгерістерге ұшырады. Бұрын туроператорлар мен дәстүрлі туристік агенттіктер өте маңызды рөл атқарған болатын. Өйткені оларсыз туристік процесс жүзеге аспас еді. Біз үнемі өзгеріп отыратын дүние әлемінде өмір сүретін болғандықтан, тақырып пен қызығушылықты әп-сәтте таңдауға болады. Интернет-құралдар маркетинг және жарнама саласындағы мамандар арасында кеңінен қолданыла бастады. Туризмнің тура және жанама саласындағы кәсіпорындары Интернетті туристік өнімдерді / қызметтерді дамыту мен жылжытудың тиімді құралдарының жеткізушісі ретінде пайдаланады. Қазіргі жарнама мамандары соңғы 20 жыл ішінде Интернеттегі жарнаманың көлемі 20% -ға, теледидарда - 8% -ға, ал баспа БАҚ - 10% -ға артқанын атап өтті. Интернеттегі жарнаманың теледидардан асып түсу мүмкіндігі де жоқ емес. SMM нарықтық және интернеттің танымалдылығымен қатар дамып келеді. Жаңа құралдар, қосымшалар мен платформалар пайда болуда.

Түйінді сөздер: Интернет-жарнама, туризмді дәріптеу, іздеу жүйелері, Гугл, Қазақстандағы туризм

Introduction. The object of research is the Google Search Engine in the sphere of tourism, where the subject of the research is the features and modern trends in the development of the Google [1], its impact on the tourism industry and usage of Google to gather information regarding to travel issues. Google Search Engine is defined as a multi-purpose tool on a huge scale, which can greatly improve tourism industry as a whole.

The concept of Google in tour product promotion includes any service on the Internet that is using crowd sourcing as its main modification tool and that it is accessible to anyone. A new project, digitization of books in major libraries, was clearly Google's most ambitious project [2]. Page and Brin announced they were prepared to devote significant amounts of money and resources to digitizing millions of books that were gathering dust or growing old and brittle in famous libraries all over the world. Five big names, University of Michigan, Stanford, Harvard, Oxford and New York Public library signed up. Google won over the publishers arguing that they would find new opportunities to sell books [3]. Google would cover the costs of scanning and indexing books for the right to display them as part of search results. Google would display only the few selected pages or snippets of text that related to the user's query and in a form that could

not be copied or printed. Google believed all this could give readers a taste of the book and entice them into purchasing a copy. Google has direct impact on the promotion process of tour product in Kazakhstan. Nowadays, tourists mostly use Booking.com, TripAdvisor, Aviate, Chocotravel, Tickets.kz for booking and buying purposes [4]. In this case, Google is an intermediary between customer and service supplier, that vital component in the whole structure. From all taken replies, 66,7 per cent or extremely high proportion is taken by Accommodation facilities. Accommodation is the common term that covers all types of housing. Hotels, motel, hostels, B and b, even houses of relatives and friends are types of accommodation. This topic will be more deeper discussed in the following chapter.

Second more preferred choice is transportation. Doubtless, first question that you ask for yourself before going somewhere after «where I will sleep? » is “how i will reach this or that destination?”. And last interestingly 3rd place winner is events and activities. People mostly look for interesting events around the place of their residing to hang out. Facebook has similar tool as events for a week or some gathering nearby [5]. This helps a lot when you are travelling, especially alone, to meet new people and make friends.

Materials. There are plenty of apps, as InterNatons, Couchsurfing which help to find locals. This diagram also shows that people are not highly interested in food and catering service offered by that place, because anyway you will find some place to eat. It is already included option of minds. Since the beginning of the year, Google's share in Kazakhstan has grown from 66.84% to 72.37% [6]. The share of Yandex almost did not change: 20.61% and 20.1%. Most of all behavioral changes have touched the search engine from Mail.ru. In January, its share was 11.32% and in December it tragically fell to 6.86%. But it is always necessary to evaluate market share and relatively absolute indicators of traffic. Google had 2.814 billion visits (or 70.05% of the average annual), Yandex - 0.804 billion visits (or 20.01%) on the Mail.ru search engine - 0.361 billion visits (9.01%). These changes can be shown clearly in a form of diagrams below.

- Rapid development of network technologies allows you to accumulate, analyze and update the tourism data;
- The leaders of many companies are aware of the promise of using online platforms, in a face of Google search engine in a competitive environment.

In the second case we see the total suppression and superiority of Google. Along with that, we must remember that the data provided by

Yandex, on the basis of its statistics service, which may not be installed on some sites [7]. Therefore, all figures given and used must be taken with a certain degree of skepticism.



Figure 1 - Number of visits [6]

This year the author was honored to take part in Google conference, organized by International Business University of Munchen, Germany. The main guest, who presented new models and projects of Google was Thierry Geerts, CEO

of Google Belgium and Luxembourg. The conference itself was focused on economical issues and business development, how Google is inter-connecting and which principles are used by Google in everyday work. However, it was pretty interesting lecture for me that helped me to realize and organize some details in my mind. Some of the characteristics of the hotel reviews are that they use the pay per click model, as Google does [8]. They allow the comparison of hotels which are competitors in order to be conscious of the different quality offers. And finally they analyze the reputation of the hotels, that is, the hotel company is able to know the rating, the comments and the positioning it has. The hotel reviews which are on the top of the list today are Tripadvisor and Holiday check.

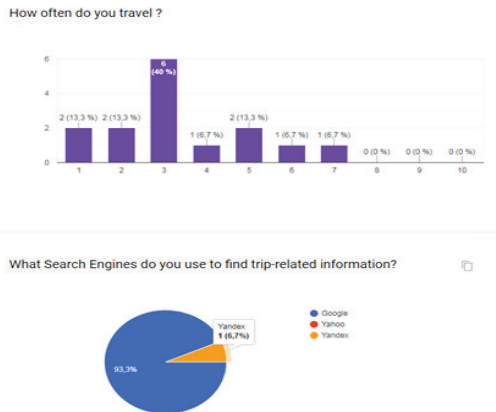


Figure 2 - Online survey results [3]

From the personal experience in the hotel industry at Schwand Gast-

hof hotel in Germany, the author got enough knowledge in the organization of hotel industry. At present, information technologies in the Republic of Kazakhstan are experiencing a stage of active development for the following reasons:

- There is a large number of organizations whose activities extend to the vast territory of our country;
- The software market with powerful IT-functionality appeared on the information technologies market.

A unique digital product, an Application “Kazakhstan Land of the Great Steppe”, has been presented in this section [9]. A one-of-a-kind high quality interactive application, presenting multimedia on the most representative geographic, political, touristic, historical, economic facts about Kazakhstan, contains hundreds of high quality unique photographs, videos, 3D objects, panoramic tours, interactive charts, and innovative maps. It should be of interest to anyone who wants to learn about the world’s ninth largest country, including tourists, students, and business people. We see that the difference is huge, but we have to not miss that fact, that Kazakhstan is only 28 years old, how it dramatically can be sound [10]. We are young and strong country that has all chances and opportunities to be among 30 high developed countries in the whole world. If to consider that tourism as a field of economy was released and accepted officially only several years ago, from all aspects the author of work finds it a good progress and development of Kazakhstan tourism.

Gradually, Google is going to evolve even further, but it need certain acceleration by putting enough resources and attention to it, especially in Kazakhstan, which is in dire need of any ways of marketing of our tourist products and services [11]. All of this can be achieved by active usage of Google by involved tourists and organizations not only in the country itself, but also by the tourists and tour operators from abroad. From the time of exchange semester the author was inspired with the realization of this project. As it was aimed initially it was necessary to organize research work among two segments as world (almost world) and Kazakhstan market, making an accent on country trends and development of tourism of Kazakhstan at all.

Conclusions. According to survey, which was carried among foreign as well as Kazakhstan audience we found that Google is the often used Search engines among Yandex or Yahoo partners. Indeed, even in daily life we can not imagine our lives without Goggle help [12]. If something happened, where there is no clear and immediate solution we type as

fast as we can of Google in order to solve that given task. That's why the role of Google Search engine in tourism sphere is vital and can not be replaced.

References

- 1 *Anderson C.* The Long Tail: Why the Future of Business is Selling Less for More. New York: Hyperion (2016).
- 2 *Axelrod R.* Advancing the art of simulation in the social sciences. *Complexity*, (2):16-22 p, (2013).
- 3 Back, Aaron. Baidu May be Set for Costly Changes. *Wall Street Journal*(reference date: January 8, 2014).
- 4 *Bar-Ilan J.* Search engine results over time: a case study on search engine stability. *Cybermetrics*,2(3):1. (2015)
- 5 *Baskerville R.L., and A.T. Wood-Harper.* // A critical perspective on action research as a method for information system research. // *Journal of Information Technology*, 11(3):235-246 p. (2016)
- 6 *Beckwith K.* Googled: the quest for visibility on the Internet. *Learned Publishing*,16 (4): 277-283 p (reference date: January 15, 2013)
- 7 *Bergman Michael K.* The deep web: Surfacing hidden value. *Journal of Electronic Publishing*,7(1):01-07. (reference date: July 3, 2015)
- 8 *Iskakova A.T.,* Google Search Engine in the Promotion of Tour Product, Farabi Alemi, Almaty, 2019, p. 374
- 9 *Berners-Lee, Tim, and Mark Fischetti.* Weaving the Web : the original design and ultimate destiny of the World Wide Web by its inventor. New York: HarperCollins Publishers, 2015.
- 10 *Buhalis D., and R. Law.* Progress in information technology and tourism management: 20 years on and 10 years after the Internet—The state of eTourism research. *Tourism Management*,29(4):609-623 p (reference date: August 25, 2016).
- 11 *Cai L.A., R. Feng, and D. Breiter.* Tourist purchase decision involvement and information preferences. *Journal of Vacation Marketing*, 10(2):138-148 p, 2017.
- 12 *Chaffey D.* Google Adwords - brand-bidding changes – impact in UK. URL: <http://www.davechaffey.com/Paid-Search-Best-Practice/category-5-alert-for-all-uk-companies-using-google-adwords>. (reference date: February 16, 2016)

Акжан Талгаткызы Искакова, магистр

Л.Ж. Жансеитова¹, Н.Т. Исаева¹

¹Абай атындағы Қазақ ұлттық педагогикалық университеті,
Алматы қ., Қазақстан

ТЕХНИКАЛЫҚ ЖӘНЕ КӘСІПТІК БІЛІМ БЕРУ ҰЙЫМДАРЫНДА МАТЕМАТИКАНЫ ОҚЫТУДЫҢ КЕЙБІР МӘСЕЛЕЛЕРІ

Түйіндеме. Мақалада техникалық және кәсіптік білім беру ұйымдарындағы оқу-тәрбие үдерісінің кәсіби бағдарланған тәсіл негізінде ұйымдастырылуы қарастырылған. Сонымен қатар, техникалық және кәсіптік білім беру ұйымдарында математикалық білім беру маңызды құрылымдық компоненттердің бірі болып табылатындығы және математиканы оқыту мақсаты айтылған. Математика пәні көптеген кәсіби пәндердің іргетасының дайындығын және оны оқытудың негізін қалайды. Білім алушыларға математиканы оқыту процесінде, әртүрлі күрделіліктегі кәсіби есептерді, яғни «кәсіптік бағдарланған тапсырмаларды» шешу кезінде танысқан ұғымдар мен идеяларды белсенді қолдана алатындай етіп ойлауға және жұмыс істеуге үйрету маңызды. Оқушылардың математикаға деген ынтасын арттыру жолдарының бірі – оқыту барысында оның қолданбалылық рөлін ашып көрсету.

Түйінді сөздер: Математиканы оқыту, техникалық білім, кәсіптік білім, дидактикалық принциптер, экономика.

• • •

Аннотация. В статье рассматривается организация учебно-воспитательного процесса в учреждениях технического и профессионального образования на основе профессионально-ориентированного подхода. Также отмечено, что математическое образование в учреждениях технического и профессионального профиля является одним из важнейших структурных компонентов. Предмет математика закладывает основы подготовки фундамента многих профессиональных дисциплин и их преподавания. В процессе обучения математике важно научить обучающихся мыслить и работать таким образом, чтобы они могли активно использовать в процессе обучения математике профессиональные задачи различной сложности, т. е. понятия и идеи, знакомые при решении «профессионально-ориентированных задач». Одним из

путей повышения интереса учащихся к математике является раскрытие его прикладной роли в процессе обучения.

Ключевые слова: обучение математике, техническое образование, профессиональное образование, дидактические принципы, экономика.

• • •

Abstract. The article deals with the organization of the educational process for students majoring in engineering, which is based on a professionally oriented approach. It is also noted that mathematical education in universities and colleges with engineering profile is one of the most important structural components and the purpose of teaching mathematics. The mathematics as a subject lays the basis for many professional disciplines and their teaching. In the process of teaching mathematics, it is crucial to teach students to think and work in such a way that they can actively use professional tasks of varying complexity in the process of learning mathematics, i.e. concepts and ideas familiar in solving «professionally-oriented tasks». One of the ways to boost students' interest in mathematics is to reveal its applied role in the learning process.

Keywords: Teaching mathematics, technical education, vocational education, didactic principles, economics.

Кіріспе. Қазіргі уақытта әрбір педагог жаһандану жағдайына байланысты туындаған қиындықтармен бетпе-бет келуде. Бұл дүниежүзілік экономикалық, саяси және мәдени интеграция мен сәйкестендіру үдерісі. Оның салдары мектепте де, техникалық және кәсіптік білім беру ұйымдарында да (орта буын маманы), жоғары оқу орындарында да білім беру үрдісінің әдістемесінің өзгеруі болып табылады. Білім берудің жаһандануы білім беру жүйесін жаһандық нарықтық экономика талаптарына бейімдеуге әкеледі. Білім беру үдерісі біздің заманымыздың шынайылығына қарай өзгеруі керек. Әр түрлі құбылыстар мен процестердің сандық байланысын сипаттайтын математикалық модельдеу осы күні білімнің кез келген саласында жүргізілетін зерттеулердің ажырамас бөлігі болып табылады. Оның рөлі мәліметтерді компьютерлік өңдеу мүмкіндіктерінің кеңеюіне байланысты артып келеді. Мысалы, математиканың адам қызметінің әр түрлі сфераларына енуі математикалық білімнің күнделікті өмір тәжірибесінде жиі қолданылуына әсер етті. Бұл тек қарапайым математикалық есептеулермен ғана шектелмей, жоғары математика математикалық анализ бен ықтималдықтар теориясының (мысалы, акциялар, құлыптау коды, қор және фондық акциялар ойыны т.б.) қолданылу аясының кеңеюіне әкелді. Күнделікті өмірде «тұмауға шалдыққан адамдар саны, геометриялық прогрессиямен өсіп келеді» немесе «бөлінген қаржы айтарлықтай артты» деген сөздерді жиі естиміз. Бұл мысалдар ма-

тематикалық білімнің кең спектрі адамдардың жалпы мәдениетінің міндетті элементіне айналғанын дәлелдейді [1, 11б.].

Табиғаттың рухани және материалдық байлықтарын ұқыпты игеруде өлшеп, есептеп, саралап алмай мәселені шешуге тіптен болмайтыны айтпаса да түсінікті. Міне, осы кезде математиканың табиғаттағы, адам өміріндегі рөлі айқындалады. Математиканы іс жүзінде қолдана білуге үйрету, яғни қолданбалы бағытын көрсету оқушылардың көзқарасын қалыптастырады. Математика сабағында теориялық материал мен есеп шығару материалын тығыз байланыстырып, оқушының нақты да жүйелі математикалық дағдысын қалыптастыру керек. Себебі, бұл дағды математиканы әрі қарай меңгеруге, оны өмірде, кәсіпте қолдануға қажет болады [2, 55б.].

Тапсырма қойылымы келесідей құрылымдалады: математиканы оқытудың кейбір тәсілдерін техникалық және кәсіптік білім беру ұйымдарында қарастыру. Техникалық және кәсіптік білім беру ұйымдарында «Математика» пәні білім алушының болашақ мамандығын есепке алмай, сабақ сағаттарының санымен ғана ерекшеленетін сол бағдарламаға сәйкес оқытылады. Алайда, таңдалған бағыт немесе мамандыққа математика курсының мазмұны, оқытылатын математикалық ұғымдарды қолдана отырып тапсырмаларды таңдау байланысты болуы тиіс.

Математиканы оқыту үдерісінің дидактикалық принциптері. Математиканы оқыту үдерісін келесі дидактикалық принциптерге сәйкес қойып: оқытудың жүйелілігі, қол жетімділігі, пәнаралық байланысы және оқу іс-әрекетін мотивациялық қамтамасыз ету, сонымен қатар білім алушылардың ерекшеліктерін ескере отырып ұйымдастыру қажеттілігі туындайды. *Оқытудың жүйелілік принципі* - математика курсы білім алушылардың болашақ мамандығына байланысты қолданбалы сипаттағы материалмен жүйелі түрде толықтыру жүзеге асырылуы тиіс. Бұл пәннің әрбір бөлімі әртүрлі күрделілік деңгейіндегі тапсырмалармен қамтамасыз етіліп жүзеге асырылуы мүмкін.

Оқытудың қол жетімділік принципі - математиканы оқытудың математикалық тұжырымдамасын немесе қолданбалы, кәсіптік бағдарланған тапсырмаларды шешу үшін оқу үрдісінде қолданылатын басқа пәндерден алынған материалдар білім алушыларға қол жетімді болуы керек. Білім алушыларды анықтамалық материалдармен және әдістемелік нұсқаулықпен қамтамасыз ету қажеттілігі туындайды.

Оқытудың пәнаралық принципі - «Математика» пәні оқу үрдісінде әрі қарай оқылатын басқа да пәндермен өзара байланысты болуы

керек. Білім беру бағдарламасын игерудің жоспарланған нәтижесі білім алушыларда белгілі бір құзыреттіліктерді қалыптастыру болып табылады.

Пәнді игеру деңгейінің өте маңызды көрсеткіші – есте қалған білім. Сабақтың басты мақсаты етіп тақырыптың «өтуін» емес, оны «түсінуді» қою керек. Өйткені көптеген ұғымдар мен ережелер уақыт өте келе ұмытылады, бұл табиғи процесс. Алайда білімді де, білікті маман алған білімін тәжірибеде қолданудың негізгі түсініктерің, әдістерін және тәсілдерін меңгеруі тиіс. Әрбір сабақтың маңызды бөлігі ретінде өтілген материалдың негізгі ұғымдары мен формулаларын еске алу керек. Әрбір сабақтың басында бірнеше минутты «не? ...», «қай жерде қолданылған?», «қалай анықтау керек?» деген сияқты сұрақтарға арнау жеткілікті. Бұл білім алушыларға өткен тақырыптың білімін берік сақтауға мүмкіндік береді. Оқытудың бұл нұсқасы білім алушыларға негізгі материалды игеруге, негізгі есептерді сенімді шешуге және көптеген кәсіби есептерді шешуге жеткілікті математикалық мәдениетті меңгеруге мүмкіндік береді. Пәнді толық түсінуге білім алушының оқуға деген қызығушылығын, яғни оның уәждемесін (мотивация) қалыптастырған жағдайда ғана қол жеткізуге болады. Пәнге деген қызығушылықты арттыру үшін әрбір айтылған, түсіндірілген жаңа ұғым мүмкіндігінше практикалық сипаттағы есептерде көрсетілуі тиіс. Мұндай есептер, біріншіден, жаңа теориялық материалдың қажеттілігіне және практикалық маңызы бар екеніне оқушылардың көздерін жеткізеді. Екіншіден, оқушыларға математикалық абстракциялаудың практикадан, күнделікті өмірдің өзінен туындайтынын көрсетеді [2, 53б.].

Жалпы кәсіптік пәндер материалдары негізінде бейінді оқытуды қолдану. Білім алушының алған математикалық білімі, әрі қарай оқуға және жұмыс істеу үшін математикалық білім алу қажеттілігі болған жағдайда тиімді. Осыған байланысты жалпы кәсіптік пәндер материалдарын қолдана отырып, математика пәні бойынша бейінді оқытуды қолдану қажет. Білім алушылардың мұндай тапсырмаларды талдауы, әдетте, мамандыққа қатысы жоқ материалдарды қамтитын оқулықтардан дерексіз тапсырмалармен салыстырғанда үлкен қызығушылық тудырады.

Сондықтан, әртүрлі мамандықтардың білім алушыларына «Математика» пәнін сараланған тәсілде оқыту қажеттілігі туындайды. ТЖҚБ ұйымдарында математиканы оқыту білім алушылардың білімін, дағдылары мен іскерліктерін біріктіру, математикалық қабілетте-

рін дамыту және оларды болашақ мамандықта қолдану мақсатында жүргізілуі керек. Арнайы пәндерді оқу кезінде пайдаланылмайтын математика бағыттарына шолу жасау немесе өз бетінше оқуға берілуі мүмкін. Кәсіптік пәндерге негізделген математика бөлімдері неғұрлым толығырақ қарастырылуы қажет. Ұсынылып отырған оқу үдерісінің ұйымдастырылуы аудиториялық сабақтардың үнемі азаю уақытын тиімді пайдалануға және білім алушылардың қабілеттері мен мүдделерін барынша толық ескеруге мүмкіндік береді.

Оқушылардың математикаға деген ынтасын арттыру жолдарының бірі – оқыту барысында оның қолданбалы рөлін ашып көрсету. Ол үшін жаңа теореманы дәлелдеу немесе есеп шығару барысында әрдайым өмірмен байланыстырып отырған пайдалы. Оқытушы оқу үдерісін ұйымдастырғанда, мүмкіндігінше қарастырылып отырған теорияның өмірде қайда, қалай пайдаланатынын ашып көрсетіп отырғаны жөн. Өтіп жатқан жаңа материалды оқушыларға мұндай жолдармен таныстыру олардың теориялық материалды мағынасын терең түсініп, танымдылық өрісін кеңейтуге жетелейді [3, 226.]. Математикалық түсініктер, теориялар мен әдістер білімнің өртүрлі салаларында кеңінен қолданылуы: егер математиканы оқытудың кәсіптік бағыты болса, бұл студенттердің осы пәнді оқуға деген оң уәждемесін (мотивация) қалыптастыруға әкеледі деп айтуға мүмкіндік береді. «Математика» пәні барлық ТЖКБ ұйымдарында міндетті болып табылады, өйткені математикалық модельдеудің негізгі ұғымдары мен әдістерін, сонымен қатар зерттеудің сандық әдістерін пайдаланбай, қазіргі заманғы есептеу құралдарын кеңінен қолдану мүмкін емес. Осылайша, ең маңызды және маманның іргелі дайындығының міндетті компоненті математикалық білім болып табылады.

Әдістің практикалық тұрғыда жүзеге асуы. 0516000 – «Қаржы» (салалар бойынша) мамандығының білім алушыларына «Экономистерге арналған математика» пәні бойынша, «Сызықтық алгебра элементтері» бөлімінің мысалында математика курсының кәсіби-бағытта оқытуды қолдану нұсқасын қарастырайық. «Сызықтық алгебра элементтері» бөлімі матрицаларды және оларға амалдар қолдану, анықтауыштарды есептеуге, кері матрицаны табуға, меншікті сандар мен матрицаның меншікті векторларына, сызықтық теңдеулер жүйелеріне арналған. Әдетте, бірінші дәрістік сабақта берілген тақырыпты оқу кезінде матрицалар, анықтауыштар, олардың қасиеттері және олармен әрекет ету ұғымдары енгізіледі. Экономист – білім алушыларды оқытуда мұндай көзқарас теріс нәтиже береді. Себебі олар

үшін ұзақ математикалық есептеулерді меңгеру өте қиын. Сондықтан білім алушыларды пәнге қызықтыру үшін, негізгі түсініктер мен анықтамаларды енгізгеннен кейін олардың арнайы пәндерде қолданылатын көптеген әдістерін атап өтуге болады. Экономикадағы объектілердің математикалық үлгілерінің едәуір бөлігі, сондай-ақ осы саладағы түрлі процестерді ыңғайлы және ең бастысы ықшамдалған матрицалық формада жазуға болады.

Экономикалық мазмұндағы есептерді шығару математикалық білімді өмірмен тығыз байланыстыруға, алған білімдерді еңбекпен байланысты іс-әрекеттермен қолдана білуге көмектеседі. Алуан түрлі экономикалық мазмұнды есептер шығару үстінде қаржы, еңбек, пайда, рентабельдік, өзіндік құн, еңбек өнімділігі, рынок және т.б. ұғымдармен танысуға болады. Бірден бір маңызды экономикалық ұғым қатарына «өндіріс тиімділігі» деген түсінік жатады [4, 124б.]. Матрицалармен әрекеттер келесі жоспардың практикалық мысалдарында қарастырылуы мүмкін. Өнімді кешенді өндіру туралы есеп [5, 40б.]. Шахтаның үш бөлімшесінде бірге кокстелетін және энергетикалық көмір өндіріледі. Өнім және бір тонна көмір өндіруге жіберілген шығын былайша таралған (1 кесте).

1 Кесте - Өнім мен өндіруге жіберілген шығын көлемі.

№	Энергетикалық көмір, %	Кокстелетін көмір, %	Бір тоннаға жіберілген шығын
1 шахта	100	-	9 теңге
2 шахта	50	50	11 теңге
3 шахта	20	80	13 теңге

Осы жағдайда барлығы 6000 т энергетикалық және 2000 т кокстелетін көмір алынады. Оған 808000 теңге жұмсалған. Әрбір шахтада қанша тонна көмір өндірілген?

Шешуі. x , y , z әрбір бөлімшені алғандағы өнім мөлшері болсын. Теңестіру теңдеу түрі төмендегідей:

$$\begin{cases} x + \frac{1}{2}y + \frac{1}{5}z = 6000 \\ \frac{1}{2}y + \frac{4}{5}z = 2000 \\ 9x + 11y + 13z = 808000 \end{cases}$$

Алынған жүйені Гаусс әдісімен шешеміз. Кеңейтілген матрица мынадай түр қабылдайды:

$$\left[\begin{array}{cccc} 1 & \frac{1}{2} & \frac{1}{5} & 6000 \\ 0 & \frac{1}{2} & \frac{4}{5} & 2000 \\ 9 & 11 & 13 & 80800 \end{array} \right] \rightarrow \left[\begin{array}{cccc} 1 & \frac{1}{2} & \frac{1}{5} & 6000 \\ 0 & \frac{1}{2} & \frac{4}{5} & 2000 \\ 0 & 6,5 & 11\frac{1}{5} & 26800 \end{array} \right] \rightarrow \left[\begin{array}{cccc} 1 & \frac{1}{2} & \frac{1}{5} & 6000 \\ 0 & 1 & \frac{8}{5} & 4000 \\ 0 & 6,5 & \frac{56}{5} & 26800 \end{array} \right] \rightarrow \left[\begin{array}{cccc} 1 & \frac{1}{2} & \frac{1}{5} & 6000 \\ 0 & 1 & \frac{8}{5} & 4000 \\ 0 & 0 & \frac{4}{5} & 800 \end{array} \right]$$

Осыдан біртіндеп x , y , z табамыз.

$$\frac{4}{5}z = 800 \rightarrow z = \frac{800 \cdot 5}{4} = 1000,$$

$$y + \frac{8}{5}z = 4000 \rightarrow y = 4000 - \frac{8}{5} \cdot 1000 = 2400,$$

$$x + \frac{1}{2}y + \frac{1}{5}z = 6000 \rightarrow x = 6000 - 1200 - 200 = 4600$$

Жауабы: 4600 т, 2400 т, 1000 т.

Математиканың осы бөлімін оқып үйрену үшін көп салалы экономиканың Леонтьев моделін енгізуге болады (баланстық талдау). Өйткені салааралық теңгерім экономист маманы үшін маңызды өнімді түпкілікті тұтыну элементтері (тауар айналымы, өндірістік және өндірістік емес күрделі салымдар, экспорт, импорт және т.б.) бойынша бөлу, ұлттық кіріс туралы деректерді қамтиды.

Қорытынды. Сонымен, экономикалық мазмұнды математикалық есептердің шығарудың практикалық мәні зор. Мұндай есептердің мазмұны тек қана теориялық біліммен қаруландырып қоймай, оларды келешекте өздігінен дұрыс шешім қабылдауға, еңбек өнімділігін арттыратын әдіс-тәсілдерді іздеп табуға баулиды [4, 124б.]. Педагогикалық әдебиеттерді талдау, жұмыс тәжірибесі болашақ экономистерге кәсіби бағдарланған тәсіл негізінде математиканы оқытуды ұйымдастыру қажеттілігін анықтады. Оны жүзеге асыру экономикалық есептерді шешу үшін математикалық әдістерді қолдану мүмкіндіктерін кеңейту арқылы студенттердің экономикалық ойлауы мен кәсіби маңызды қасиеттерін тиімді дамытуға мүмкіндік береді.

Әдебиеттер

1 Әбілқасымова А.Е. Математиканы оқытудың теориясы мен әдістемесі: дидактикалық-әдістемелік негіздері. Оқу құралы.– Алматы, 2014. - 224 б.,

[*Abilkasymova A.E. Matematikany oqytudin teoriyasy men adistemesi: didaktikalik-adistemelik negizderi. Oku kuraly.* – Almaty, 2014. - 224 b]

2 *Даулетқұлова А.Ө., Төлеуханова З.М.* Математикалық анализ бастамаларын оқытудағы қолданбалылықты күшейтуді қамтамасыз ететін есептер жүйесінің әдістемелік ерекшеліктері // Абай атындағы ҚазҰПУ-нің хабаршысы, «Физика-математика ғылымдары» сериясы. – 2018. - №1(61). – Б. 52-56., [*Dauletkylova A.O., Toleukhanova Z.M. Matematikalik analiz bactamalaryn okitudagi koldanbalilikti kyshejtudi kamtamasiz etetin esepтер zhyjecinin adictemelik ereksheликтері // Abai atyndagi KazYPU-nin khabarshisi, «Fizika-matematika gilymdari» seriyasi.* – 2018. - №1(61). – В. 52-56.]

3 *Бекболғанова А.Қ., Омарбаева Б., Избасарова М.А.* Оқушылардың функционалдық математикалық сауаттылығын дамытатын өндірістік мазмұндағы есептер және оның шығару жолдары // Абай атындағы ҚазҰПУ-нің хабаршысы, «Физика-математика ғылымдары» сериясы. – 2017. - №2(58). – Б. 18-23., [*Bekbolganova A.R., Omarbaeva B., Izbasarova M.A. Okushylardin fuktSIONaldik matematikalik sauattylygn damytatin ondiristik mazmyndagi esepтер zhane onin shygaru zholdary // Abai atyndagi KazYPU-din khabarshysi, «Fizika-matematika gilymdary» seriyasi.* – 2017. - №2(58). – В. 18-23.]

4 *Мамаева В.А., Касинов А.* Экономикалық мазмұнды есептерді математикалық модельдеу // Абай атындағы ҚазҰПУ-нің хабаршысы, «Физика-математика ғылымдары» сериясы – 2017. - №3(59). – 121-125б., [*Мамаева В.А., Kasinov A. Ekonomikalik mazmyndi esepтерdi matematikalik model'deu // Abaj atyndagi KazYPU-nin khabarshysi, «Fizika-matematika gylymdary» seriyasi* – 2017. - №3(59). – 121-125б.]

5 *Кангузин Б.Е., Спанова Р., Жолымбаев О.М., Кульджабеков Б.А.* Экономикадағы математика: Оқу құралы. – Алматы: «Эверо» баспаханасы, 2002. -194 б., [*Kanguzhin B.E., Spanova R., Zholymbaev O.M., Kul'dzhabekov B.A. Ekonomikadagi matematika: Oku kyraly.* – Almaty: «Evero» baspakhanasy, 2002. -194 б.]

Жансеитова Ләззат Жексенбековна - Старший преподаватель
e-mail: i.nas@mail.ru.

Исаева Назым - аға оқытушысы, e-mail: i.nas@mail.ru.

БИОЛОГИЯ

MFTAP 34.29.35

Н.Ә. Сапарбаева¹

¹Қазақ ұлттық қыздар педагогикалық университеті, Алматы қ., Қазақстан

ТЕРІСКЕЙ АЛАТАУЫНДАҒЫ ВИТТРОК РАУҒАШЫНЫҢ (RHEUM WITTRÖCKII LUNDSTR.) ТАРАЛУЫ ЖӘНЕ ӨСІМДІКТЕР ҚАУЫМДАСТЫҒЫНЫҢ ЖАС ҚҰРАМЫ

Түйіндеме. Мақалада Теріскей Алатауындағы Виттрок рауғашының (*Rheum wittrockii* Lundstr.) таралуы, фитоценологиялық ерешеліктері, өсу ортасы анықталып, популяциясының жас құрамына зерттеу жұмыстары жүргізілген. Ғылыми зерттеу жұмыстары Теріскей Алатауының 6 шатқалында жүргізілді: Үлкен Қақпақ, Орта Қақпақ, Кіші Қақпақ, Шалғынбай сайы, Алшын сайы, Арыстанбек сайы. Жүргізілген зерттеулер нәтижесінде *Rheum wittrockii* Теріскей Алатауының барлық шатқалдарында кездесетіндігі анықталды. *Rheum wittrockii* Теріскей Алатауының орманды, орманды-далалы аймақтарында, биік тау жоталарында рауғаштың кең таралған, яғни доминант болып табылатын 6 өсімдіктер қауымдастығы анықталды. Анықталған өсімдіктер қауымдастығында *Rheum wittrockii* доминант және содоминант ретінде жиі кездеседі. Әйтсе де, анықталған қауымдастықтар вариациясында кейбір ірі шөптесінді өсімдіктер популяцияның негізгі компоненттері болып табылады. Мысалы: *Phlomis oreophylla*, *Veratrum lobelianum*, *Ligularia macrophylla*, *Rumex tianschanicus*, *Euphorbia alata* және т.б. түрлер.

Түйінді сөздер: ремень Виттрокка, *Rheum wittrockii* Lundstr таралуы, фитоценологиялық сипаттама.

• • •

Аннотация. В статье дана фитоценологическая характеристика, распространения и места произрастания *Rheum wittrockii* Lundstr на территории Терской Алатау. Изучена возрастная структура популяции. Исследование проводилось в 6 ущельях Терской Алатау: Большой Какпак, Орта Какпак, Киши Какпак, ущелье Шалғынбай, ущелье Алшын, ущелье Арыстанбек. Исследования показали, что *Rheum wittrockii* встречается во всех ущельях хребта Терской Алатау. *Rheum wittrockii* в лесной, лесостепной зоне Терской Алатау, на высокогорных хребтах, выделено 6 растительных

сообществ, являющихся доминирующими видами ревеня. *Rheum wittrockii* часто встречается как доминант и содоминант в выявленных растительных сообществах. Однако в вариациях выявленных сообществ некоторые крупные травянистые растения являются основными компонентами популяции. Например: *Phlomis oreophylla*, *Veratrum lobelianum*, *Ligularia macrophylla*, *Rumex tianschanicus*, *Euphorbia alata* и др. виды.

Ключевые слова: ремень Витрокка, распространение *Rheum wittrockii* Lundstr, фитоценотическая характеристика.

• • •

Abstract. The article gives a phytocenotic characteristic, distribution and place of growth of *Rheum wittrockii* Lundstr in Terskey Alatau. The age structure of the population has been studied. The research was carried out in 6 gorges of Terskey Alatau: Bolshoy Kakpak, Orta Kakpak, Kishi Kakpak, Shalgynbai, Alshyn, Arystanbek. Research has shown that *Rheum wittrockii* is found in all gorges of the Terskey Alatau ridge. *Rheum wittrockii* in the forest, forest-steppe zone of Terskey Alatau, on the high mountain ranges, 6 plant communities were identified, which are the dominant species of *Rheum wittrockii*. *Rheum wittrockii* is often found as dominant and codominant in identified plant communities. However, in the variations of the identified communities, some large herbaceous plants are the main components of the population. For example: *Phlomis oreophylla*, *Veratrum lobelianum*, *Ligularia macrophylla*, *Rumex tianschanicus*, *Euphorbia alata* and other species.

Keywords: Vitrocca rhubarb, distribution of *Rheum wittrockii* Lundstr, phytocenotic characteristics.

Кіріспе. Қазіргі таңда ғылыми-техникалық прогрестің қарқынды дамуына байланысты, адамзат өмірін жақсартумен қатар, табиғатқа орны толмас зиянын тигізуде. Осыған байланысты дүниежүзі халықтарының алдына қойылған басты міндеттерінің бірі – қоршаған ортаны табиғи қалпында сақтау болып табылады. Қазіргі таңда табиғатқа өте жоғары қауіп төндіруші антропогендік фактор болғандықтан, биологиялық алуантүрлілікті сақтау ең негізгі және өзекті мәселелердің бірі. Мұның дәлел ретінде 1992 жылы 5 шілдеде Рио-Де-Жанейрода Біріккен Ұлттар Ұйымының конференциясында қабылданған «Биологиялық алуантүрлілік туралы Конвенцияны» айтуға болады. Оның басты мақсаты – биологиялық алуантүрлілікті сақтау әрі адамзат қажеттіліктерін қамтамасыз ету. Аталған Конвенцияға 180 мемлекет қол қойды. Биоалуантүрліліктің сақтаудың қоғам үшін экономикалық, әрі ғылыми маңызы зор [1]. Соңғы кездегі климаттың өзгеруі және табиғаттағы жалпы тепе-теңдіктің бұзылуы салдарынан

өсімдіктер жабыны қауымдастықтары мен құрылымының түбегейлі өзгеруі кейбір жағдайда белгілі бір түрлердің азайып не жойылып кетуіне алып келуде. Биологиялық алуантүрлілікті сақтап қалудың бірнеше себептері бар. Соның бірі: адамның күнделікті қажеттілігін өтеуге пайдаланылатын, Қызыл кітапқа енген дәрілік өсімдіктердің таралуын, популяциясын, қауымдастықтардың түр және жас құрамын анықтау. Олардың қатарына Қазақстанның Қызыл кітабына енген, жоғалу қаупі өте жоғары Виттрок рауғашын (*Rheum wittrockii* Lundstr.) жатқызуға болады [2]. Виттрок рауғашы (*Rheum wittrockii* Lundstr.) Тарандар тұқымдасына жататын (*Polygonaceae* Juss.) көпжылдық шөптесін өсімдік. Биіктігі 50-100 см. Сабағы жылтыр, түзу, аз жапырақты. Гүл шоғыры бірнеше бөліктерден тұрады. Гүлдері ақ немесе қызғылт түсті, ұзындығы 2 мм. Жемісінің ұзындығы 13 мм, ені 15 мм., сопақша, ұсақ торлы және жүрек тәрізді қанатшадан тұрады. Мамыр-маусым айларында гүлдейді [3]. Виттрок рауғашы (*Rheum wittrockii* Lundstr.) таудың орманды, орманды-далалы белдеулерінің ылғалды аймақтарында таралған [4-6]. Ареалы. Орта Азия (Тянь-Шань, Памир-Алай), Батыс Қытай (Жоңғария, Қашқария) [7,8].

Зерттеу мақсаты: Теріскей Алатауындағы Виттрок рауғашының (*Rheum wittrockii* Lundstr.) таралуын, өсу ортасын анықтау және популяциясының жас құрамын зерттеу. Теріскей Алатауы Алматы облысының оңтүстік-шығыс бөлігін алып жатыр. Оның биіктігі Хан Тәңірі шыңынан тез төмендейді (теңіз деңгейінен 4500-4700 м). Теріскей Алатауының солтүстік беткейі негізінен Баянкөл өзенінің солтүстік ағысы бойында орналасқан кристалды гипстерден, құмтастардан және мәрмәр әктастардан тұрады.



1 Сурет – Теріскей Алатауы. Виттрок рауғашының (*Rheum wittrockii* Lundstr.) анықталған популяциялары

Климаты. Жылдық орташа температурасы төмен, 2,5°C -тан аспайды. Суық қыс. Ең суық айдың орташа температурасы (қаңтар) 15°C, сонымен қатар (шілде) + 14°C-тан аспайды. Алғашқы аяз қыркүйектің басында байқалады. Аязсыз кезең 107 күнге созылады. Қар желтоқсан айының басында тұрақты жамылғыға түсіп, наурыз айының ортасында ериді. Атмосфералық жауын-шашынның жылдық мөлшері шамамен шөлді дала аймағындағы мөлшермен бірдей және 336-433 мм аралығында болады. Қардың тұрақты жамылғысы желтоқсанның басында түсіп, наурыз айының ортасында ериді. Жаз айларында оңтүстік батыстың, қыста солтүстіктің желдері басым болады. Сонымен, таулы алқаптардың климаты суық, құрғақ, өсімдік жамылғысы қысқа және аязсыз. Осыған сәйкес мұндағы топырақтар қара топырақ аңғарларының жоғарғы бөліктерінен өтіп, каштан сипатына ие [8].

Зерттеу әдістері: жалпы қабылданған ресурстық, геоботаникалық және флористикалық әдіс-тәсілдер [9-11].

Зерттеу нәтижелері. Ғылыми зерттеу жұмыстары Теріскей Алатауының 6 шатқалында жүргізілді: Үлкен Қақпақ, Орта Қақпақ, Кіші Қақпақ, Шалғынбай сайы, Алшын сайы, Арыстанбек сайы. Жүргізілген зерттеулер нәтижесінде Виттрок рауғашы (*Rheum wittrockii* Lundstr.) Теріскей Алатауының барлық шатқалдарында кездесетіні анықталды. Зерттеулер нәтижесінде Теріскей Алатауының орманды, орманды-далалы аймақтарында, биік тау жоталарында рауғаштың кең таралған, яғни доминант болып табылатын 6 өсімдіктер қауымдастығы анықталды. Анықталған өсімдіктер қауымдастығында *Rheum wittrockii* Lundstr. доминант және содоминант ретінде жиі кездеседі. Әйтсе де,



2 Сурет – Виттрок рауғашы, гүлдеу кезеңі

анықталған қауымдастықтар вариациясында кейбір ірі шөптесінді өсімдіктер популяцияның негізгі компоненттері болып табылады. Мысалы: *Phlomis oreophylla* Kar. et Kir., *Veratrum lobelianum* Bernh., *Ligularia macrophylla* (Ledeb.) DC., *Rumex tianschanicus* A. Losink., *Euphorbia alata* Boiss. және т.б. түрлер.

Төменде зерттеу ауданындағы Виттрок рауғашы (*Rheum wittrockii* Lundstr.) доминант және содоминант ретінде кездесетін кең таралған өсімдіктер қауымдастығы қарастырылған.

1. Теріскей Алатауы, Орта Қақпақ шатқалы, Қақпақ елді-мекенінен 9 км. оңтүстік-батыста. Бұталы-әртүрлі шөптесін өсімдікті-рауғашты өсімдіктер қауымдастығы (*Ass. Rheum wittrockii-Ligularia macrophylla, Veratrum lobelianum-Rosa laxa, Juniperus sabina*). Бұл ассоциациядағы ценопопуляцияның жас құрамы төмендегідей көрсеткішті құрайды: ювенильді - 8%, виргильді - 15%, генеративті - 72%, сенильді - 5% (1 сурет). Қауымдастықтың флоралық түр құрамы 1-кестеде көрсетілген.

1 Кесте – Бұталы-әртүрлі шөптесін өсімдікті-рауғашты өсімдіктер қауымдастығының флоралық түр құрамы

№ р/с	Түрлердің атауы	Өсімдіктер жамылғысы, %	Фенофазасы
1	<i>Rumex tianschanicus</i> A. Losink.	13	Жемістену
2	<i>Rumex confertus</i> Willd.	10	Гүлдеу
3	<i>Heracleum dissectum</i> Ledeb.	5	Гүлдеу
4	<i>Ligularia macrophylla</i> (Ledeb) DC.	5	Гүлдеу
5	<i>Dactylis glomerata</i> L.	10	Жемістену
6	<i>Elytrigia repens</i> (L) Nevsk.i	10	Жемістену
7	<i>Thalictrum simplex</i> L.	3	Гүлдеу
8	<i>Urtica dioica</i> L.	2	Гүлдеу
9	<i>Geranium collinum</i> Steph.	1	Гүлдеу
10	<i>Origanum vulgare</i> L.	3	Гүлдеу
11	<i>Aconitum leucostomum</i> Worosch.	5	Гүлдеу
12	<i>Nepeta pannonica</i> L.	4	Гүлдеу
13	<i>Lamium album</i> L.	2	Гүлдеу

2. Теріскей Алатауы, Үлкен Қақпақ шатқалы, Қақпақ елді-мекенінен 12 км. оңтүстік-батыста. Бұталы-әртүрлі шөптесін өсімдікті-аршалы-рауғашты өсімдіктер қауымдастығы (*Ass. Rheum wittrockii-Ligularia macrophylla-Phlomis oreophylla-Lonicera karelinii, L. hispida, Rosa laxa, Spiraea lasiocarpa*). Аталмыш ассоциациядағы ценопопуляцияның жас құрамы: ювенильді - 12%, виргильді - 15%, генеративті - 73%, сенильді жастағы өсімдік түрлері кездеспейді (2 сурет). Қауымдастықтың флоралық түр құрамы 2 кестеде көрсетілген.

2 Кесте – Бұталы-әртүрлі шөптесін өсімдікті-аршалы-рауғашты өсімдіктер қауымдастығының флоралық түр құрамы

№ р/с	Түрлердің атауы	Өсімдіктер жамылғысы, %	Фенофазасы
1	<i>Heracleum dissectum</i> Ledeb.	5	Гүлдеу
2	<i>Thalictrum collinum</i> Wall.	10	Гүлдеу

3	<i>Ligularia macrophylla</i> (Ledeb.) DC.	10	Гүлдеу
4	<i>Rosa laxa</i> Retz.	3	Гүлдеу
5	<i>Berberis sphaerocarpa</i> Kar. et Kir.	4	Гүлдеу
6	<i>Rumex tianschanicus</i> A. Losink.	15	Жемістену
7	<i>Rumex confertus</i> Willd.	5	Жемістену
8	<i>Dactylis glomerata</i> L.	10	Жемістену
9	<i>Elytrigia repens</i> (L) Nevski	10	Жемістену
10	<i>Heraclenm dissectum</i> Ledeb.	3	Гүлдеу
11	<i>Urtica dioica</i> L.	4	Гүлшанақтану
12	<i>Urtica urens</i> L.	1	Гүлшанақтану
13	<i>Aconitum leucostomum</i> Worosch.	2	Гүлдеу
14	<i>Arctium tomentosum</i> Mill	5	Гүлдеу
15	<i>Lappula</i> sp.	5	Жемістену
16	<i>Descurainia sophia</i> (L) Webb. ex Prantl.	1	Тыныштық күй
17	<i>Artemisia</i> sp.	1	Гүлшанақтану
18	<i>Silaus besseri</i> DC.	2	Гүлдеу
19	<i>Lamint album</i> L.	1	Гүлдеу

3. Теріскей Алатауы, Кіші Қақпақ шатқалы, Қақпақ елді-мекенінен 8 км. оңтүстік-батыста. Әртүрлі шөптесін өсімдікті-рауғашты-бұталы өсімдіктер қауымдастығы (*Ass. Ligularia macrophylla-Veratrum lobelianum, Rumex tianschanicus, Thalictrum collinum-Rheum wittrockii-Rosa alberti, Spiraea hypericifolia, Berberis sphaerocarpa*). Анықталған ассоциацияның әрбір ценопопуляциясының жас құрамы төмендегідей көрсеткішті құрайды: ювенильді - 2-12%, виргильді - 7-13%, генеративті - 50-74%, сенильді - 7-20%. Қауымдастықтың флоралық түр құрамы 3 кестеде көрсетілген.

3 Кесте – Әртүрлі шөптесін өсімдікті-рауғашты-бұталы өсімдіктер қауымдастығының флоралық түр құрамы

№ р/с	Түрлердің атауы	Өсімдіктер жамылғысы, %	Фенофазасы
1	<i>Ligularia macrophylla</i> (Ledeb.) DC.	12	Гүлдеу
2	<i>Phlomis oreophylla</i> L.	5	Жемістену
3	<i>Codonopsis clematidae</i> (Schrenk) Clarke.	10	Гүлдеу

4	<i>Aconitum leucostomum</i> Worosch.	10	Гүлшанақтану
5	<i>Rumex tianschanicus</i> A. Losink.	15	Жемістену
6	<i>Rumex confertus</i> Willd.	5	Жемістену
7	<i>Dactylis glomerata</i> L.	10	Жемістену
8	<i>Elytrigia repens</i> (L) Nevski.	10	Жемістену
9	<i>Heracleum dissectum</i> Ledeb.	3	Гүлдеу
10	<i>Urtica dioica</i> L.	4	Гүлшанақтану
11	<i>Urtica urens</i> L.	1	Гүлшанақтану
12	<i>Aconitum leucostomum</i> Worosch.	2	Гүлдеу
13	<i>Arctium tomentosum</i> Mill.	5	Гүлдеу
14	<i>Lappula</i> sp.	5	Жемістену
15	<i>Descurainia sophia</i> (L) Webb. ex Prantl.	1	Тыныштық күй
16	<i>Artemisia</i> sp.	1	Гүлшанақтану
17	<i>Silaus besseri</i> DC.	2	Гүлдеу
18	<i>Lamium album</i> L.	1	Гүлдеу

4. Теріскей Алатауы, Шалғынбайсайы, Қакпақелді-мекенінен 18 км. оңтүстік-батыста. Бұталы-әртүрлі шөптесін өсімдікті-рауғашты-шыршалы-аршалы өсімдіктер қауымдастығы (*Ass. Juniperus sabina-Picea schrenkiana-Rheum wittrockii-Ligularia macrophylla, Thalictrum collinum-Spiraea hypericifolia, Lonicera karelinii, L. altmanii*). Аталмыш ассоциациядағы ценопопуляцияның жас құрамы: ювенильді - 3%, виргильді - 11%, генеративті - 72%, субсенильді - 6% және сенильді - 6%. Қауымдастықтың флоралық түр құрамы 4 кестеде көрсетілген.

4 Кесте – Бұталы-әртүрлі шөптесін өсімдікті-рауғашты-шыршалы-аршалы өсімдіктер қауымдастығының флоралық түр құрамы

№ р/с	Түрлердің атауы	Өсімдіктер жамылғысы, %	Фенофазасы
1	<i>Rumex tianschanicus</i> A. Losink.	11	Жемістену
2	<i>Rumex confertus</i> Willd.	10	Гүлдеу
3	<i>Heracleum dissectum</i> Ledeb.	5	Гүлдеу
4	<i>Ligularia macrophylla</i> (Ledeb) DC.	5	Гүлдеу
5	<i>Dactylis glomerata</i> L.	10	Жемістену
6	<i>Elytrigia repens</i> (L) Nevski.	10	Жемістену
7	<i>Thalictrum simplex</i> L.	3	Гүлдеу
8	<i>Urtica dioica</i> L.	2	Гүлдеу
9	<i>Geranium collinum</i> Steph.	1	Гүлдеу
10	<i>Origanum vulgare</i> L.	3	Гүлдеу

11	<i>Aconitum leucostomum</i> Worosch.	5	Гүлдеу
12	<i>Nepeta pannonica</i> L.	4	Гүлдеу
13	<i>Lamium album</i> L.	2	Гүлдеу

5. Теріскей Алатауы, Алшын сайы, Қақпақ елді-мекенінен 21 км. оңтүстік-батыста. Әртүрлі шөптесін өсімдікті-бұталы-рауғашты өсімдіктер қауымдастығы (*Ass. Rheum wittrockii-Rosa alberti, Juniperus pseudosabina-Ligularia macrophylla, Rumex tianschanicus*). Бұл ассоциациядағы ценопопуляцияның жас құрамы: ювенильді - 2%, виргильді - 12%, генеративті - 82%, субсенильді - 2% және сенильді - 1%. Қауымдастықтың флоралық түр құрамы 5 кестеде көрсетілген.

5 Кесте – Әртүрлі шөптесін өсімдікті- бұталы - рауғашты өсімдіктер 6 қауымдастығының флоралық түр құрамы

№ р/с	Түрлердің атауы	Өсімдіктер жамылғысы, %	Фенофазасы
1	<i>Ligularia macrophylla</i> (Ledeb.) DC.	3	Гүлдеу
2	<i>Rosa laxa</i> Retz.	4	Гүлдеу
3	<i>Berberis sphaerocarpa</i> Kar. et Kir.	1	Гүлдеу
4	<i>Thalictrum collinum</i> Wall.	2	Гүлдеу
5	<i>Ligularia macrophylla</i> (Ledeb.) DC.	13	Жемістену
6	<i>Rosa laxa</i> Retz.	5	Жемістену
7	<i>Heraclenm dissectum</i> Ledeb.	3	Гүлдеу
8	<i>Urtica dioica</i> L.	4	Гүлшанақтану
9	<i>Urtica urens</i> L.	1	Гүлшанақтану
10	<i>Aconitum leucostomum</i> Worosch.	2	Гүлдеу
11	<i>Arctium tomentosum</i> Mill.	5	Гүлдеу
12	<i>Lappula</i> sp.	5	Жемістену

6. Теріскей Алатауы, Арыстанбек сайы, Қақпақ елді-мекенінен 28 км., оңтүстік-батыста. Бұталы-ағашты әртүрлі шөптесін өсімдікті-рауғашты өсімдіктер қауымдастығы. Теріскей Алатауының Үлкен Қақпақ шатқалында Виттрок рауғашының (*Rheum wittrockii* Lundstr.) ең ірі қауымдастығы анықталды. Бұл шатқалда кең ауқымды территорияны алып жатқан қауымдастықтары кездеседі. Аталмыш популяцияның жас құрамы: ювенильді - 5%, виргильді - 6%, генеративті - 85%, субсенильді - 4% және сенильді - 0%. Қауымдастықтың флоралық түр құрамы 6 кестеде көрсетілген.

6 Кесте – Бұталы–ағашты-әртүрлі шөптесін өсімдікті-рауғашты өсімдіктер қауымдастығының флоралық түр құрамы

№р /с	Түрлердің атауы	Өсімдіктер жамылғысы, %	Фенофазасы
1	<i>Thalictrum collinum</i> Wall.	10	Гүлдеу
2	<i>Ligularia macrophylla</i> (Ledeb.) DC.	3	Гүлдеу
3	<i>Rosa laxa</i> Retz.	4	Гүлдеу
4	<i>Berberis sphaerocarpa</i> Kar. et Kir.	1	Гүлдеу
5	<i>Thalictrum collinum</i> Wall.	2	Гүлдеу
6	<i>Ligularia macrophylla</i> (Ledeb.) DC.	15	Жемістену
7	<i>Rosa laxa</i> Retz.	5	Жемістену
8	<i>Berberis sphaerocarpa</i> Kar. et Kir.	10	Жемістену
9	<i>Elytrigia repens</i> (L) Nevski.	10	Жемістену
10	<i>Heracleum dissectum</i> Ledeb.	3	Гүлдеу
11	<i>Urtica dioica</i> L.	4	Гүлшанақтану
12	<i>Urtica urens</i> L.	1	Гүлшанақтану
13	<i>Aconitum leucostomum</i> Worosch.	2	Гүлдеу
14	<i>Arctium tomentosum</i> Mill.	5	Гүлдеу
15	<i>Lappula</i> sp.	5	Жемістену



3 Сурет – Виттрок рауғашы (*Rheum wittrockii* Lundstr.) популяциясының салыстырмалы диаграммасы

Ең кең таралған аймағының бірі қылқан жапырақты орман ормандардың төменгі бөлігі, яғни 2500-ден 2800 м-ге дейінгі биіктікте, мұнда оның жамылғысы айтарлықтай жерді алып жатыр. Бірақ тығыздығы орташа. Қол жетімсіз территорияда орналасқандықтан, жинауға тиімсіз. Виттрок рауғашының екінші өсу ортасы – орман алқабы мен өзендер жайылмасы, яғни 2500-ден 2300 м биіктік. Бұл аймақта биік бұталар мен шөптесін өсімдіктер кең таралған. Виттрок рауғашының үшінші өсу ортасы 2300 - 2000 м биіктік. Таудың оңтүстік және солтүстік беткейлерінде ағашты-бұталы-шөптесінді өсімдіктер жамылғысында кең таралған.

Зерттеулер нәтижелерін талдау. Зерттеулер нәтижелерін талдау барысында, Виттрок рауғашы (*Rheum wittrockii* Lundstr.) популяциясының Теріскей Алатауындағы массивтерінде төмендегідей қорытынды жасауға болады: Виттрок рауғашы (*Rheum wittrockii* Lundstr.) популяциясының тіршілік стратегиясы өте жоғары және қарқынды дамуда; Популяция түзетін және фитоценоз құрайтын өсімдік түрлерінің толыққанды дамуы; Виттрок рауғашы (*Rheum wittrockii* Lundstr.) ценопопуляциясы параметрлерінің жоғары деңгейде болуы: популяцияның үлкен аумақта орналасуы, санының көп болуы, фитомассасының жоғары болуы. Анықталған ассоциациялардың барлығында генеративті особьтерінің көп болуы (50-дан 74%-ға дейін).

Қорытынды. Жүргізілген зерттеулер нәтижесінде Виттрок рауғашы (*Rheum wittrockii* Lundstr.) Теріскей Алатауының жоғарыда қарастырылған шатқалдардағы қауымдастықтарының барлығының бәсекелестікке қабілеттілігі жоғары, ценоздағы түрлердің жас құрамында генеративті өркендерінің көп болуы және толыққанды дамуы, сондай-ақ, өте жоғары тіршілік стратегиялық көрсеткіштерімен ерекшеленеді. Виттрок рауғашы (*Rheum wittrockii* Lundstr.) тұқымымымен де вегетативті өркендерімен де көбейетіндіктен, оның популяциясы үлкен аумақты алып жатқан ценотиптерді құрайды.

Әдебиеттер

1 Конвенция о биологическом разнообразии: Конвенции и соглашения. – Декларации, конвенции, соглашения и другие правовые материалы. [ЭР] – Режим доступа. – URL: http://www.un.org/ru/documents/decl_conv/conventions/biodiv.shtml (11.06.2016), [Konvetsiya o biologicheskom raznoobrazii: Konvetsii i soglasheniya. – Deklaratsii, konvetsii, soglasheniya i drugie pravovye materialy. [EHR] – Rezhim dostupa. – URL: http://www.un.org/ru/documents/decl_conv/conventions/biodiv.shtml (11.06.2016),]

2 Красная книга Казахской ССР. Редкие и находящиеся под угрозой ис-

чезновения виды животных и растений. Часть 2. Растения. – Алма-Ата, 1981. – 260 с., [Krasnaya kniga Kazakhskoj SSR. Redkie i nakhodyashiesya pod ugrozoy ischeznoveniya vidy zhivotnykh i rastenij. CHast' 2. Rasteniya. – Alma-Ata, 1981. – 260 s.]

3 Флора Казахстана. в 9-х т. - Алма-Ата, 1966. Т. 3. - С. 276., [Flora Kazakhstana. v 9-kh t. - Alma-Ata, 1966. Т. 3. - S. 276]

4 Иллюстрированный определитель растений Казахстана. - Алма-Ата, в 2-х т. 1972. Т. 2. - 281 с., [Illyustrirovannyj opredelitel' rastenij Kazakhstana. - Alma-Ata, v 2-kh t. 1972. Т. 2. - 281 s.,]

5 Атлас ареалов и ресурсов лекарственных растений Казахстана.-Алматы, 1994. - 48-49 с., [Atlas arealov i resursov lekarstvennykh rastenij Kazakhstana.-Almaty, 1994. - 48-49 s.]

6 *Байтенов М. С.* Высокогорная флора Северного Тянь-Шаня. – Алма-Ата, 1985.–232 с., [Bajtenov M. S. Vysokogornaya flora Severnogo Tyan'-SHanya. – Alma-Ata, 1985.–232 s.]

7 *Ролдугин И.И.* Еловые леса Северного Тянь-Шаня (флора, классификация и динамика). – Алма-Ата. 1989. – 104 с., [Roldugin I.I. Elovye lesa Severnogo Tyan'-SHanya (flora, klassifikatsiya i dinamika). – Alma-Ata. 1989. – 104 s.,]

8 *Джаналиева К.М., Будникова Т.И., Виселов И.Н., Давлеткалиева К.К., Давлятшин И.И., Жапбасбаев М.Ж., Науменко А.А., Уваров В.Н.* Физическая география Республики Казахстан. – Алматы, 1998. - 266 с. [Dzhanalievа K.M., Budnikova T.I., Viselov I.N., Davletkalievа K.K., Davlyatshin I.I., ZHapbasbaev M.ZH., Naumenko A.A., Uvarov V.N. Fizicheskaya geografiya Respubliki Kazakhstan. – Almaty, 1998. - 266 s.]

9 *Кукенов М.К.* Ботаническое ресурсоведение Казахстана. Алматы, 1999. - 176 с., [Kukenov M.K. Botanicheskoe resursovedenie Kazakhstana. Almaty, 1999. - 176 s].

10 *Корчагин А.А.* Видовой (флористический) состав растительных сообществ и методы его изучения//Полевая геоботаника. - Т.3. М.-Л., 1964. С.39-60., [Korchagin A.A. Vidovoj (floristicheskij) sostav rastitel'nykh soobshhestv i metody ego izucheniya//Polevaya geobotanika. - Т.3. М.-Л., 1964. S.39-60.]

11 *Понятовская В.М.* Учет обилия и особенности размещения видов в естественных растительных сообществах // Полевая геоботаника. - М.-Л., 1964. Т. 3. - С. 209-237., [Ponyatovskaya V.M. Uchet obiliya i osobennosti razmeshheniya vidov v estestvennykh rastitel'nykh soobshhestvakh // Polevaya geobotanika. - М.-Л., 1964. Т. 3. - S. 209-237.]

Сапарбаева Нурзипа Абубакировна. и. о. асс. профессор, кандидат биологических наук.
e-mail: nurzipa2576@mail.ru

К.Р. Утеулин¹, Е.А. Бекешев³, А.К. Даурова¹, О.А. Федорина³,
А.Б. Атыгаев², Д.Т. Казкеев⁴

¹Институт биологии и биотехнологии растений, г. Алматы, Казахстан

²Национальный университет им. аль-Фараби, г. Алматы, Казахстан

³Научно-исследовательский центр «Фарыш-Экология», г. Алматы, Казахстан

⁴Казахский национальный аграрный исследовательский университет,
г. Алматы, Казахстан

УВЕЛИЧЕНИЕ КОЛИЧЕСТВА УСТЬИЦ НА ЛИСТОВОЙ ПЛАСТИНЕ ДИКОРАСТУЩИХ ВИДОВ РАСТЕНИЙ *STIPA SAREPTANA* A. BECK И *ARTEMISIA TERRA – ALBAE* KRASCH – ПОКАЗАТЕЛЬ ЗАГРЯЗНЕНИЯ СРЕДЫ НЕСИММЕТРИЧНЫМ ДИМЕЛГИДРАЗИНОМ

Аннотация. Несимметричный диметилгидразин (НДМГ) – широко используемое ракетное топливо является загрязнителем окружающей среды, эффективно аккумулируется растениями. Целью исследования является – изучение количества и состояния устьиц листовой пластины дикорастущих видов растений злака *Stipa sareptana* A. Beck и полыни *Artemisia terrae-albae* в условиях загрязнения почвы НДМГ и производным его окисления N-нитрозодиметиламина (НДМА). Установлено, что летучие токсичные соединения НДМГ, НДМА индуцируют увеличение количества устьиц на листовых пластинах дикорастущих видов растений: *Artemisia terrae-albae* и *Stipa sareptana* A. Beck, что поддерживает активную аккумуляцию листьями летучих экотоксикантов. Областью применения результаты исследований – физиология растений, загрязнение окружающей среды.

Ключевые слова: НДМГ, НДМА, устьица листьев, *Artemisia terrae-albae*, *Stipa sareptana* A. Beck, загрязнение почвы, загрязнение диметилгидразином.

Источник финансирования исследований. Республиканская бюджетная программа 008 «Прикладные научные исследования в области космической деятельности и информационной безопасности». Научно-технический проект «Исследование природы загрязнения растений несимметричным диметилгидразином и токсичными продуктами его трансформации». Исследование выполнено в 2018-2020 гг. Республиканским государственным предприятием «Научно-исследовательский центр «Фарыш-Экология» Аэрокосмический Комитет Министерства цифрового развития, инноваций и аэрокосмической промышленности РК в сотрудничестве с Республиканским государственным предприятием «Институт биологии и биотехнологии растений». Комитет науки. Министерство образования и науки Республики Казахстан.

• • •

Түйіндеме. Симметриялық емес диметилгидразин (СЕДМГ) – кеңінен қолданылатын зымыран отыны қоршаған ортаны ластағыш болып табылады, өсімдіктермен тиімді жинақталады. Осы зерттеудің мақсаты – *Stipa sareptana* A. Beck және *Artemisia terrae-albae* топтықтарының жапырақ пластиналарының стоматаларының саны мен жай-күйін зерттеу. СЕДМГ ластануы және оның тотығу туындысы N-нитрозодиметиламин (НДМА) жағдайында. СЕДМГ ұшпа улы қосылыстары, НДМА жабайы өсімдік түрлерінің жапырақ тақталарында стоматалар санының көбеюіне себеп болатыны анықталды: *Artemisia terrae-albae* және *Stipa sareptana* A. Beck, ол ұшпа экотоксиканттардың жапырақтарымен белсенді өмір сүруді қолдайды. Зерттеу нәтижелерінің қолданылу аясы өсімдіктер физиологиясы, қоршаған ортаның ластануы болып табылады.

Түйінді сөздер: СЕДМГ, НДМА, жапырақ стоматасы, *Artemisia terrae-albae*, *Stipa sareptana* A. Beck, топырақтың ластануы, диметилгидразинмен ластану.

• • •

Abstract. Unsymmetrical dimethylhydrazine (UDMH), a widely used rocket propellant, is an environmental pollutant, which is efficiently accumulated by plants. Objective of this research is to study number and condition of lamina stomas of wild-growing species cereal *Stipasareptana* A. Beck and sagebrush *Artemisiaterrae-albae* in conditions of soil pollution with UDMH and its oxidation derivative N-nitrosodimethylamine (NDMA). It has been established that volatile toxic UDMH and NDMA compounds induce increase in number of lamina stomas of wild-growing species: *Artemisiaterrae-albae* and *Stipasareptana* A. Beck, which maintains active accumulation by leaves of volatile ecotoxicants. Application field of the research deliverables is plant physiology and environment pollution.

Keywords: UDMH, NDMA, leaf stomata, *Artemisia terrae-albae*, *Stipa sareptana* A. Beck, soil contamination, dimethylhydrazine contamination.

Введение. Несимметричный диметилгидразин (НДМГ) – эффективное и широко используемое ракетное топливо является загрязнителем окружающей среды, эффективно аккумулируется растениями, которые в свою очередь включены в пищевую цепь человека. Исследования влияния НДМГ на дикорастущие виды растений актуальны, поскольку растения накапливают это токсичное, первого класса опасности соединение для человека. Растения служат «хранилищем» данного супертоксиканта и при их отмирании происходит вторичное загрязнение окружающей среды [1]. Необходимы научные исследования

по изучению механизмов адаптации дикорастущих видов растений в условиях негативного антропогенного воздействия на среду проливов ракетного топлива – НДМГ. В связи с известным аэрогенным поступлением НДМГ и производного его окисления N-нитрозодиметиламина (НДМА) в надземную часть в растений [1], особый интерес вызывают исследования устьиц листьев. Наличие непрерывного слоя кутикулы лишило бы растения возможности какого-либо газообмена со средой, что неизбежно привело бы его к гибели. Поэтому в процессе эволюции возникли специфические структуры – устьица. Через них и осуществляется сообщение с внешней средой. Там, где нет кутикулы, например, у подводных растений, нет и устьиц. Чем толще кутикула, тем многочисленнее устьица. Через устьица проходит чрезвычайно интенсивная диффузия водяного пара, кислорода и углекислого газа. Устьице (лат. *stoma*, от греч. στόμα – «рот, уста») в ботанике – высокоспециализированное образование эпидермиса растений, состоящее из двух замыкающих клеток и устьичной щели (называемой апертурой) между ними, через которую осуществляется газообмен и транспирация.

К замыкающим примыкают побочные (околоустьичные) клетки. Под устьищем расположена воздушная полость, служащая для газообмена. Воздух проникает в растение сквозь поры, чтобы в дальнейшем вступить в процесс фотосинтеза и дыхания. Устьица способны автоматически закрываться или открываться, что обусловлено тургорными явлениями. Когда воды мало, замыкающие клетки плотно прилегают друг к другу и устьичная щель закрыта. Когда воды в замыкающих клетках много, то она давит на стенки и более тонкие стенки растягиваются сильнее, а более толстые втягиваются внутрь, между замыкающими клетками появляется щель. Замыкающие клетки устьиц в отличие от остальных клеток эпидермиса содержат хлоропласты, в которых на свету происходит фотосинтез и образуется сахар. Накопление сахара как осмотически деятельного вещества вызывает изменение тургорного давления замыкающих клеток по сравнению с другими клетками эпидермиса. Количество устьиц и их локализация в значительной мере зависит от экологических условий [2,3]. **Цель исследования** – изучение количества и состояния устьиц листовой пластины дикорастущих видов растений злака *Stipa sareptana* A. Beck и полыни *Artemisia terrae-albae* в условиях загрязнения почвы НДМГ.

Объекты исследований. Дикорастущие виды растений: Полынь белоземельная (*Artemisia terrae-albae*) и злак Ковыль сарептского (*Stipa sareptana* A. Beck).

Методы исследования. Исследования проводились в замкнутых, прозрачных емкостях, размером 70 (ширина), 70 (длина), 60 см (высота), изготовленные НИЦ «Фарыш-Экология». В каждый контейнер помещали по два ящика. Один ящик (с дикорастущим растением) и второй ящик с почвой без растений, загрязненной НДМГ. Используются образцы почвы трассы падения ступеней ракет Казахстана. Супесчаная серо-бурая почва характеризуется низким содержанием гумуса (0,42 %) и низкой емкостью поглощения (11,70 мг/экв. на 100 г). Растения злака - ковыль сарептский (*Stipa sareptana* A. Beck) и полыни- полынь бело-земельная (*Artemisia terrae-albae* Krasch) выращивали в течение 13 мес. в замкнутых емкостях на опытных образцах почвы, загрязненных НДМГ в дозе 10 мг/кг и на незагрязненных, контрольных образцах.

Цель работы – исследовать влияние загрязненной НДМГ образцов почвы на некоторые анатомические показатели устьичного аппарата листьев полыни и злака. Изучение анатомо-физиологических показателей проводилось путем подсчета количества устьиц на 1мм² с помощью микроскопа. Для анализа использовали средневозрастные растения. Листья брали из нижней части кроны по 10 листьев с каждого растения на каждом участке. Листья брали примерно одного, среднего для данного вида, размера. Подсчет устьиц проводился в лабораторных условиях. На испаряющей поверхности листа подготовленных к опыту листовых пластинок скальпелем под прямым углом к центральной жилке делались поверхностные надрезы через 2-3 мм и срезался тонкий слой эпидермиса. Эпидермис листовой пластинки помещали в каплю воды на предметное стекло, накрывали покровным стеклом и рассматривали под световым микроскопом при малом увеличении, а потом микроскоп переводили на большее увеличение с объективом x40, окуляром x16. При этом микровинтом слегка меняли фокусировку, чтобы обнаружить все устьица на рассматриваемом участке. Определяли среднее число устьиц в поле зрения микроскопа, исследовав несколько (3-4) полей зрения в разных участках препарата. Подсчитывали количество устьиц в световом пятне в трех местах на каждом листе: на мысленно очерченной прямой от центральной жилки к краю листа выбиралось два места, а третье на верхушке листа [4]. Математическая обработка полученных данных проводилось с помощью пакета Microsoft Office-Microsoft Excel. Для интерпретации полученных результатов использовали корреляционный анализ [5].

Результаты и обсуждение. Растения злака - ковыль сарептский

(*Stipa sareptana* A. Beck) и полыни- полынь белоземельная (*Artemisia terrae-albae* Krasch) выращивали в течение 13 мес. в замкнутых емкостях на опытных образцах почвы, загрязненных НДМГ в дозе 10 мг/кг и на незагрязненных, контрольных образцах почвы. Установлено, увеличение количества устьиц на листовых пластинах растений полыни и злака, выращенных на образцах почвы загрязненных НДМГ, в сравнении с контрольными (таблица 1).

Таблица 1 – Количество устьиц на 1 мм² на листовой пластине *Stipa sareptana* A. Beck и *Artemisia terrae-albae* Krasch

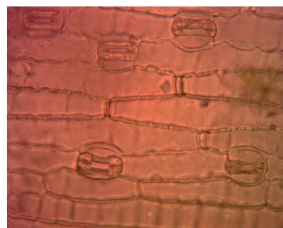
Наименование культуры	Образцы листьев растений	Верхняя сторона листа	Нижняя сторона
Злак: <i>Stipa sareptana</i> A. Beck	Контрольные образцы	34±3	24±3
	Загрязненные образцы	68±2	48±4
Полынь: <i>Artemisia terrae-albae</i> Krasch	Контрольные образцы	72±2	130±8
	Загрязненные образцы	78±2	151±6

Различия статистически достоверны ($p < 0,05$)

В ходе проведения цитологического анализа было выявлено, что у злака *Stipa sareptana* A. Beck разница в размере устьиц незначительна (рисунок 1). Размеры устьичного аппарата от 19-20 мкм (0,019-0,02 мм). Тогда как количество устьиц листа растения с загрязненного образца почвы увеличено в два раза относительно контроля (таблица 1). В сравнении со злаком, увеличение числа устьиц листа растения полыни *Artemisia terrae-albae* Krasch с загрязненного образца почвы увеличено незначительно относительно контроля (таблица 1). Для злака характерен парацитный тип устьиц (или гантелевидной форме), а для полыни аномацитный (бабоводиной форме). У полыни устьица открыты (рисунок 2), а у злаков в большей мере закрыты (рисунок 1). Размер устьичного аппарата полыни: 21 мкм. Хлоропласты у полыни расположены в замыкающих клетках устьичного аппарата. А у злаков хлоропласты расположены в пучковидных окончаниях.

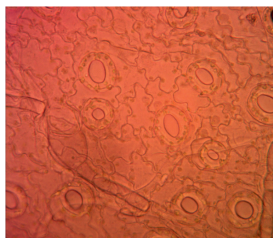
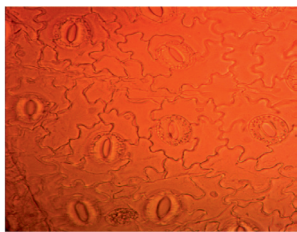


А



Б

Рисунок 1 – Устьица листа злака (*Stipa sareptana* A. Beck.): (А) контроль и (Б) опыт x40



А Б
Рисунок 2 – Устьица листа полыни (*Artemisia terrae-albae* Krasch): (А) контроль и (Б) опыт x40

**Обсужде-
ние резуль-
та-
тов.** Полученные
результаты по-
зволяют заклю-
чить: Увеличе-
ние количества
устьиц листа –
это реакция на
стресс загрязне-
ние воздуха ток-

сичным, летучим соединением НДМГ и производными его окисления (НДМА и другими). НДМГ длительное время, в течение 13-ти месяцев трансформируется из почвы в воздух и затем в листья растений, через щель устьиц. Ранее было показано уменьшение размеров листьев растений на образцах почвы, загрязненных НДМГ листа [6], что свидетельствует на снижение их функций (транспирации и газообмена), на ксерофитизацию листьев. Однако, в настоящей работе показано, увеличение количества устьиц на листовых пластинах растений, выращенных на загрязненных НДМГ образцах почвы (таблица 1) и, следовательно, снижение транспирации и газообмена листа компенсируется увеличением количества устьиц на 1 мм². Таким образом, в условиях загрязнения среды НДМГ, сохраняются функции газообмена и транспирации листовых пластин испытанных растений дикорастущих видов. Увеличение количества устьиц на листовой пластинке, изменение площади и массы листа [6], анатомии листа [7] следует рассматривать, как адаптацию растений к условиям загрязнения среды токсичными НДМГ и производными его трансформации. Увеличение количества устьиц листа – это реакция на стресс загрязнение воздуха токсичным, летучим соединением НДМГ.

Выводы исследований согласуются с данными других авторов в исследовании листьев растений других видов. Так, Беляевой Ю.В. в условиях загрязнений воздуха автострады г. Тольяти показано уменьшение толщины и площади листьев березы *Betula pendula* Roth, что компенсируется увеличением количества устьиц и этим сохраняется функция газообмена и транспирации листовых пластинок. Увеличение количества устьиц на листовой пластинке, изменение площади и массы листа, анатомии листа, следует рассматривать как адаптацию популяции березы к условиям загрязнения среды [4]. По данным Не-

веровой О.А. и Колмогоровой Е.Ю. загрязнения воздуха г. Кемерово, крупного промышленного центра, токсичными веществами (диоксид азота, формальдегид, аммиак, сероуглерод, бензпирен, фенол) вызывает увеличение числа устьиц на 1 мм^2 листа рябины сибирской (*Sorbus sibirica*) и липы мелколистной (*Tilia cordata*) [8]. По данным В.С. Николаевского, ксерофитизация ассимиляционных органов растений вызвана подавлением фазы растяжения клеток из-за недостатка ассимилятов (ингибирование фотосинтеза) и возможного нарушения гормональной регуляции роста. Поэтому листья на загрязненных территориях мелкие, у них мельче клетки тканей и больше устьиц на 1 мм^2 поверхности. Следовательно, изменение числа устьиц может служить надежным показателем при использовании метода фитоиндикации загрязнения атмосферного воздуха в промышленных центрах и городах [9]. Состояние устьиц можно использовать как биоиндикатор эколого-биологического состояния растений. По данным Сергейчик С.А., растения реагируют на такие концентрации вредных веществ, которые у людей и животных не вызывают видимых нарушений, т.е. растения выполняют индикаторную функцию [10].

Заключение. В настоящее время сохраняют актуальность работы в области мониторинга, который включает в себя химические, физические и биологические методы оценки среды, загрязненной ракетным топливом НДМГ. Получены новые данные о механизмах аэрогенного поступления НДМГ и НДМА в растения. Впервые показано, что экотоксиканты НДМГ и НДМА индуцируют увеличение количества устьиц на мм^2 листовой пластины злака: *Stipa sareptana* A. Beck и полыни *Artemisia terrae-albae* Krasch. Увеличение количества устьиц на листовой пластинке следует рассматривать как адаптацию дикорастущих видов растений к условиям загрязнения среды ракетным топливом и производными его окисления. Контроль изменения количества устьиц на листовой пластине является высокочувствительным биоиндикатором загрязнений среды НДМГ и другими летучими токсикантами.

Список литературы

1 Жубатов Ж. Апробация системы критериев экологической устойчивости территории Республики Казахстан к воздействию ракетно-космической деятельности// Ползуновский вестник. - Барнаул, 2008. - № 1-2. - С. 131-135., [Zhubatov ZH. Aprobatsiya sistemy kriteriev ehkologicheskoy ustojchivosti territorii Respubliki Kazakhstan k vozdejstviyu raketno-kosmicheskoy deyatel'nosti// Polzunovskij vestnik. - Barnaul, 2008. - № 1-2. - S. 131-135.]

2 Полевой В.В. Физиология растений. Москва. Высшая школа, 1989.- 464 с., [Polevoj V.V. Fiziologiya rastenij. Moskva. Vysshaya shkola, 1989.- 464 s.]

3 Vijay Paul¹, Laxmi Sharma, Rakesh Pandey¹ and R.C. Meena. Measurements of Stomatal Density and Stomatal Index on Leaf/Plant Surfaces// Manual of ICAR Sponsored Training Programme on “Physiological Techniques to Analyze the Impact of Climate Change on Crop Plants” 16-25 January, 2017, Division of Plant Physiology, IARI, New Delhi. Method • January 2017. P.27-30. DOI: 10.13140/RG.2.2.13426.40646

4 Беляева Ю.В. Результаты исследования количества устьиц листовых пластинок *Betula Pendula* Roth., произрастающей в условиях антропогенного воздействия (на примере г.о. Тольяти)// Известия Самарского научного центра Российской академии наук. 2015.- Т.17.- № 4.- С. 113-116., [Belyaeva YU.V. Rezul'taty issledovaniya kolichestva ust'its listovykh plastinok *Betula Pendula* Roth., proizrastayushhej v usloviyakh antropogennoho vozdejstviya (na primere g.o. Tol'yati)// Izvestiya Samarskogo nauchnogo tsentra Rossijskoj akademii nauk. 2015.- T.17.- № 4. - S. 113-116].

5 Беляева Ю.В. Результаты исследования водоудерживающей способности листовых пластинок *Betula Pendula* Roth., произрастающей в условиях антропогенного воздействия (на примере г.о. Тольяти)// Известия Самарского научного центра Российской академии наук. 2014. -Т.16. -№ 5. -С. 1654-1659., [Belyaeva YU.V. Rezul'taty issledovaniya vodouderzhivayushhej sposobnosti listovykh plastinok *Betula Pendula* Roth., proizrastayushhej v usloviyakh antropogennoho vozdejstviya (na primere g.o. Tol'yati)// Izvestiya Samarskogo nauchnogo tsentra Rossijskoj akademii nauk. 2014. -T.16. -№ 5. -S. 1654-1659]

6 Утеулин К.Р., Бекешев Е.А., Амрин М.К., Курбатова Н.В., Федорина О.А., Степанова Е.Ю., Алдасугурова Ч.Ж., Атыгаев А.Б. Биометрические показатели растений дикорастущих видов *Agropyron fragile* (Roth) Candargy, *Stipa sareptana* A. Beck и *Artemisia terrae-albae* Krasch в условиях загрязнения почвы несимметричным диметилгидразином. //Новости науки Казахстана 2020.- № 4., [Uteulin K.R., Bekeshev E.A., Amrin M.K., Kurbatova N.V., Fedorina O.A., Stepanova E.YU., Aldasugurova CH.ZH., Atygaev A.B. Biometricheskie pokazateli rastenij dikorastushhikh vidov *Agropyron fragile* (Roth) Candargy, *Stipa sareptana* A. Beck i *Artemisia terrae-albae* Krasch v usloviyakh zagryazneniya pochvy nesimmetrichnym dimetilgidrazinom. //Novosti nauki Kazakhstana 2020.- № 4].

7 Агапов О.А., Федорина О.А., Атыгаев А.Б., Утеулин К.Р., Жексенбай А., Казкеев Д., Алдасугурова Ч.Ж., Курбатова Н.В. Влияние несимметричного диметилгидразина на всхожесть семян, рост и анатомические параметры проростков дикорастущих видов растений.// Новости науки Казахстана. 2019- № 1 (139).- С.210-222., [Agapov O.A., Fedorina O.A., Atygaev A.B., Uteulin K.R., ZHeksenbaj A., Kazkeev D., Aldasugurova CH.ZH., Kurbatova N.V.. Vliyanie nesimmetrichnogo dimetilgidrazina na vskhozhest' semyan, rost i anatomicheskie parametry prorostkov dikorastushhikh vidov rastenij.// Novosti nauki Kazakhstana. 2019-№ 1 (139).- S.210-222]

8 Неворова О.А., Колмогорова Е. Ю. Ксерофитизация листьев древесных растений как показатель загрязнения атмосферного воздуха (на примере г. Кемерово) ISSN 0536 – 1036. ИВУЗ// «Лесной журнал». 2002. -№ 3.- С. 29-33., [Neverova O.A., Kolmogorova E. YU. Kserofitizatsiya list'ev drevesnykh rastenij kak pokazatel' zagryazneniya atmosfernogo vozdukha (na primere g. Kemerovo) ISSN 0536 – 1036. IVUZ// «Lesnoj zhurnal». 2002. -№ 3.- S. 29-33]

9 Николаевский В.С. Экологическая оценка загрязнения окружающей среды и состояния наземных экосистем методами фитоиндикации. – М.: МГУЛ, 1998.-193 с., [Nikolaevskij V.S. Ehkologicheskaya otsenka zagryazneniya okružhayushhej sredy i sostoyaniya nazemnykh ehkosistem metodami fitoindikatsii. – М.: MGUL, 1998.-193 s]

10 Сергейчик С.А. Древесные растения и оптимизация промышленной среды. Мн.: Наука и техника, 1984.- 168 с., [Sergejchik S.A. Drevesnye rasteniya i optimizatsiya promyshlennoj sredy. Mn.: Nauka i tekhnika, 1984.- 168 s]

Утеулин Кайрат Ризабекович, доктор биологических наук,

e-mail: ipbbkz@gmail.com, gen_uteulink@mail.ru,

Бекешев Ерлан Ахмедович, и.о. генерального директора

e-mail: chemist_e@mail.ru

Даурова Айнаш Кенебаевна, младший научный сотрудник,
бакалавр. e-mail: ai_ken.89@mail.ru

Федорина Ольга Алексеевна – ведущий научный сотрудник

e-mail fedorina.o@gh-ecology.kz

Атыгаев Ануар Булатович – докторант PhD

E.mail: newanuar@gmail.com

Казкеев Даурен Табылтаевич, PhD, ассоциированный профессор.

ХИМИЧЕСКИЕ ТЕХНОЛОГИИ

МРНТИ 61.53.19, 61.35

*Ж.Д. Алимкулова¹, Л.М. Калимолдина¹, С.О. Абилкасова¹,
Ж.Е. Шаихова¹*

¹Алматинский технологический университет, г.Алматы, Казахстан

ИССЛЕДОВАНИЕ ОКИСЛЕНИЯ МЕТАНА НА ПОЛИОКСИДНЫХ КАТАЛИЗАТОРАХ

Аннотация. Спрос на водород стал быстро увеличиваться, благодаря бурному развитию ряда отраслей химической, нефтехимической, нефтеперерабатывающей, металлургической промышленности, а также созданию ракетно-космической техники, где жидкий водород используется как топливо. Самым известным способом получения водорода является газификация угля в присутствии водяного пара при температурах 800-950^oC. Более эффективным способом получения водорода является паровой каталитический риформинг природного газа. Исходя из изложенного, целью данной работы является создание новых катализаторов, дающих более высокий выход относительно легких продуктов, так как такие продукты уменьшают жесткость режима в той части процесса, которая направлена на производство водорода. Исследованы превращение метана в водородсодержащие композиции на Ni, Mo-содержащих катализаторах. Изучено влияние температуры на активность катализаторов в процессе окисления метана воздухом при T - 350-900^oC. Было изучено влияние концентрации ГПК/ШАС-2 на выход водорода.

Ключевые слова: водород, окисление метана, полиоксидный катализатор, газовая смесь.

• • •

Түйіндеме. Сутекке деген сұраныс химия, мұнай-химия, мұнай өңдеу, металлургия салаларының қарқынды дамуына, сондай-ақ сұйық сутегі отын ретінде пайдаланылатын зымыран-ғарыш техникасының құрылуына байланысты тез арта бастады. Сутекті өндірудің ең танымал әдісі-800-950^oC температурада су буының қатысуымен көмірді газдандыру. Сутекті өндірудің тиімді әдісі – табиғи газдың бу каталитикалық риформингі. Жоғарыда айтылғандарға сүйене отырып, бұл жұмыстың мақсаты салыстырмалы түрде жеңіл өнімдердің жоғары өнімділігін беретін жаңа катализаторларды құру болып табылады. Өйткені мұндай өнімдер сутегі өндірісіне бағытталған процестің бөлігінде режимнің қаттылығын азайтады. Метанның құрамында Ni, Mo бар катализаторлардағы құрамында сутегісі бар композицияларға айналуы зерттелді. Метанды ауамен тотығу процесінде T-350-900^oC кезінде катализатор-

лардың белсенділігіне температураның әсері, ГПК/ШАС-2 концентрациясының сутектің шығымына әсері зерттелді.

Түйінді сөздер: сутегі, метанның тотығуы, полиоксидті катализатор, газ қоспасы.

• • •

Abstract. Recently, the demand for hydrogen has been increasing fast due to the rapid development of a number of industries in the chemical, petrochemical, oil refining, and metallurgical industries, as well as the creation of missile and space technology, where liquid hydrogen is used as propellant. The most well-known method of producing hydrogen is the gasification of coal in the presence of water vapor at temperatures of 800 to 950°C. A more efficient way to produce hydrogen is catalytic reforming of natural gas by steam. Based on the above, the aim of this work is to create new catalysts that give a higher yield of relatively light products, since such products reduce the rigidity of the regime in the part of the process that is aimed at producing hydrogen. The transformation of methane into hydrogen-containing compositions on Ni and Mo containing catalysts is investigated. The influence of temperature on the action of catalysts in the process of methane oxidation by air at 350 to 900°C is studied. The effect of the heteropoly acids/wide-porous alumosilicate-2 concentration on the hydrogen yield was studied.

Keywords: hydrogen, methane oxidation, polyoxide catalyst, gas mixture.

Введение. В последние годы водород находит применение в качестве топлива в электрохимических генераторах тепла и начинает постепенно заменять традиционное топливо в двигателях внутреннего сгорания автомобильного, авиационного и морского транспорта. Разработка катализаторов ведётся для широко исследуемых в настоящее время процессов получения водорода в реакции паровой конверсии метана в микрокаталитических реакторах. Экспериментальные исследования подтверждают, что использование каталитических микроканальных систем существенно увеличивает эффективность процессов получения водорода в сравнении с традиционными химическими реакторами [1-3]. На настоящий момент составы никелевых и молибденовых катализаторов достаточно разнообразны и определяются спецификой того процесса, в котором они должны быть использованы. Определяющим направлением представляется разработка универсальных каталитических композиций с полифункциональными пористыми покрытиями, устойчиво работающими в агрессивных, динамически меняющихся во времени условиях процессов получения и окисления водородсодержащих газовых смесей [4,5], . Условия синтеза и внедрения соединений никеля в структуру исходной оксидной

матрицы являются одним из главных факторов формирования каталитической композиции с заданными свойствами. В зависимости от способа получения NiO его дисперсный и химический состав могут существенно варьироваться, что приводит к соответствующим изменениям свойств готовых катализаторов. Нестехиометрический состав оксида никеля, получаемый термолизом ряда его соединений [6-8], даёт дополнительную возможность поиска условий синтеза активного компонента с необходимыми свойствами для конкретного каталитического процесса.

Цель работы – создание новых катализаторов, дающих более высокий выход относительно легких продуктов, так как такие продукты уменьшают жесткость режима в той части процесса, которая направлена на производство водорода.

К таким катализаторам можно отнести содержащий один или несколько металлов VI группы и/или один или более металлов VIII группы Периодической системы Д.И. Менделеева. В качестве металлов VI группы можно выбрать молибден (Mo) и вольфрам (W), а в качестве металлов VIII группы – никель (Ni), кобальт (Co), платину (Pt) и палладий (Pd). Подходящие катализаторы содержат от 2 до 40 мас. % металлов VI группы и/или от 0,1 до 10 масс. % металлов VIII группы. Состав исходной и отходящей газовой смеси анализировался хроматографическим методом на хроматографе ЛХМ-72 с детектором по теплопроводности. Выход продуктов окисления метана рассчитывались на основании следующих уравнений.

$$\text{Конверсия (исх. вещ.)}, \% = \frac{\text{прореагировавший (исх.вещ.)г} \cdot 100\%}{\text{исходная концентрация (исх.вещ.)г}} \quad (1)$$

$$\text{Выход (продукта)}, \% = \frac{C(\text{продукта})_г \cdot 100\%}{C(\text{исходное вещество})_г} \quad (2)$$

$$\text{Селективность}, \% = \frac{\text{Выход (продукта)}_г \cdot 100\%}{\text{Конверсия (исх.вещ.)}_г} \quad (3)$$

Прямое неполное окисление C_1 - C_4 углеводородов является наиболее перспективным способом получения H_2 . В настоящей работе для окисления CH_4 использовался катализатор на основе ГПС - 2% $N_7 [P(Mo_2O_7)_6] H_2O/ШАС-2$.

Для приготовления ГПК/ШАС-2 катализатора использовалась $N_7 [P(Mo_2O_7)_6]$, синтезированная путем постепенного добавления серной кислоты в раствор, содержащий стехиометрическое количество молибдата натрия и двухзамещенного фосфора натрия до pH~3, с последующим кипячением смеси, которая после охлаждения подкислялась серной кислотой. Полученную гетерополиоксиду экстра-

гировали диэтиловым эфиром методом Дрекселя [4]. Для разрушения эфирата добавляли воду, а затем сушили на воздухе при комнатной температуре. Перед приготовлением катализатора необходимо просушить носитель в сушильном шкафу при $t = 250^{\circ}$ в течение 2-х часов, затем прокалить при $t = 500^{\circ}$ в течение 3-х часов. Для определения влагоёмкости носителя ШАС-2 необходимо взвесить по 1 г носителя ШАС-2 в 3-х бюксах. В 3 чистые фарфоровые чашки налить дистиллированную воду. Количественные значения представлены в таблице 1. Необходимо, чтобы в течение 1 мин. дистиллированная вода впиталась равномерно до воздушно-сухого состояния. Из результатов, представленных в таблице 1, видно, что 1г носителя поглощает 1,3 мл воды за 1мин.

Таблица 1– Определение влагоёмкости носителя ШАС-2 [4]

№ бюкса	1	2	3
Носитель ШАС-2, г	1	1	1
Объем дист. воды,мл	1 мл	1,5	1,3
Время поглощения воды, мин	0,3	1,3	1,0

Исходя из данных по определению влагеёмкости носителя ШАС-2, на 5г носителя требуется 6,5 мл воды. Необходимо приготовить 2% $H_7 [P(Mo_2O_7)_6] \cdot H_2O$ /ШАС-2

$$\begin{aligned}
 &5г \text{ ШАС-2} \text{ ————— } 98\% \\
 &Xг \text{ } H_7 [P(Mo_2O_7)_6] \cdot H_2O \text{ ————— } 2\% \\
 &x = \frac{5г \cdot 2\%}{98\%} = 0,1020408г \text{ } H_7 [P(Mo_2O_7)_6] \cdot H_2O
 \end{aligned}$$

Значит, для приготовления 2% $H_7 [P(Mo_2O_7)_6] \cdot H_2O$ /ШАС-2 катализатора необходимо взять 0,1020408г $H_7 [P(Mo_2O_7)_6] \cdot H_2O$ и нанести его на 5г ШАС-2. Затем в чистую фарфоровую чашку необходимо насыпать 0,1 г $H_7 [P(Mo_2O_7)_6] \cdot H_2O$ ГПК, налить дистиллированную воду (6,5 мл) на основании расчетов определения влагоёмкости. Перемешать до полного растворения, затем добавить 5 г носителя ШАС-2 и сразу интенсивно и непрерывно перемешать в течение 1,5-2 мин. до воздушно сухого состояния и поставить в сушильный шкаф при $t=150^{\circ}C$ на 2 ч. Синтезированные катализаторы были исследованы физико-химическими методами - электронной микроскопии (ЭМ), рентгенофазового анализа (РФА), инфракрасной спектроскопии

(ИКС). Электронно-микроскопические и дифракционные характеристики катализаторов определялись на микроскопе «ЭМ – 125К» (увеличение 24 – 120 тыс.) методом съемки на просвет с применением микродифракции. Рентгенофазовый анализ образцов проводился на дифрактометре ДРОН – 4 – 07 при СиК и СоК – излучении. Полученные дифракционные картины катализаторов были зафиксированы фотоэлектронной регистрацией. Идентификация фаз проводилась по американской рентгенометрической картотеке ICPDS. Ошибка метода $\pm 5\%$, доверительный интервал 95%. Определение удельной поверхности катализаторов проводился по низкотемпературной адсорбции азота методом БЭТ на специальной установке «AccuSorb» фирмы «Micromeritics» производства США. Ошибка метода $\pm 5\%$, доверительный интервал 95%.

Обсуждение результатов. Исследовалось окисление метана на $\text{H}[\text{P}(\text{Mo}_2\text{O}_7)_6] \cdot \text{H}_2\text{O}/\text{ШАС-2}$ на гетерополикислоте (1%, 2%, 3%), нанесенный на носитель ШАС-2 (шариковый алюмосиликат). Изучено влияние температуры на активность $\text{H}_7[\text{P}(\text{Mo}_2\text{O}_7)_6] \cdot \text{H}_2\text{O}/\text{ШАС-2}$ катализаторов в процессе окисления метана воздухом при условиях: CH_4 -70мл/мин; воздух -166мл/мин (O_2 -35мл/мин + N_2 - 131мл/мин); CH_4 -30%, воздух 70% (O_2 14,8%+ N_2 55,5%); $\text{CH}_4 : \text{O}_2 : \text{N}_2 = 30:14,8:55,5=1:0,5:1,9$; $W=7080\text{ч}^{-1}$, $T= 800-950^\circ\text{C}$. Полученные результаты эксперимента представлены в таблицах 2-4.

Таблица 2 – Зависимость выхода H_2 , CO , CO_2 от температуры на 1% $\text{H}_7[\text{P}(\text{Mo}_2\text{O}_7)_6] \cdot \text{H}_2\text{O}/\text{ШАС-2}$ [5]

Температура, $^\circ\text{C}$	Конверсия, %		Выход, %		
	CH_4	O_2	H_2	CO_2	CO
800	10,2	70,8	6,5	0,84	10,8
850	16,7	100	9,85	1,45	21,14
900	50,6	100	8,85	1,83	46,2
950	73,4	100	21	0,84	36,76

Таблица 3 – Зависимость выхода H_2 , CO , CO_2 от температуры на 2% $H_7 [P(Mo_2O_7)_6] \cdot H_2O/ШАС-2 [5]$

Температура, °С	Конверсия, %		Выход, %		
	CH_4	O_2	H_2	CO_2	CO
800	12,2	80,8	7,5	0,94	11,8
850	18,7	100	10,85	1,65	21,24
900	60,6	100	10,85	2,83	47,2
950	83,4	100	26	0,94	37,76

Таблица 4 – Зависимость выхода H_2 , CO , CO_2 от температуры на 3% $H_7 [P(Mo_2O_7)_6] \cdot H_2O/ШАС-2 [5]$

Температура, °С	Конверсия, %		Выход, %		
	CH_4	O_2	H_2	CO_2	CO
800	11,2	80,8	5,5	0,74	10,8
850	15,7	100	8,85	1,45	20,24
900	54,6	100	7,85	2,63	43,2
950	63,4	100	23	0,64	35,76

Как видно из полученных результатов оптимальными параметрами для превращения метана в водород являются температура 950°С и объемная скорость $W=7080ч^{-1}$, где выход водорода составляет 26% (таблица 3). По данным хроматографического анализа продуктами реакции превращения метана на ГПК/ШАС-2 катализаторах при оптимальных параметрах ($T=950^{\circ}C$, $W=7080ч^{-1}$), являются водород, CO_2 , CO . При температурах выше 950°С выход продуктов уменьшается. Также было изучено влияние концентрации ГПК/ШАС-2 на выход водорода. Содержание ГПК в катализаторе варьировалось от 1 до 3%.

Выход водорода с увеличением содержания ГПК до 2% составил 26%, тогда как на 1% и 3% выход водорода незначителен. Таким образом, исследования показали, что наиболее активным является 2% ГПК/ШАС-2, где при $T=950^{\circ}\text{C}$ и объемной скорости $W=7080\text{ч}^{-1}$ степень превращения метана в водород достигает 26%. А также были исследованы превращение метана в водородсодержащие композиции на Ni-содержащих катализаторах. Изучено влияние температуры на активность 5% Ni/ ZSM-5+Al₂O₃, 5%Ni 5%K/ ZSM-5+Al₂O₃ катализаторов в процессе окисления метана воздухом при $T= 350-900^{\circ}\text{C}$. Полученные результаты эксперимента представлены в таблице 5.

Таблица 5 – Влияние температуры реакции на выход водорода на катализаторе 5% Ni/ ZSM-5+Al₂O₃, 5%Ni 5%K/ ZSM-5+Al₂O₃ [6]

Состав катализатора	Условия получения	Выход водорода, %
5% Ni/ ZSM-5+Al ₂ O ₃	Просушен при 350 °C в течение 5 часов	70,8
5% Ni/ ZSM-5+Al ₂ O ₃	Просушен при 350 °C в течение 5 часов	70,8
	Прокален при 500 °C в течение 3 часов	94,0
5% Ni/ ZSM-5+Al ₂ O ₃	Прокален при 900 °C в течение 1 ч	75,5
	Просушен при 350 °C в течение 5 часов	75,5
5%Ni 5%K/ ZSM-5+Al ₂ O ₃	Прокален при 500° C в течение 3 часов	84
	Прокален при 900° C в течение 1 часа	80

Как видно из полученных результатов оптимальными параметрами для превращения метана в водород являются температура 500°C, где выход водорода с катализатором 5% Ni/ ZSM-5+Al₂O₃ составляет 94% , а с катализатором 5%Ni5%K/ZSM-5+Al₂O₃ при температуре 500 °C составляет 84% (таблица 5). Электронно-микроскопическое исследование никельевых катализаторов показано на рисунке 1 - обширное скопление мелких плотных частиц-30A⁰, расположенных

на поверхности носителя. Микродифракционная картина представлена слабыми кольцами и может быть отнесена Ni_3N (JCPDS, 10-280).



Рисунок 1 – Обширное скопление мелких плотных частиц размером – 30Å Ni_3N ·50000

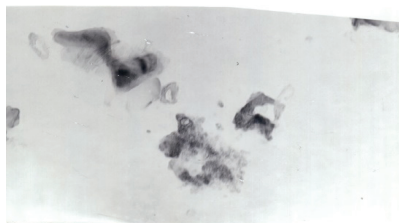


Рисунок 2 – Небольшое скопление агрегатов сферической формы составленных из полупрозрачных частиц р-ром 50Å , $\delta - \text{Ni}_2\text{Si}(\text{Ni}_2\text{O}_3)$ ·50000

На рисунке 2 показано небольшое скопление агрегатов сферической формы, составленных из полупрозрачных частиц размером – 50Å , микродифракционная картина представлена небольшим набором колец и может быть отнесена к $\delta - \text{Ni}_2\text{Si}$ (JCPDS, 3-343) и мелкий степени к Ni_2O_3 (JCPDS, 14-451). На рисунке 3 показано скопление крупных плотных полупрозрачных пластинчатых частиц размером до $1000-4000\text{Å}$. Микродифракционная картина представлена большим набором рефлексов и может быть отнесена к смеси фаз: $\text{Ni}(\text{NO}_3)_2$ (JCPDS, 14-593), $\text{Ni}(\text{NO}_3)_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ (JCPDS, 24-796), $\alpha\text{-}3\text{Ni}(\text{OH})_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ (JCPDS, 22-444) и NiO (JCPDS, 22-1189).

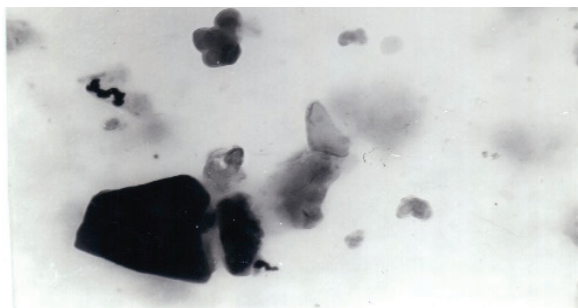


Рисунок 3 – Скопление из крупных плотных и полупрозрачных пластинчатых частиц $\text{Ni}(\text{NO}_3)_2$, $\alpha\text{-}3\text{Ni}(\text{OH})_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$, NiO ·50000

Выводы. Выявлено влияние природы носителей (ГПК/ШАС-2, ZSM-5+AL₂O₃, Siral-40. Установлено, что исследованные носители по активности в реакции превращения метана в водородсодержащие топливные композиции располагают и в следующей последовательности ZSM-5+AL₂O₃ > Siral-40. Установлено, что Mo и Ni-содержащие моно- и биметаллические (Ni) образцы обладают наилучшими характеристиками в процессе селективного получения водорода из метана. Методом ЭМ установлено, что активной фазой в катализаторе является NiAl₁₀O₁₆.

Список литературы

1 Mastalerz M. Coal bed methane: Reserves, Production and Future Outlook /M. Mastalerz // Future Energy (Second Edition) Improved, Sustainable and Clean Options for our Planet. – 2014. – P. 145-158.

2 Досумов, К. У. Суюнбаев, А.В. Мироненко, Г.Е. Ергазиева, Л.К. Мылтыкбаева. Углекислотная конверсия метана на полиоксидном катализаторе//Известия вузов. Прикладная химия и биотехнология. -2014. -№ 2 (7). -С. 20-23., [Dosumov, K. U. Suyunbaev, A.V. Mironenko, G.E. Ergazieva, L.K. Myltykbaeva Uglekislotnaya konversiya metana na polioksidnom katalizatore// Izvestiya vuzov. Prikladnaya khimiya i biotekhnologiya. -2014. -№ 2 (7). -S. 20-23]

3 Пахомов Н.А. Научные основы приготовления катализаторов: введение в теорию и практику: монография/Н. А. Пахомов; отв. ред. В. А. Садыков. – Новосибирск: Изд-во СО РАН, 2011. – 262 с., [Pakhomov N.A. Nauchnye osnovy prigotovleniya katalizatorov: vvedenie v teoriyu i praktiku: monografiya/N. A. Pakhomov; отв. red. V. A. Sadykov. – Novosibirsk: Izd-vo SO RAN, 2011. – 262 s]

4 Denardin, F. Tuning the acidity and reducibility of Fe/ZSM-5 catalysts for methane dehydroaromatization/F. Denardin, O. W. Perez-Lopez O//Fuel. – 2019. – V. 236. – P. 1293-1300.

5 Ramasubramanian, V. Methane dehydroaromatization – A study on hydrogen use for catalyst reduction, role of molybdenum, the nature of catalyst support and 129 significance of Bronsted acid sites/V. Ramasubramanian, H. Ramsurn, G. L. Price//Journal of Energy Chemistry. – 2019. – V. 34. – P. 20-32.

6 Lim, T. H. Effect of Si/Al₂ ratios in Mo/H-MCM-22 on methane dehydroaromatization / T. H. Lim, K. Nam, I. K. Song, K. Y. Lee, D. H. Kim//Applied Catalysis A, General. – 2018. – V. 552. – P. 11-20.

7 Крылов О.В. Углекислотная конверсия метана в синтез-газ/О. В. Крылов// Российский химический журнал – Т. XLIV. – № 1. – 2000. – С. 19-

33., [Krylov O.V. Uglekislotnaya konversiya metana v sintez-gaz/O. V. Krylov// Rossijskij khimicheskij zhurnal – T. XLIV. – № 1. – 2000. – S. 19-33]

8 Liu, S. Bifunctional catalysis of Mo/HZSM-5 in the dehydroaromatization of methane to benzene and naphthalene XAFS/TG/DTA/MASS/FTIR characterization and supporting effects/S. Liu, L. Wang, R. Ohnishi, M. Ichikawa//Journal of Catalysis. – 1999. – V. 181. – P. 175-188.

Алимулова Жамила Джакыпберкызы, магистр, лектор.

ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-2718-2102>

E-mail: Zhamilya111@mail.ru

Калимолдина Лайла Мауеновна, кандидат технических наук, и.о.доцента,

E-mail: kalimoldina.laila@mail.ru

Абилкасова Сандугаш Орынбаевна кандидат технических наук., и.о.доцента, ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8322-4592>

E-mail: sandy_ao@mail.ru

Шаихова Жанат Ережиновна магистр технических наук,

ORCID:<https://orcid.org/0000-0002-5909-4182>

E-mail:zh.shaikhova@mail.ru

*Б.У. Рахимова^{1,2}, К.К. Кудайбергенов¹, С.Х. Акназаров^{1,2},
О.Ю. Головченко^{1,2}, Г.А. Спанова¹, Ш.Е. Габдрашова¹*

¹ Казахский национальный университет им. аль-Фараби,
г. Алматы, Казахстан

² Научный производственно-технический центр «Жалын»,
г. Алматы, Казахстан

ЭЛЕКТРОСПИННИНГ НАНОВОЛОКОН НА ОСНОВЕ ЦЕЛЛЮЛОЗЫ И ЕЕ ПРОИЗВОДНЫЕ, МОДИФИЦИРОВАННЫЕ БИМОЛЕКУЛАМИ ДЛЯ ЗАЖИВЛЕНИЯ РАН

Аннотация. В настоящее время обновленные соединения природного происхождения с каждым днем становятся все более востребованными в качестве альтернативы синтетическим материалам, поскольку прежние негативные следы в биомедицине, окружающей среде и экосистемах достигли очень высокого уровня. Для заживления ран, профилактики инфекций и ускорения регенерации тканей при ожогах кожных покровов требуется тщательная, целенаправленная и эффективная терапия. В обзоре рассмотрены различные материалы, в том числе наночастицы и продукты из натуральных экстрактов, а также нанотрубки, нанокристаллы, полученные на основе целлюлозы, нанотрубки бактериальной целлюлозы, ацетат целлюлозы и нанокompозиты, полученные методом электроспиннинга из различных производных целлюлозы. Проведен общий обзор наноструктурированных волокнистых сеток, содержащих целлюлозу для заживления ран, а также перечислены современные проблемы, возникающие при создании перевязочных материалов, содержащих ацетат целлюлозы, бактериальную целлюлозу и наноцеллюлозу, обработанных методом электроспиннинга.

Ключевые слова: ацетат целлюлозы, наноцеллюлоза, нановолокнистые повязки, бактериальная наноцеллюлоза, электроспиннинг.

• • •

Түйіндеме. Қазіргі таңда жаңартылған табиғи тектес қосылыстар синтетикалық материалдарға балама ретінде күн сайын сұранысқа ие болуда. Өйткені биомедицинада, қоршаған ортада және экожүйелерде бұрынғы жағымсыз іздер өте жоғары деңгейге жетті. Жараларды емдеу, инфекциялардың алдын

*** Благодарность: Работа выполнена при финансовой поддержке АО «Фонд науки» в рамках ПРОЕКТА 0009 – 18 – ГК «Создание технологической линии принципиально новых сорбционно - бактерицидных повязок».

алу және тері қабаттарын күйік шалғанда тіндердің қалпына келуін тездету үшін мұқият, мақсатты және тиімді терапияны қажет етеді. Бұл жұмыста әртүрлі материалдар, нанобөлшектер және табиғи сығындылардан алынған өнімдер қарастырылды. Сонымен қатар целлюлоза негізінде алынған наноталшықтар, нанокристалдар, бактериялық целлюлозаның наноталшықтары, целлюлоза ацетаты және целлюлозаның әртүрлі туындыларынан электроспиннинг әдісімен алынған нанокөпозиттер қарастырылды. Жараларды емдеуге арналған құрамында целлюлозасы бар наноқұрылымды талшықты торларларға жалпы шолу жасалды. Сонымен қатар, электрлік спиннинг әдісімен өңделген целлюлоза ацетаты, бактериялық целлюлоза мен наноцеллюлозасы бар таңу материалдарын жасау барысында кездесетін қазіргі проблемалар тізімделді.

Түйінді сөздер: целлюлоза ацетаты, наноцеллюлоза, наноталшықты таңғыштар, бактериялық наноцеллюлоза, электроспиннинг.

• • •

Abstract. Recently, renewed compounds of natural origin increasingly popular as an alternative to synthetic materials, since the former negative traces in biomedicine, the environment and ecosystems have reached a critical level. To heal wounds, prevent infections and accelerate tissue regeneration in case of skin burns, a careful, targeted and effective therapy is required. The review considers various materials, including nanoparticles and products from natural extracts, as well as nanotubes, nanocrystals based on cellulose, nanotubes of bacterial cellulose, cellulose acetate, and nanocomposites obtained by electrospinning from various cellulose derivatives. A general review of nanostructured fibrous nets containing cellulose for wound healing is carried out, and the current problems arising in the creation of dressings containing cellulose acetate, bacterial cellulose, and nanocellulose processed by electrospinning are listed.

Keywords: cellulose acetate, nanocellulose, nanofibrous dressings, bacterial nanocellulose, electrospinning.

Введение. Кожа является самым большим внешним органом, который покрывает всё тело, образуя 8% от массы тела [1]. Когда кожный барьер нарушается через раны, происходит ряд сложных физико-химических процессов в попытке восстановить и регенерировать поврежденную ткань [2]. Повязки на основе нановолокон привлекли большое внимание в области биомедицины, тканевой инженерии. Они напоминают морфологическую структуру внеклеточного матрикса (ВКМ) из-за своих наноразмерных характеристик, легко включающих интересующие биомолекулы или наночастицы, высокой пористости и большой площади поверхности [3]. Различные природные и синтетические полимеры использовались в производстве полимерных матов из нановолокна с помощью электропрядения для

перспективных применений в заживлении ран [4]. Производство полимерных нановолокон методом электроспиннинга было воспринято как убедительная система для производства волокон субмикронного диаметра с помощью электростатических сил [5]. Электроспиннинг используется для производства нановолокон при прядении коллоидной суспензии твердых наночастиц или раствора. Причина выбора электроспиннинга заключается в том, что он требует одноэтапной, низкоэнергетической и недорогой технологии обработки материалов, которая может работать в атмосферных условиях [6].

В настоящее время существует большой спрос на материалы, которые являются более экологичными, экологически чистыми и могут обрабатываться в наномасштабе. Учитывая это, полимеры на основе биомассы, такие как целлюлоза и ее производные, стали предметом внимания науки из-за их внутренних свойств. Целлюлоза, являющаяся одним из самых распространенных природных полимеров на Земле, с относительно простой экстракцией, превосходной биосовместимостью, нетоксичностью и биоразлагаемостью, рассматривалась как фактический вариант для составов перевязочных материалов для ран, либо в качестве добавки, либо в качестве основного субстрата [7]. Электроспиннинг - один из наиболее распространенных методов синтеза нановолокон целлюлозы. Электростатическое прядение волокна, или «электроспиннинг», представляет собой новый процесс формирования волокон с диаметром в субмикронном масштабе.

Наноцеллюлоза – материал на основе целлюлозы, который вызвал большой интерес в последние несколько десятилетий в перспективной биомедицинской области. Его биосовместимость, нетоксичность, способность к биологическому разложению, водопоглощение, оптическая прозрачность и хорошие механические свойства привлекают исследователей из всех областей [8]. Большое количество групп -ОН на поверхности этих наноматериалов способствует образованию водородных связей, играющих важную роль в усилении адгезии между наноцеллюлозой и другими полимерными материалами внутри нанокомпозитов, помимо увеличения их способности удерживать воду [9]. Среди множества доступных типов наноцеллюлозы бактериальная целлюлоза (БЦ) уже успешно применяется, начав её коммерциализацию в перевязочных материалах для ран в 1980 г. компанией Johnson & Johnson (Нью-Брансуик, США). Бразильская компания BioFill Produtos Biotecnologicos уже создала новую систему заживления ран на основе БЦ, а немецкая компания Lohmann & Rauscher вы-

пустила на рынок Suprasorb X[®]. Bioprocess[®] и XCell[®] — это другие раневые повязки, которые также представлены на рынке [10]. Нанофибрилярная структура бактериальной целлюлозы обуславливает большую удельную площадь её поверхности и микропористую структуру. Это, в свою очередь, создает широкие возможности для модификации, а, следовательно, и получение различных композитных материалов со значительно лучшими характеристиками. Основными её преимуществами перед искусственными гидрогелями является биосовместимость и возможность контроля её надмолекулярной структуры непосредственно в процессе культивирования бактерий, а потому и возможность предоставления медицинским изделиям необходимой формы в процессе биосинтеза [11].

Настоящая работа представляет собой обзор составов наноструктурных повязок, содержащих целлюлозу, для лечения ран и ожогов. Были изучены их извлечение, обработка и дальнейшая совместимость с другими полимерами, а также проанализированы их последствия и потенциал для преодоления этих микробных угроз. Также были подчеркнуты проблемы обработки нанокompозитов целлюлозы и наноцеллюлозы с помощью электроспиннинга.

Наноструктурные повязки. Традиционные повязки, которые также известны как пассивные повязки (из марли или хлопка и марли, доступные с середины 1970-х годов), в качестве основной функции выполняют защиту раненного ложа от дальнейшего повреждения и служат барьером от внешней среды; однако не лечит рану и не предотвращает колонизацию этого участка бактериями [12]. Таким образом, выбор идеальной повязки определяется наличием некротической ткани и биопленок, а также типом ткани и ее окраской, временем заживления, частотой смены повязки, расходами на уход и необходимостью вторичных повязок, антибиотиков или анальгетиков [13]. Местное лечение при ожогах I—II—IIIА степени должно быть направлено на создание наиболее благоприятных условий для их заживления в оптимальные сроки и предусматривать защиту раны от механического повреждения и инфицирования, а при необходимости и эффективного лечения раневой инфекции, стимуляции репаративных процессов [14]. Однако современные повязки включают сухую или пропитанную марлю, пластиковые пленки, гели, пены, гидроколлоиды, альгинаты, гидрогели и полисахаридные пасты, гранулы и шарики. Все они обеспечивают разную физическую среду, подходящую для разных ран.

- Поглощение экссудата для регулирования уровня влажности вокруг раны - например, сухие марли сильно впитывают экссудат, сушат рану, гидроколлоиды поддерживают влажную среду, а пленочные повязки не впитывают экссудат;
- Газопроницаемость и обмен, особенно по кислороду и водяному пару;
- Поддержание оптимальной температуры для ускорения заживления;
- Механическая обработка раны для удаления шелуша;
- Давящие повязки обычно используются для лечения ожогов и после пересадки кожи.

Есть несколько типов интерактивных продуктов: полупроницаемые пленочные повязки, полупроницаемые пенные повязки, гидрогелевые повязки, гидроколлоидные повязки и альгинатные повязки. Помимо предотвращения заражения раны бактериями, они включают систему влажной среды для ускорения заживления [15].

Полупроницаемая пленочная повязка представляет собой прозрачную пленку из полиуретана. Это позволяет перемещать водяной пар, кислород и углекислый газ в повязку и из неё. Он также играет дополнительную роль в аутолитической обработке раны (удалении мертвой ткани), которая менее болезненна по сравнению с ручной обработкой раны в операционной. Она очень эластична и гибка, поэтому плотно прилегает к коже. Из-за ограниченной абсорбирующей способности повязка используется только при поверхностных ранах с небольшим выделением [16]. Повязка состоит из пены с гидрофильными (притягиваемыми к воде) свойствами и внешним слоем с гидрофобными (отталкивающими от воды) свойствами с клейкими краями. Внутренний гидрофильный слой поглощает умеренное количество выделений из раны. Этот тип повязки полезен для ран с большим количеством выделений и для ран с грануляционной тканью. Вторичные повязки, при этом, не требуются. Однако она требует частой смены и не подходит для сухих ран. Силикон - распространенный материал, из которого изготовлена пена. Пена способна формировать форму в соответствии с формой раны [17].

Повязка из гидрогеля состоит из синтетических полимеров, таких как метакрилат и поливинилпирролидин. Она имеет высокое содержание воды, что обеспечивает увлажнение и охлаждающий эффект для раны. Повязку легко снять с раны, не повредив ее. Повязка

также не вызывает раздражения. Поэтому используется при сухой некротической ране, некротической ране, пролежнях и ожоговой ране. Она не подходит для ран с обильными выделениями и инфицированных ран [18]. *Гидроколлоидная повязка* - тип повязки состоит из двух слоев: внутреннего коллоидного слоя и внешнего водонепроницаемого слоя. Содержит гелеобразующие вещества, такие как карбоксиметилцеллюлоза, желатин и пектин. Когда повязка соприкасается с раной, выделение из раны сохраняется с образованием геля, который обеспечивает влажную среду для заживления ран. Она защищает рану от бактериального заражения, поглощает выделение из раны и переваривает некротические ткани. В основном используется как вторичная. Однако её не применяют при ранах с сильными выделениями и невропатическими язвами [13].

Альгинатная повязка состоит из натриевой или кальциевой соли альгиновой кислоты. Она поглощает большое количество выделений из раны. Ионы, присутствующие там, могут взаимодействовать с кровью, образуя пленку, защищающую рану от бактериального заражения. Однако эта повязка не подходит для сухих ран, ожогов третьей степени и глубоких ран с обнаженной костью. Потребуется вторичные перевязки, потому что раны могут быстро высохнуть. На рисунке 1 представлена структура различных раневых повязок [19].



Рисунок 1 – Структура различных раневых повязок [19].

Производство нановолоконных повязок, усиленных активными биомолекулами, осуществлялось с помощью различных методов, включая электроспиннинг, выдувание из расплава, разделение фаз, самосборку и матричный синтез [20]. В зависимости от области применения добавление специализированных биомолекул к этим нановолоконным сетям может служить платформой для увеличения кислородного обмена и абсорбции экссудатов и/или для стимуляции пролиферации, миграции и дифференцировки клеток, одновременно способствуя доставке питательных веществ и контролируя потерю жидкости [21–24].

Целлюлоза. Целлюлоза была открыта в 1838 г. французским химиком Ансельмом Пайеном, который выделил её из растительного вещества и определил химическую формулу. Целлюлоза была применена для производства первого термопластичного полимера, целлулоида, компанией *Huatt Manufacturing Company* в 1870 г. Производство вискозы («искусственного шелка») из целлюлозы началось в 1890-х годах, а целлофан был изобретен в 1912 г. Герман Штаудинг определил полимерную структуру целлюлозы. Это соединение было впервые химически синтезировано без использования каких-либо генетически полученных ферментов в 1992 г. учёными Кобаяши и Шода. Целлюлоза представляет собой органическое соединение, с формулой $(C_6H_5O_6)_n$, полисахарид, состоящий из линейной цепи от нескольких сотен до многих тысяч $\beta(1\rightarrow4)$ связанных собой звеньев D-глюкозы. Содержание целлюлозы в хлопковом волокне составляет 90%, в древесине - 40–50%, а в сушеной конопле - примерно 57% [25]. Целлюлоза не имеет вкуса, гидрофильна с краевым углом смачивания 20–30°, нерастворима в воде и при использовании растворителей, хиральна и биоразлагаема. В импульсных испытаниях, проведенных Дауэнхауэром и др., было показано, что она плавится при 467°C. Её можно химически разложить на единицу глюкозы, обработав концентрированными минеральными кислотами при высокой температуре [26]. Механические свойства целлюлозы в первичной клеточной стенке растений коррелируют с ростом и размножением растительных клеток. Методы живой флуоресцентной микроскопии перспективны для исследования роли целлюлозы в растущих клетках растений [27]. Известно несколько типов целлюлозы. Эти формы различаются по расположению водородных связей между нитями и внутри них. Натуральная целлюлоза - это целлюлоза I со структурой I α и I β . Целлюлоза, продуцируемая бактериями и водорослями,

обогащена I α , в то время как целлюлоза высших растений состоит в основном из I β . Целлюлоза в регенерированных целлюлозных волокнах - это целлюлоза II. Превращение целлюлозы I в целлюлозу II необратима, что позволяет предположить, что целлюлоза I является метастабильной, а целлюлоза II стабильная. С помощью различных химических веществ можно получить целлюлозу структуры III и целлюлозу IV [28,29]. Многие свойства целлюлозы зависят от длины ее цепи. Целлюлоза из древесной массы имеет типичную длину цепочки от 300 до 1700 ед.; хлопок и другие растительные волокна, а также бактериальные целлюлозы имеют длину цепи от 800 до 10 000 ед. [30]. Эти фибриллы целлюлозы можно индивидуализировать путем механической обработки целлюлозной массы, часто с помощью химического окисления или ферментативной обработки, с получением полугибких нанофибрилл целлюлозы, как правило, длиной от 200 нм до 1 мкм в зависимости от интенсивности обработки. Эти наноцеллюлозы представляют высокий технологический интерес из-за их самосборки в холестерические жидкие кристаллы, производства гидрогелей или аэрогелей, использования в нанокompозитах с превосходными термическими и механическими свойствами и использования в качестве стабилизаторов Пикеринга для эмульсий [31].

Получение целлюлозных нановолокон методом электроспиннинга. В настоящее время, с развитием нанотехнологий, нановолокна целлюлозы были созданы путём электроспиннинга в виде нанокompозитных повязок на раны, которые не только защищают раны, но и способны выделять лекарства, которые подавляют послеоперационные спайки, стимулируют гемодиализ и гемостаз, а также устраняют дефекты тканей [32]. Несмотря на то, что исследования в этой области продолжаются, неутешительные механические свойства и трудности при переработке целлюлозы в виде нановолокон с помощью электроспиннинга остаются очень важными проблемами. Его сильные меж- и внутримолекулярные взаимодействия происходят из-за водородных связей, а его жесткая основная структура ответственна за его нерастворимость в большинстве обычных систем растворителей [33]. Было предложено несколько стратегий для устранения этих ограничений (таблица 1).

Таблица 1 – Краткое описание условий электропрядения, используемых для производства тонких волокон из растворов целлюлозы [40]

№	Растворитель	Целлюлоза	Коагулянт	Волокно	Лит.
1	нНММО /H ₂ O ^a	—	Вода	3-10 микрон	34
2	нНММО /H ₂ O ^b 85/15 масс/масс	СП 210, 9% масс СП 1140, 1–3% масс	Вращающийся коллектор в воду при 108° С	750 нм	35
3	нНММО, 50% H ₂ O ^c	СП 670, 4% масс	-	90–250 нм	36
4	нНММО, 50% H ₂ O ^c	СП 800 и СП 700, 2% масс	Вода	200–500 нм	37
5	ЭД/KSCN ^d	СП 140, 8% масс СП 940, 3% масс	-	3 микрон 1000 – 1000 нм	38,39
6	LiCl/ДМАц ^e	СП 1140, 1–3% масс	Подогреваемый вращающийся коллектор в воду	250–750 нм	35
7	LiCl/ДМАц ^e	3% масс	-	Волокна не стабильные	41
8	БМИм/Сl или БМИм /Ба ^f	10% масс	Этанол	500 нм– 10 микрон	42

^aВодный раствор N-метилморфолина N-оксида, точный состав не указан. СП- степень полимеризация

^bМассовое отношение N-оксида N-метилморфолина к H₂O составляет 85/15.

^c50% водный раствор N-метилморфолина N-оксида.

^dРаствор этилендиамина / тиоцианата калия, точный состав не указан.

^eХлорид лития / диметилацетамид, точный состав не указан.

^fХлорид 1-бутил-3-метилимидазолия или бензоат 1-этил-3-метилимидазолия.

Нановолокно из нНММО (N-метилморфолина N-оксида)/ H₂O методом электроспиннинга. Самые ранние исследования электроспиннинга целлюлозы из водных растворов нНММО показали образование волокон диаметром от 3 до 10 мкм и отмечали нестабильность волокон, собранных непосредственно на заземленной поверхности [34]. Волокна, собранные непосредственно на заземленной поверхности, будут удерживать растворитель нНММО и со временем

потеряют форму волокна и вернуться к морфологии пленки. Чтобы преодолеть эту трудность, волокна собирали на водяной бане и коагулировали по мере того, как избыток растворителя диффундировал в ванну. Более тонкие волокна диаметром от 250 до 750 нм были получены путем внесения двух существенных изменений в прядильный аппарат. Во-первых, температура прядильного агрегата тщательно контролировалась между 70 и 110°C. Повышение температуры коррелировало с измеримым уменьшением вязкости прядильной добавки и соответствующим уменьшением диаметра волокна. Во-вторых, вращающийся диск образовывал заземленный коллектор для волокон. Схема этого устройства приведена на рисунке 2. Волокна, выходящие из фильеры, приземлялись на коллектор, который вращался, чтобы ненадолго погрузить волокна в водяную баню, поддерживаемую при температуре 108°C.

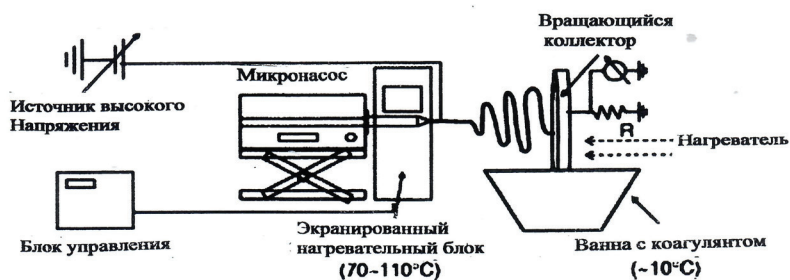


Рисунок 2 – Аппарат электроспиннинга, модифицированный для контроля температуры и коагуляции [35].

Скорость вращения диска была оптимизирована для предотвращения скопления лишней воды на диске и волокнах. Было установлено, что скорость 1,2 об/мин. оптимальна для сбора мата из сухих и хорошо коагулированных волокон. Собранные волокна были на 40-60% кристаллическими с кристаллическим полиморфом целлюлозы II, как было измерено с помощью дифракции рентгеновских лучей. Альтернативно, волокна собирали на абсорбирующем целлюлозном фильтрующем материале, расположенном на площадке для электроспиннинга. Избыток растворителя абсорбировался целлюлозным наполнителем, и полученные нановолокна были эффективно связаны с бумажной поверхностью фильтрующего материала. Другой подход к коагуляции электропряденных целлюлозных волокон заключался в использовании проточной водяной бани [36,37].

Нановолокно из растворов LiCl/ДМАц методом электроспиннинга. Растворитель LiCl/ДМАц для целлюлозы представляет собой раствор нелетучей соли (LiCl) в летучем растворителе. Хотя компонент ДМАц растворителя обладает достаточной летучестью для испарения во время электроспиннинга, компонент соли LiCl этого не делает. Попытки электроспиннить целлюлозные волокна из растворителя LiCl/ДМАц без коагуляции привели к образованию волокон со значительным сохраненным электрическим зарядом [38-41]. Вместо того, чтобы осесть в виде плоского слоя на заземленном коллекторе, волокна стояли перпендикулярно пластине коллектора до тех пор, пока электрическое поле (15 кв) не было удалено. Как только электрическое поле было удалено, волокна разрушились и агломерировались. Несколько волокон, сохранивших форму после разрушения на пластиковом коллекторе, имели сходную морфологию с теми, что показаны на рисунке 3.

Введение ванны коагулянта также стабилизировало электропрядение волокон из LiCl/ДМАц [35,40]. В этом случае использовался двухэтапный процесс для первого испарения ДМАц с последующей диффузией LiCl из целлюлозных волокон в водяную баню. Для этого в качестве заземленного коллектора использовался нагретый вращающийся диск. Нагревание диска ускоряет удаление ДМАц с поверхности волокон. Нижний край диска погружали в водяную баню при температуре окружающей среды, которая удаляла остаточную соль LiCl из волокон. Сообщалось о стабильных волокнах диаметром от 250 до 750 нм.

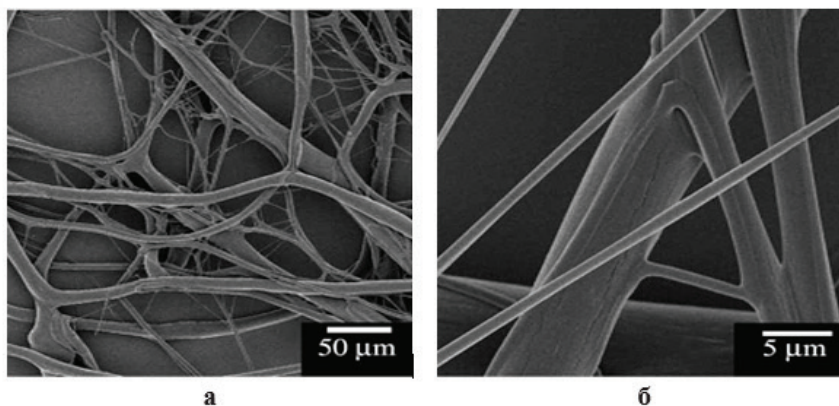


Рисунок 3 – Волокна целлюлозы электроспрядены из раствора в [БМИМ] [Cl] (1-бутил-3-метилимидазолий хлорид) и коагулируют в этаноле [42].

Электроформование целлюлозных нановолокон в других растворителях прямого действия. Ионные жидкие растворители для целлюлозы, включая 1-бутил-3-метилимидазолийхлорид ([БМИм][Cl]), рекомендуются как экологически чистые растворители именно потому, что они нелетучие. Поскольку испарение растворителя невозможно при электроформовании целлюлозы из ионных жидкостей, необходима коагуляционная ванна. Волокна целлюлозы диаметром от 500 нм до 10 микрон (рисунок 4) были сформированы путем электропрядения целлюлозы из раствора ([БМИм][Cl]) в ванне с этанолом [42]. Растворители целлюлозы на основе этилендиамина / тиоцианата калия (ЭД/KSCN) аналогичны LiCl/ДМАц в том, что они состоят из недостаточно летучего растворителя и соли. Диаметр волокон существенно зависел от СП целлюлозы. Волокна, спряденные из хлопковой целлюлозы с высокой молекулярной массой (СП1000), имели очень тонкие сегменты с прерывистыми шариками (рисунок 4).

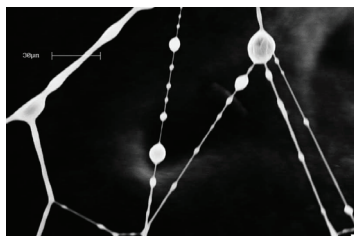


Рисунок 4 – Волокна электропрядения с использованием высокой молекулярной массы целлюлозы в 2% мас в растворителе ЭД/KSCN, имели шарики на струне морфологии [39].

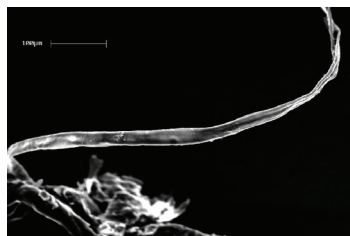


Рисунок 5 – Волокна, образованные электроспиннинговыми растворами, содержащими 8% СП ¼ 140 целлюлозы/ KSCN/этилендиамина, были крупнее наноразмерных и имели извилистую форму, напоминающую хлопчатобумажные волокна [41].

Подобные структуры, описанные в волокнах LiCl/ДМАц с [41], указывают на то, что компонент нелетучей соли растворителя может быть включен в шарики. При низких концентрациях целлюлозы с более низкой молекулярной массой (СП 140) образовывались только капли. Когда в растворитель вводили достаточную концентрацию низкомолекулярной целлюлозы, собирали большие волокна со структурой скручивания (рисунок 5).

Нановолокно из ацетата целлюлозы методом электроспиннинга. Для получения целлюлозных электропряденных волокон с помощью более простых процессов электроспиннинга, некоторые исследователи работали с ацетатом целлюлозы в качестве исходного материала. Ацетат целлюлозы имеет преимущество хорошую растворимость в подходящих растворителях электроформования. Краткое описание растворителей, используемых для электроспиннинга, и методов, используемых для последующего преобразования волокон в целлюлозу, представлено в таблице 2. Во всех случаях успешно применялись смешанные растворители, которые частично вводились для замедления скорости испарения растворителя, давая время волокнам вытягиваться до затвердевания в воздушном зазоре и предотвращая засорение фильеры для электропрядения.

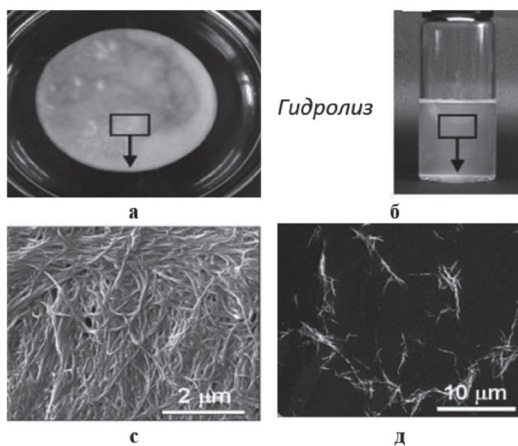
Таблица 2 – Растворители и процессы деацетилирования, используемые для формирования волокон целлюлозы электроспрядением из ацетата целлюлозы [40].

№	Растворитель	Волокна	Деацетилирование	Лит.
1	20/80 H ₂ O/ацетон 17 м ³ /ч	–	нет	43
2	10/90 и 15/85 H ₂ O/ацетон	550 нм	Ацетон/вода 24 ч., 0,1 М КОН 1 ч.	44
3	15/85 H ₂ O/ацетон, 18 м ³ /ч	3–4 микрон	Ацетон/вода 24 ч., 0,1 М КОН 1 ч.	45,46
4	Ацетон /H ₂ O, 85/15	500–2000 нм	0,05 М NaOH 24 ч.	47
5	ДМАц / ДМАц / ацетон 2:1	183 нм	нет	48
6	Ацетон /ДМФ/ трифторэтилен (ТФЭ) (3:1:1) 25 м ³ /ч	200–1000 нм	0,1 М NaOH, 24 ч.	49
7	ДМАц /ацетон 10 м ³ /ч	500 нм	0,05 М NaOH 24 ч.	50

Небольшое количество волокон было получено при электроспиннинге ацетата целлюлозы в 100% ацетоне или уксусной кислоте, и никаких волокон при электроспиннинге ацетата целлюлозы из 100% ДМАц. Электроформование из смесей уксусной кислоты/ДМАц привело к получению тонких нитевидных волокон [42-51]. Образование волокна из ацетона/ДМАц было стабильным и однородным.

Электроспрядение из бактериальной целлюлозной фибриллы. Бактериальные целлюлозные фибриллы получены кислотным гидролизом в 65 мас.% серной кислоте при 40°C в течение 16 ч. при непрерывном перемешивании. После завершения гидролиза реакцию гасят, погружая

колбу в ванну с ледяной водой. Фибриллы целлюлозы получали путем тщательной промывки с использованием центрифугирования и диализа. Конечная концентрация водных дисперсий обычно составляла 0,07 мас.%, которую определяли по массе конечного раствора (рисунок 6).



(а) набухший в воде гелеобразный слой бактериальной целлюлозы после экстракции клеток в растворе NaOH; (б) фибриллы целлюлозы, диспергированные в воде; Изображения СЭМ бактериальной целлюлозы (с) до и (д) после гидролиза [52].

Рисунок 6 – Приготовление нитевидных кристаллов гидролизованной бактериальной целлюлозы

Смеси бактериальных фибрилл целлюлозы/полиэтилен оксид (ПЭО) в воде получали добавлением растворов ПЭО к водным растворам бактериальной целлюлозы (5,0 мас.%). Электропрядение выполнялось с использованием стальной капиллярной трубки с наконечником диаметром 1,5 мм, установленной на регулируемой электрически изолированной подставке, как описано в более раннем исследовании [52]. Капиллярная трубка поддерживалась под высоким электрическим потенциалом для электроспиннинга и была установлена в форме параллельных пластин. Капиллярную трубку подсоединяли к шприцу, заполненному 5 мл смеси бактериальной целлюлозы/ПЭО или раствора ПЭО. Добавление ПЭО к суспензии нитевидных кристаллов создавало вязкость и поверхностное натяжение, подходящие для электроспиннинга. Расстояние между наконечником и коллектором составляло 20 см, скорость потока всех жидкостей составляла 0,03 мл/мин. По мере постепенного увеличения разности

потенциалов между наконечником капилляра и противозлектродом (с 12 до 24 кВ/см) капля на конце наконечника капилляра вытягивалась из полусферической формы в форму конуса. Приложенные напряжения приводили к возникновению струи вблизи конца капилляра, что вызывало ускоренное затвердевание струи жидкости и образование твердых волокон с диаметром в субмикронном диапазоне (140-20 нм, N50). На диаметр нановолокон повлияло включение в них нитевидных кристаллов целлюлозы (рисунок 7). Когда содержание нитевидных кристаллов целлюлозы составляло 0,2 мас.% и 0,4 мас.%, Диаметр волокна составлял 250–40 нм и 300–40 нм (N¹/450), соответственно. Нановолокна, полученные методом электропрядения с различным содержанием фибриллов, показали относительно увеличенный диаметр волокна и более широкое распределение по размерам по сравнению с волокнами из полиэтилена электропрядения без вискером. Анализ СЭМ показал, что нитевидные кристаллы целлюлозы хорошо интегрированы в электропряденные волокна. Поверхность нановолокон из электропряденного ПЭО без вискером очень гладкая, как показано на рисунке 7 (а). С другой стороны, добавление вискером к ПЭО сделало поверхность волокна шероховатой и неровной, в то время как фибриллы были хорошо внедрены в волокно (рисунок 7 (б) и 7 (в)). Ясно показано, что некоторые части фибриллов выступали со стороны нановолокон. Существование вискером было эффективным в улучшении механических свойств электропряденных матов [53].

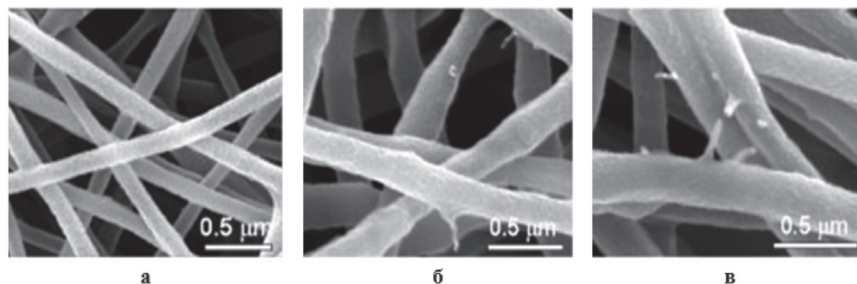


Рисунок 7 – СЭМ-изображение электропряденного ПЭО-волокна, содержащего фибриллы бактериальной целлюлозы. (а) 0 мас.%, (б) 0,2 мас.% и (в) 0,4 мас.% нитевидных кристаллов [53].

Наноцеллюлоза. Наноцеллюлозу можно разделить на три основные категории: (1) нановолокна целлюлозы (НВЦ); (2) нанокристаллы целлюлозы (НКЦ) и (3) БЦ или бактериальная наноцеллюлоза (БНЦ) [54].

Основное различие между НВЦ и НКЦ заключается в их размерах и кристаллической структуре. НВЦ имеют длину в микромасштабе и диаметр в наномасштабе, НКЦ имеют длину и диаметр, которые находятся в наномасштабе [55]; точнее, НВЦ представляют собой фибриллы длиной в несколько микрометров и диаметром в диапазоне от 3 до 50 нм, а НКЦ имеют стержнеобразную конфигурацию нанокристаллов с длиной в диапазоне от 10 до 500 нм и диаметром в несколько нанометров (рисунок 8) [56]. Получение наноцеллюлозы (НВЦ, НКЦ и БЦ) из различных источников приведено в таблице 3. Различия в кристаллической структуре НВЦ и НКЦ являются результатом процесса их получения. НВЦ содержит либо кристаллические области, либо аморфные области, в которых аморфные домены придают НВЦ определенную гибкость. В свою очередь, НКЦ в основном представляют собой наночастицы, состоящие преимущественно из чистой кристаллической целлюлозы [57].

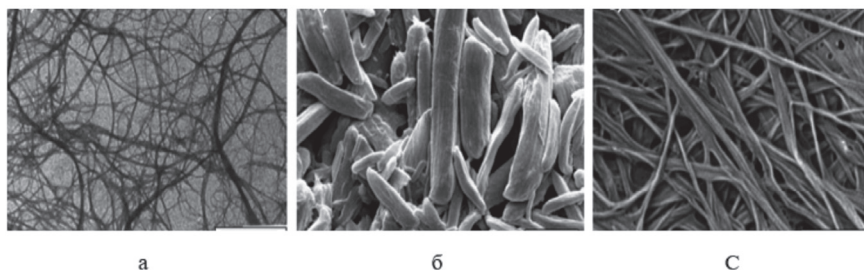


Рисунок 8 – ПЭМ-изображение нановолокон целлюлозы (НВЦ) - а; СЭМ-изображение нанокристаллов целлюлозы (НКЦ), которые были деагломерированы - б; СЭМ изображение БЦ – с [56].

Получение НВЦ из различных целлюлозных источников осуществляется посредством механической обработки, часто в сочетании с некоторой химической или ферментативной предварительной обработкой с последующей стадией дезинтеграции. Наиболее распространенными химическими предварительными обработками являются, возможно, те, которые делают волокна целлюлозы (используемые, когда источником является древесина) заряженными, например, анионными или катионными. Таким образом, химические и ферментативные предварительные обработки, такие как катионизация, гидролиз, окисление оксиллом, ацетилирование и силилирование, были использованы для облегчения механической обработки и, таким образом, снижения энергопотребления при достижении желаемого химического состава поверхности. Тем не менее,

следует соблюдать осторожность во время механической обработки, поскольку длина нановолокон зависит от степени воздействия на материал этого этапа обработки. Кроме того, источник целлюлозы также будет играть важную роль в конечном продукте, поскольку он определяет предварительную обработку, которую необходимо провести [58].

БЦ – это еще один класс наноцеллюлозных материалов, который был разработан с целью преодоления ограничений целлюлозы и других природных или синтетических материалов [59]. БЦ химически похож на целлюлозу, полученную из растений; однако он не содержит лигнина, пектина и гемицеллюлоз, и в его структуре очень мало карбонила и карбоксила. БЦ - это биосовместимый, высокопористый и высококристаллический (84-89%) полимер, обладающий высокой степенью полимеризации (до 8000), более тонкой сетчатой структурой и необычайной механической прочностью, особенно во влажном состоянии, которая была сравнима с другими нановолокнами растений. Другим важным свойством БЦ является его способность к формированию *in situ* (например, формирование во время биосинтеза) [60]. Исследовано, что многие бактерии из рода *Acetobacter*, *Agrobacterium*, *Pseudomonas*, *Rhizobium*, *Achromobacter*, *Bacillus*, *Azotobacter*, *Enterobacter*, *Klebsiella*, *Salmonella* и *Sarcina* секретируют БЦ в качестве механизма защиты от ультрафиолета или других микроорганизмов, таких как грибы и дрожжи [61]. На свойства сильно влияет организм-источник и условия культивирования. Свойства БЦ сильно зависят от организма-источника и условий культивирования [62]. Наиболее распространенным продуцентом БЦ являются грамтрицательные бактерии *Gluconacetobacter xylinus*, ранее известные как *Acetobacter xylinum*, которые выделяют целлюлозу в процессе метаболизма углеводов [59].

Применение нановолокна при заживлении ран: эффект со специализированными биомолекулами. При уходе за ранами инфекция является серьезной проблемой, так как она задерживают процесс заживления, приводя к обезображиванию тканей или даже смерти пациента. *S. aureus* и *P. aeruginosa* являются наиболее распространенными бактериями, которые выделяются из хронических ран, поскольку *S. aureus* обычно обнаруживается поверх раны, а *P. aeruginosa* - в самых глубоких областях. Они могут экспрессировать факторы вирулентности и поверхностные белки, которые влияют на заживление ран. Коинфекция *S. aureus* и *P. aeruginosa* еще более проблематична, поскольку вирулентность повышена; обе бактерии обладают внутренней и приобретенной устойчивостью к антибиотикам, что делает клиническое ведение этих инфекций реальной проблемой [63-70]. Бактерии, нативные для кожи человека,

такие как *Staphylococcus epidermidis* (грамположительные), также могут стать патогенными при воздействии системной циркуляции в раневом ложе [71]. Поэтому немедленная помощь открытым ранам играет ключевую роль в предотвращении инфекции [72]. Эффекты токсичности могут возникать из-за разнообразия химических структур и свойств целлюлозы разных типов и источников. Среди наноцеллюлоз БЦ считается наиболее биосовместимым и уже применяется в повязках для ран [73].

Включение БЦ в состав синтетических и природных полимеров было осуществлено для улучшения их морфологических характеристик, а также физико-химических и биологических характеристик. Широкий спектр полимеров, таких как хитозан, поликапролактон (ПКЛ), полиэтиленоксид (ПЭО), этиленвиниловый спирт (ЭВ-ОН), поливиниловый спирт (ПВ-ОН), полимолочная кислота (ПМК), полиакрилонитрил (ПАН), полиэстер и шелк, были смешаны с БЦ и обработаны методом электроспиннинга. Функционализация с помощью 3-аминопропилтриэтоксисилана (АПС) была предпринята для дальнейшего улучшения прикрепления клеток и антибактериальных свойств БЦ-содержащих электропряденых мембран для заживления ран. Мембраны БЦ, привитые двумя органосиланами и ацетилированные, также показали улучшенную влагостойкость и гидрофобность [46].

Наночастицы. НЧ с антимикробной активностью, которые были исследованы в сочетании с перевязочными материалами - это биоактивное стекло, золото, медь, церий, оксид цинка, углерод, диоксид титана, галлий, оксид азота и НЧ серебро [74]. Они обладают бактериостатической и бактерицидной способностью, сниженной токсичностью *in vivo* (при низких концентрациях), низкой стоимостью и обладают физическими, химическими и биологическими свойствами, запускающими сложные биологические реакции [75]. НЧ серебро уже находят клиническое применение, будучи найденными в повязках, гелях или мазях для местного лечения инфицированных ожогов и открытых ран, включая хронические язвы [76]. Однако все еще существуют некоторые неблагоприятные последствия, связанные с чрезмерным использованием НЧ серебро. В высоких концентрациях НЧ серебро может быть токсичным для клеток человека, подавляя рекрутирование иммунных клеток, регенерацию эпидермальных клеток и, в конечном счете, препятствуя заживлению ран. Кроме того, как и антибиотики, длительное лечение ионами металлов может привести к появлению устойчивых штаммов бактерий. Поэтому для предотвращения таких событий необходим баланс между воздействием на клетки и действием против микроорганизмов [77].

Таблица 3 – Производство наноцеллюлозы (НВЦ, НКЦ и БЦ) из различных источников [63].

Тип	Исходный материал	Основной компонент	Методы	Исследование	Лит.
	Пшеничная солом (ПС) Отходы пшеничной соломы (ОПС)	p-TsOH	Фракционирование ПС и ОПС с использованием p-TsOH: (1) ПС или ОПС добавляли к концентрированному раствору кислоты при непрерывном перемешивании; (2) после этого его отфильтровали. Механическое фибрирование: (1) два образца гидролизованного волокна были механически фибрированы для получения ЛЦНВ. Последующая обработка щелочной перекисью: (1) отбеливание проводилось при 60°C путем добавления полученной суспензии ЛЦНВ к раствору H ₂ O ₂ (перемешивание); (2) pH суспензию доводили до 11,5 с помощью 4 М NaOH; (3) полученный очищенный ЛЦНВ (Р- ЛЦНВ) диализуют с использованием dH ₂ O до тех пор, пока pH не станет постоянным.	Последующая обработка щелочной перекисью дополнено проведена для получения очищенных лигноцеллюлозных нановолокон (Р-ЛЦНВ) с низким содержанием лигнина и тонкими диаметрами. Процесс низкотемпературного фракционирования на ПС и ОПС-волокна может дать целлюлозные наноматериалы с потенциальной добавленной стоимостью для различных применений и открыть новый эффективный инструмент для обработки сельскохозяйственных отходов.	64
НВЦ	Шелуха ареканута (ША)	НСi, NaOH	Выделение нановолокон целлюлозы: (1) высушенные волокна ША депарафинировали смесь толуола и этанола в течение 48 ч при 50°C с последующей промывкой кипятком и сушкой на воздухе; (2) высушенные волокна были затем разрезаны; (3) для удаления лигнина и гемицеллюлозы применяли обработку NaOH при температуре 50°C в течение 4 ч; (4) образцы промывали для удаления щелочных соединений и обрабатывали HCl для разрушения клеточных стенок и отделения микроволокон; (5) волокна были промыты dH ₂ O для устранения любых следов кислоты; (6) волокна измельчали в целлюлозную	Высококристаллические и термостабильные нановолокна целлюлозы с очень высоким соотношением были получены из волокон ША гидролизом HCl с последующей механической фибрилляцией.	65

НКЦ	Отходы полиэфирно-хлопчатобумажных смесовых тканей (ПХБС)	$H_3PW_{12}O_{40}$	<p>форму и снова обрабатывали щелочью для удаления оставшихся нецеллюлозных компонентов с последующим кислотным гидролизом; (7) делигнификацию далее проводили отбеливанием $NaClO_2$ и ледяной уксусной кислотой в течение 2 ч при температуре $60^\circ C$.</p> <p>Разделительная обработка: (1) (ПХБС) смешивали с водным раствором $H_3PW_{12}O_{40}$ и нагревали до $120-170^\circ C$ в течение 3-8 ч; (2) раствор фильтровали, а МКЦ сушили в вакуумной печи при температуре $60^\circ C$ в течение 6 ч и хранили для дальнейшей обработки.</p>	<p>Оптимальные условия для разделительной обработки были определены следующим образом: концентрация НРВ 3,47 ммоль / л, соотношение твердое вещество / жидкость 1/20, температура реакции $140^\circ C$ и время реакции 6 ч.; Выходы МКЦ 85,12% соответственно.</p>	66
НКЦ	Скорлупа земляного ореха (СЗА)	H_2SO_4	<p>Предварительная обработка: (1) СЗА очищали промывкой в dH_2O, сушили и измельчали; (2) порошкообразные оболочки подвергли экстракции по Соклету в течение 8 ч, с использованием бензола / метанола; (3) депарафинированные скорлупы отбеливали $NaClO_2$ для удаления лигнина при $70^\circ C$ в течение 2 ч., а затем фильтровали; (4) полученную холощеллюлозу обрабатывали раствором 1М NaOH при $65^\circ C$ в течение 2 ч, для удаления гемиллюлозы; (5) экстрагированный продукт сушили в течение 24 ч при $100^\circ C$; Выделение нанокристаллов целлюлозы: (1) некоторое количество целлюлозы обрабатывали H_2SO_4 в течение 75 мин. при $45^\circ C$; (2) в конце образцы были промыты.</p>	<p>НКЦ были успешно выделены из скорлупы арахиса после очистки и обработки кислотным гидролизом, достигнув выхода 12%.</p>	67

	Отходы картофельной кожуры (ОКК)	HNO_3 ; H_2SO_4 ; HCl ; H_3PO_4	<p>Производство кислотного гидролизата ОКК: (1) ОКК добавляли к растворам HNO_3, H_2SO_4, HCl и H_3PO_4 при 100°C в течение 2, 3, 4 и 6 ч.; (2) pH каждой смеси нейтрализовали до 6 с помощью 1 М NaOH; ОКК в качестве альтернативной среды для производства БЦ; пять факторов были протестированы для оптимизации производства БЦ, начальный pH (7–11), объем среды (мл), размер посевного материала (4–12%), температура ($25\text{--}45^\circ\text{C}$) и время инкубации (2–6 дней); Очистка БЦ: (1) произведенный БЦ собрали, промыли dH_2O и погрузили в 1 н. NaOH при 60°C на 90 мин. для удаления прикреплённых клеток и примесей; (2) пленки промывали метанолом и dH_2O, сушили при 60°C в течение 24 ч..</p>	<p>Максимальный выход БЦ был достигнут при использовании гидролизата азотной кислоты ОКК с концентрацией 2,61 г/л с последующим использованием гидролизата серной кислоты ОКК с концентрацией 2,18 г/л; Оптимальные условия получения БЦ были определены как pH 9 с размером посевного материала 8% и объемом 55 мл при 35°C и инкубации в течение 6 дн.</p> <p>68</p>
	Пшеничная солом (ПС)	[AMIM]Cl	<p>Предварительная обработка: (1) ПС смешивали с ИЖ (ионная жидкость); (2) смесь нагревали от 90 до 120°C и инкубировали разное время при 500 об / мин; (3) к раствору солома / ИЖ добавляли dH_2O для регенерации соломы; Ферментативный гидролиз: (1) регенерированный WS помещали в ацетатный буфер (pH 5,0), содержащий целлюлазу, и инкубировали при 50°C при 80 об/мин.</p>	<p>Гидролитическая эффективность регенерированной соломы увеличилась по сравнению с необработанными материалами; Выход соломы составил 71,2% после предварительной обработки в [AMIM]Cl при 110°C в течение 1,5 ч с дозированной соломы 3 мас.%, что в 3,6 раза выше, чем у необработанной соломы (19,6%); Выход БЦ, полученный из гидролизатов соломы, был выше, чем из сред на основе глюкозы.</p> <p>69</p>

СП: стелень полимеризации; $\text{H}_2\text{PW}_{12}\text{O}_{40}$: фосфорновольфрамовая кислота; NaOH : едкий натрий; NaClO_2 : хлорит натрия;
 H_2SO_4 : серная кислота; $\text{C}_2\text{H}_5\text{CN}$: 1-этил-3-метилэтилкарбодимидазолийхлорид; $p\text{-TsOH}$: p -толуолсульфонная кислота; HCl : соляная кислота; $\text{C}_2\text{H}_6\text{O}$: этанол; HNO_3 : азотная кислота; H_3PO_4 : фосфорная кислота; [AMIM]Cl: 1-аллил-3-метилимидазолий хлорид;

ЛЦНВ: лигноцеллюлозные нановолокно.

Натуральные экстракты. Биомолекулы, полученные из природных экстрактов, приобретают все больший интерес в биомедицине в качестве альтернативы для преодоления проблем, связанных с устойчивостью и токсичностью антибиотиков и чрезмерным использованием соединений на основе серебра [78]. Использование растительных экстрактов для лечения ран и раневых заболеваний является очень распространенной практикой. Тимол, азиатикиозид, куркумин, галловая кислота и гингерол являются некоторыми примерами биоактивных молекул, используемых в комбинации с электропрядеными нанокомпозитами, содержащими производные целлюлозы. Использование растительных экстрактов в медицине насчитывает сотни лет. Например, природные экстракты, полученные из Алоэ вера, такие как эмодин (3,8-тригидрокси-6-метил-антрахинон), антиоксидантное соединение, часто используются при лечении ожогов. Экстракты Нима (*Azadiracta indica*), содержащие омега-жирные кислоты, также имеют многочисленные медицинские и косметические применения. Действительно, различные растительные экстракты и активные компоненты, сформулированные в виде нановолокон или наночастиц, снова вызывают интерес для терапевтических целей [79] из-за их низкой стоимости, биодоступности и превосходной эффективности с ограниченными побочными эффектами по сравнению с более современными и синтетическими альтернативами.

Нагрузка лекарственных средств. Многочисленные гидрофильные и гидрофобные препараты, были включены в электропрядение полимерных нановолокон. В общем случае полимер растворяют в органическом растворителе и препарат медленно добавляют в раствор полимера при перемешивании, чтобы гарантировать однородное распределение [80]. Традиционный метод электроспиннинга позволяет несколько контролировать высвобождение лекарственного средства путем модуляции размера и плотности пор, а также скорости деградации полимеров; тем не менее, всплески лекарственного средства с последующим цитотоксическим эффектом остаются [81]. В таблице 4 собраны некоторые из наиболее успешных составов лекарственных препаратов и нанокомпозитов электроспрядения, содержащих целлюлозу, АЦ или любые разновидности наноцеллюлозы. Несколько исследовательских групп сосредоточились на разработке новых систем доставки лекарств с так называемым эффективным контролируемым высвобождением, чтобы преодолеть этих слабость. Многожидкостные, коаксиальные и триаксиальные электроспиннин-

говые подходы, способные генерировать сложные наноструктуры, могут позволить более эффективно контролировать это начальное взрывное высвобождение, ограничивая часть препарата ядром волокна, а другую-поверхностью. Таким образом, при растворении молекулы в ядре должны диффундировать через нерастворимую оболочку до достижения объемного раствора. В таблице 5 собраны некоторые из наиболее успешных составов лекарственных препаратов и нанокомпозитов электропрядения, содержащих целлюлозу, АЦ или любые разновидности наноцеллюлозы. Как объяснялось ранее, АЦ является самым старым, наиболее исследованным производным целлюлозы, и поэтому лекарственная нагрузка на АЦ-содержащие электропряденные раневые повязки более рецидивирующая. Как объяснялось ранее, АЦ - это старейшее, и наиболее изученное производное целлюлозы, и поэтому нагрузка на раневые перевязочные материалы, содержащие АЦ, с помощью электропрядения, является более возобновляющейся [82].

Альтернативные методы заживления ран. Заживление ран - очень сложный процесс восстановления тканей, основанный на синергетическом действии ряда различных клеток, цитокинов, ферментов и факторов роста. Современные методы лечения не в состоянии удовлетворить требования окружающей среды, окружающей эти раны. Поэтому были разработаны многогранные биоактивные повязки для более эффективного ответа на эти потребности в ранах [78]. В качестве альтернативы ранее упомянутым добавкам, лекарствам, наночастицам или натуральным экстрактам, другие молекулы, такие как факторы роста, гормоны или ферменты, также были включены в нановолокнистые повязки для содействия заживлению ран [83-89].

Электропряденные нанокомпозиты на биологической основе, содержащие обезболивающий местный анестетик, бензокаин (БзК) и краситель бромкрезоловый зеленый (БкЗ), определяющий pH *in situ*, были разработаны для использования в качестве двойной системы наноносителей для лечения инфицированных ран. БзК и БкЗ были введены в нановолокна на основе СА с использованием одностадийного процесса безыгольного электроспиннинга. Исследования высвобождения *in vitro* продемонстрировали pH-зависимое контролируемое высвобождение БзК и подтвердили ожидаемую максимальную скорость высвобождения лекарства при pH 9,0, среднем значении pH инфицированной раны [90]. Для улучшения взаимодействия между

Таблица 4 – Обработка электропряденых матов, содержащих целлюлозу, АЦ и наноцеллюлозу, с добавлением молекул лекарственного средства [82].

Лечебное средство	Полимер (ы) и растворитель (и)	Условия обработки	Наблюдения	Лит.
Тетрациклина гидрохлорид	3% масс. / об. ТКМЦ в ДМФ; 1% мас. / об. ПЭО в СНCl ₃	Электропрядение с одним соплом и стержень-оболочкой; Привитая сополимеризация: NaКМЦ прививали сополимером NaКМЦ-со-МА, происходящим из МА (ТКМЦ); Единичное согло: 5% ТГ (по отношению к концентрации метанола) добавляли к ТКМЦ / ПЭО и обрабатывали при 15 кВ, расстоянии 20 см и скорости подачи 3 мл / ч; Ядро-оболочка: ТКМЦ использовали на оболочке и 5% масс / масс ТГ / ПЭО использовали в сердцевине, волокна были изготовлены с использованием потенциала 15 кВ, расстояния 18 см и скорости подачи 0,4 мл / ч.	Волокна, полученные из смеси полимеров, были более однородными и без шариков, чем волокна, полученные из ядро-оболочки; Профиль высвобождения ТГ в нановолокнах ядро-оболочка был более эффективным, с начальным выбросом только 26% (первые 30 мин) и 92% высвобождением в течение 72 часов; Нановолокна ТКМЦ / ПЭО, нагруженные ТГ, показали отличные антибактериальные эффекты против грамположительных бактерий.	83
Тетрациклина гидрохлорид	18% АЦ в смеси ацетон / ДМАц при 2/1 об/об; 10% ПКЛ в ДМФ / ТГФ при 1/1 об./об. ; АЦ / ПКЛ смешивали в соотношении 1/1, 2/1 и 3/1 об/об; К АЦ / ПКЛ добавляли 1% декстрана.	Электропрядение с одним соплом; 1% ТГЦ был добавлен к АЦ / ПКЛ / декстрану; Волокна были изготовлены с использованием потенциала 15 кВ, расстояния 15 см и скорости подачи 1,0 мл / ч.	Диаметры волокон варьировались от 0,28 до 2,20 м.; АЦ / ПКЛ / Декстран/ТГФ были очень гладкими; Больше количество ПКЛ производится более равномерная волокна; Волокна, модифицированные декстраном, были плотными, однородными и имели меньший диаметр; Загруженные ТГЦ нановолокна были очень биосовместимы, ускоряя пролиферацию и дифференцировку фибробластов 3Т3; Маты с лекарственной нагрузкой были эффективны против бактерий <i>S. aureus</i> и <i>E. coli</i> .	84

Т е т р а - циклина ги- дрохлорид	10% мас. / об. ПГБГВ в хлороформе / ДМФ при 9/1 по массе	Электроспиннинг с одним соплом; 1, 3, 6, 9 и 10% НКЦ были добавлены к раствору ПГБГВ; 5, 15 и 25% ТГ были добавлены к раство- рам ПГБГВ / НКЦ; Волокна были получе- ны с использованием потенциала 15 кВ на расстоянии 18 см и скорости подачи 1,0 мл / ч (в течение 6 ч).	Добавление от 3 до 6% НКЦ к на- новолокнам ПГБГВ (1025 96 нм) уменьшило количество волокон с 748 62 до 620 33 нм, соответствен- но; Прочность на растяжение и мо- дуль Юнга увеличивались с уве- личением содержания НКЦ и до- стигли максимума при 6% вес / вес НКЦ; Более высокое содержание НКЦ улучшило гидрофильность нано- композита ПГБГВ; Процент загруженного лекарствен- ного средства и эффективность загрузки составляли 25,0 и 98,8% соответственно (86% Гф было доставлено в течение 540 ч. для нановолокон, содержащих 6% об. / об. НКЦ).	85
Т е т р а - циклина ги- дрохлорид	16% ПКЛ в уксусной кислоте / dH_2O 90/10 об. /об.	Электроспиннинг с одним соплом; Синтез НКЦ: (1) из хлопковых отходов экстрагировали высокомолекулярную целлюлозу; (2) гидролиз целлюлозы в H_2SO_4 ; 1% ТГ растворяли в 90% уксусной кислоте; 0, 0,5, 1,0, 1,5, 2,5, 4% НКЦ были добав- лены в ТГ раствор, а затем смешанный с ПКЛ; Волокна были изготовлены на напря- жение 17 кВ с расстояния 16 см и скорость подачи 0,9 мл/ч.	Наименьшие диаметры волокон были получены при 4% НКЦ; Наи- большее растягивающее напряже- ние было получено при использо- вании 1,5% НКЦ; В ходе исследо- ваний биодеградации потеря веса образцов, инкорпорированных НКЦ, была значительно выше, чем для чистых нановолокон ПКЛ; Высвобождение препарата проис- ходило медленнее с увеличением количества НКЦ в нановолокнах ПКЛ.	86

<p>Т е т р а - циклина ги- дрохлорид</p>	<p>10% ПКА в хлоро- форме / ДМФ при 9/1 об./об.</p>	<p>Электроспиннинг с одним соплом; Синтез НКЦ: МКЦ гидролизовали в H₂SO₄; ПЭГ / НКЦ смешивали в соотношении 1/1; ПМК смешивали с ПЭГ / НКЦ в количестве 1–10% по массе; К полимерной смеси добавляли 3, 10, 15, 20 и 30% ТГ. Волокна были изготовлены на напряжение 18 кВ с расстояния 15 см и скорость подачи 1 мл/ч.</p>	<p>Диаметр нановолокон ПКАсостав- лял 2,5 0,1 м и уменьшался до 1,2 0,1 м при добавлении 10% мас. / Мас. ПЭГ / НКЦ; Повышенная за- грузка лекарственного средства уменьшала диаметр волокон; Кра- евой угол смачивания водой был значительно уменьшен за счет 87 включения 10% об. / об. ПЭГ / НКЦ; Композитные нановолокна, содержащие 15–30% ТН, доставля- ли более 95,7% своего содержа- ния в течение 1032 ч., в то время как чистые нановолокна ПМК выс- вободили только 13% лекарствен- ного средства; Композитные нановолокна пока- зали хорошую биосовместимость с клетками MG63.</p>
<p>Амоксицип- лин</p>	<p>8% АЦ в смеси аце- тон / вода при 80/20 об./об 8% об. / об. ПВП в смеси этанол / вода при 85/15 об. / об.</p>	<p>Коаксиальный электроспиннинг; Были произведены два различных нано- волокон: АЦ / ПВП / АЦ; ПВП-ядро и ПВП / АЦ / ПВП; АЦ-ядро; Волокна были изготовлены с использова- нием потенциала 15 кВ, расстояния 15 см и скорости подачи от 0,3 до 1,0 мл/ч; После электроспиннинга высушенные об- разцы прямоугольной формы погружали в 1 М водный раствор амоксициллина на 90 мин.</p>	<p>АЦ / ПВП / АЦ после промывки в воде показал наличие цилиндри- ческих волокон; ПВП / АЦ / ПВП, промытый водой, показал меньший диаметр (из-за растворения ПВП); Диаметр волокон от 0,5 до 2,0 м; Модуль Юнга и деформация при разрыве АЦ / ПВП / АЦ немного выше, чем у ПВП / АЦ / ПВП; Кинетика высвобождения лекар- ства зависела от pH среды; Время высвобождения амоксициллина составляло 15 дн. и ускорилось при щелочном pH (pH = 7,2). 88</p>

ТГ - Тетрациклина гидрохлорид; ЭЦ - этилцеллюлоза; ПВП - поливинилпирролидон; СНСI₄ - хлороформ; ТКМЦ - термопла-
стичная карбоксиметилцеллюлоза; ПЭО -поли(этилен оксид); ДМАц; диметилтацетамид; ДМФ; диметилформамид; ТГФ - те-
трагидрофуран; ПКЛ- поликапролактон; ПМК- полимолочная кислота; ПБГВ-поли (3-гидроксибутират-со-3-гидроксиацетат);
МКС- микрокристаллическая целлюлоза; ПЭГ - полиэтиленгликоль; МА- метил акрилат

клетками и скелетами, модифицировали поверхность нановолокон из термопластичного полиуретана (ТПУ) частицами НВЦ с помощью ультразвуковой техники и использовали полидофамин в качестве связующего агента. Эти композиты увеличивают прикрепление и жизнеспособность клеток, демонстрируя превосходные биологические и механические свойства [91]. В другом подходе Колокович и др. продуцировали микрочастицы НВЦ, нагруженные лекарством, с помощью метода распылительной сушки и выявили замедленное высвобождение лекарства за счет плотной сети, которая ограничивала выход лекарства из системы [92]. Эти исследования предлагают новые структуры для доставки эффективных методов лечения при заживлении ран, в которых устойчивость материалов и сохранение окружающей среды являются решающими факторами во время обработки.

Выводы. Электроспиннинг рассматривается как один из наиболее эффективных инструментов для производства повязок с трехмерной структурой, сходной с внеклеточным матриксом кожи. Целлюлозное волокно было успешно подвергнуто электрообработке с использованием ионных жидкостей и органических растворителей или их смесей. Натуральные экстракты растений, альтернативные лекарства, а также органические и неорганические наночастицы были объединены с выбранными нановолоконными системами на основе компонентов целлюлозы для ускоренного заживления ран. У бактериальной целлюлозы много преимуществ: в ней много воды, она не содержит посторонних примесей и оказывает успокаивающее действие на раны. Все это делает ее перспективным материалом для создания трансплантатов, биосенсоров и оболочек для пересаживаемых органов. Несмотря на то, что многие исследования сообщают о доступности целлюлозы, ее переработка остается очень сложной задачей, и исследователи обращаются к АЦ для облегчения производства повязок с помощью электроспиннинга. Действительно, АЦ является наиболее часто встречающимся производным целлюлозы, применяемым в производстве раневых повязок, причем многие системы с лекарственной нагрузкой уже разработаны. Исследования, проанализированные в настоящем обзоре, хорошо отражают напряженную работу вокруг этой темы и растущую озабоченность разработкой устойчивых решений, которые все еще способны ускорить заживление ран и предотвратить возможные инфекции. Этим составам еще предстоит пройти долгий путь до крупномасштабного производства с минимальным воздействием на окружающую среду. Несмотря на

то, что уже существуют более экологичные альтернативы, использующие чистые растворители, технологии с низким энергопотреблением и биоразлагаемые дополнительные полимеры, предстоит еще много работы для получения «зеленой» и эффективной раневой повязки для лечения ран.

Список литературы

1 *Ghaaribohlouli P., Hamidzadeh F.; Zahedi, P., Fallahdarrehchi M.* Antibacterial nanofibers based on poly (l-lactide-co-d, l-lactide) and poly (vinyl alcohol) used in wound dressings potentially: A comparison between hybrid and blend properties. *J. Biomater. Sci. Polym. Ed.* 2020, 31, 219–243.

2 *Wang P.H., Huang B.S., Horng H.C., Yeh C.C.; Chen Y.J.* Wound healing. *J. Chin. Med. Assoc.* 2018, 81, 94–101.

3 *Li H., Williams G.R., Wu J., Lv Y., Sun X., Wu H., Zhu L.M.* Thermosensitive nanofibers loaded with ciprofloxacin as antibacterial wound dressing materials. *Int. J. Pharm.* 2017, 517, 135–147.

4 *Wang J., Windbergs M.* Functional electrospun fibers for the treatment of human skin wounds. *Eur. J. Pharm. Biopharm.* 2017, 119, 283–299.

5 *Lv, P., Muhammad, N., Qufu, W., Huimin, Z. & Tayyab, N.* 2018. A novel in situ self-assembling fabrication method for bacterial cellulose-electrospun nanofiber hybrid structures. *Polymers* 10(7): 712.

6 *Jaworek, A., Krupa, A., Lackowski, M., Sobczyk, A.T., Czech, T., Ramakrishna, S., Sundarajan, S. & Pliszka, D.* 2009. Electrospinning and electrospaying techniques for nanocomposite non-woven fabric production. *Fibres and Textiles in Eastern Europe* 75(4): 77-81.

7 *Golizadeh, M.; Karimi, A.; Gandomi-ravandi, S.; Vossoughi, M.; Khafaji, M.; Joghataei, M.; Faghihi, F.* Evaluation of cellular attachment and proliferation on different surface charged functional cellulose electrospun nanofibers. *Carbohydr. Polym.* 2019, 207, 796–805.

8 *Poonguzhali, R.; Basha, S.K.; Kumari, V.S.* Novel asymmetric chitosan/PVP/nanocellulose wound dressing: In vitro and in vivo evaluation. *Int. J. Biol. Macromol.* 2018, 112, 1300–1309.

9 *Salas, C.; Nypelö, T.; Rodriguez-abreu, C.; Carrillo, C.; Rojas, O.J.* Nanocellulose properties and applications in colloids and interfaces. *Curr. Opin. Colloid Interface Sci.* 2014, 19, 383–396.

10 *Jorfi, M.; Foster, E.J.* Recent advances in nanocellulose for biomedical applications. *Appl. Polym.* 2015, 41719, 1–19.

11 *Moura, L.I.F.; Dias, A.M.A.; Carvalho, E.; De Sousa, H.C.* Recent advances on the development of wound dressings for diabetic foot ulcer treatment—A review. *Acta Biomater.* 2013, 9, 7093–7114.

12 *Huang, Y.; Dan, N.; Dan, W.; Zhao, W.; Bai, Z.; Chen, Y.; Yang, C.* Bilayered Antimicrobial Nanofiber Membranes for Wound Dressings via in Situ Cross-Linking

Polymerization and Electrospinning. *Ind. Eng. Chem. Res.* 2018, 57, 17048–17057.

13 Skórkowska-Telichowska, K.; Czemplik, M.; Kulma, A.; Szopa, J. The local treatment and available dressings designed for chronic wounds. *J. Am. Acad. Dermatol.* 2013, 68, e117–e126.

14 Hasatsri, S.; Pitiratanaworarat, A.; Swangwit, S.; Boochakul, C.; Tragoonsupachai, C. Comparison of the Morphological and Physical Properties of Different Absorbent Wound Dressings. *Dermatol. Res. Pract.* 2018, 2018.

15 Pang, Q.; Zheng, X.; Luo, Y.; Ma, L.; Gao, C. A photo-cleavable polyprodrug-loaded wound dressing with UV-responsive antibacterial property. *J. Mater. Chem. B* 2017, 5, 8975–8982.

16 Jones, V.; Grey, J.E.; Harding, K.G. ABC of wound healing Wound dressings. *Practice* 2006, 332, 777–780

17 Gupta, A.; Low, W.L.; Radecka, I.; Britland, S.T.; Mohd Amin, M.C.I.; Martin, C. Characterisation and in vitro antimicrobial activity of biosynthetic silver-loaded bacterial cellulose hydrogels. *J. Microencapsul.* 2016, 33, 725–734.

18 Felgueiras, H.P.; Amorim, M.T.P. Electrospun polymeric dressings functionalized with antimicrobial peptides and collagen type i for enhanced wound healing. *IOP Conf. Ser. Mater. Sci. Eng.* 2017, 254, 062004.

19 Hilton, J.R.; Williams, D.T.; Beuker, B.; Miller, D.R.; Harding, K.G. Wound Dressings in Diabetic Foot Disease. *Clin. Infect. Dis.* 2004, 39, S100–S103.

20 Liao, N.; Rajan, A.; Kumar, M.; Prasad, A.; Tshool, S.; Park, C.; Sang, C. Electrospun bioactive poly (E-caprolactone)–cellulose acetate–Dextran antibacterial composite mats for wound dressing applications. *Colloids Surf. A Physicochem. Eng. Asp.* 2015, 469, 194–201.

21 Song, K.; Wu, Q.; Qi, Y.; Karki, T. *Electrospun Nanofibers with Antimicrobial Properties*; Woodhead Publishing: Cambridge, UK, 2017; ISBN 9780081009079.

22 Alavarse, A.C.; de Oliveira Silva, F.W.; Colque, J.T.; da Silva, V.M.; Prieto, T.; Venancio, E.C.; Bonvent, J.J. Tetracycline hydrochloride-loaded electrospun nanofibers mats based on PVA and chitosan for wound dressing. *Mater. Sci. Eng. C* 2017, 77, 271–281.

23 Abdullah, M.F.; Nuge, T.; Andriyana, A.; Ang, B.C.; Muhamad, F. Core-Shell fibers: Design, roles, and controllable release strategies in tissue engineering and drug delivery. *Polymers* 2019, 11.

24 Chen, Y.; Qiu, Y.; Chen, W.; Wei, Q. Electrospun thymol-loaded porous cellulose acetate fibers with potential biomedical applications. *Mater. Sci. Eng. C* 2020, 109, 110536.

25 Gopi, S.; Balakrishnan, P.; Chandradhara, D.; Poovathankandy, D.; Thomas, S. General scenarios of cellulose and its use in the biomedical field. *Mater. Today Chem.* 2019, 13, 59–78.

26 Tausif, M.; Jabbar, A.; Naeem, M.S.; Basit, A.; Ahmad, F.; Cassidy, T. Cotton in the new millennium: Advances, economics, perceptions and problems. *Text. Prog.* 2018, 50, 1–66.

27 *Fahimirad, S.; Ajalloueiان, F.* Naturally-derived electrospun wound dressings for target delivery of bioactive agents. *Int. J. Pharm.* 2019, 566, 307–328.

28 *Ko, S.W.; Soriano, J.P.E.; Rajan Unnithan, A.; Lee, J.Y.; Park, C.H.; Kim, C.S.* Development of bioactive cellulose nanocrystals derived from dominant cellulose polymorphs I and II from *Capsosiphon Fulvescens* for biomedical applications. *Int. J. Biol. Macromol.* 2018, 110, 531–539.

29 *Moon, R.J.; Martini, A.; Nairn, J.; Youngblood, J.; Martini, A.; Nairn, J.* Cellulose Nanomaterials Review: Structure, Properties and Nanocomposites. *Chem. Soc. Rev.* 2011, 40, 3941–3994.

30 *Klemm, D.; Heublein, B.; Fink, H.; Bohn, A.* Polymer Science Cellulose: Fascinating Biopolymer and Sustainable Raw Material *Angewandte. Angew. Chem.* 2005, 44, 3358–3393.

31 *Lin, N.; Dufresne, A.* Nanocellulose in biomedicine: Current status and future prospect. *Eur. Polym. J.* 2014, 59, 302–325.

32 *Golizadeh, M.; Karimi, A.; Gandomi-ravandi, S.; Vossoughi, M.; Khafaji, M.; Joghataei, M.; Faghihi, F.* Evaluation of cellular attachment and proliferation on different surface charged functional cellulose electrospun nano fibers. *Carbohydr. Polym.* 2019, 207, 796–805.

33 *Ahn, Y.; Hu, D.; Hyung, J.; Hyun, S.; Joo, H.; Kim, H.* Effect of co-solvent on the spinnability and properties of electrospun cellulose nanofiber. *Carbohydr. Polym.* 2012, 89, 340–345.

34 *Huang, Z. H.; Kang, F. Y.; Zheng, Y. P.; Yang, J. B.; Liang, K. M.* “Adsorption of trace polar methy-ethyl-ketone and non-polar benzene vapors on viscose rayon-based activated carbon fibers”, *Carbon* 2002, 40 (8), 1363–1367.

35 *Kim, C.-W.; Kim, D.-S.; Kang, S.-Y.; Marquez, M.; Joo, Y. L.* “Structural studies of electrospun cellulose nanofibers”, *Polymer* 2006, 47, 5097–5107.

36 *Khil, M. S.; Kim, H. Y.; Kang, Y. S.; Bang, H. J.; Lee, D. R.; Doo, J. K.* “Preparation of electrospun oxidized cellulose mats and their in vitro degradation behavior”, *Macromolecular Research* 2005, 13 (1), 62–67.

37 *Kulpinski, P.* “Cellulose nanofibers prepared by the N-methylmorpholine-N-oxide method”, *Journal of Applied Polymer Science* 2005, 98 (4), 1855–1859.

38 *Frey, M. W.; Joo, Y.; Kim, C.* “New solvents for cellulose electrospinning and preliminary electrospinning results”, *Abstracts of Papers of the American Chemical Society* 2003, 226, U404–U404.

39 *Frey, M. W.; Song, H.* “Cellulose fibers formed by electrospinning from solution”, *Abstracts of Papers of the American Chemical Society* 2003, 225, U288–U288.

40 *Margaret W. Frey* (2008): *Electrospinning Cellulose and Cellulose Derivatives*. *Polymer Reviews*, 48:2, 378-391

41 *Frenot, A.; Henriksson, M. W.; Walkenstrom, P.* “Electrospinning of cellulose-based nanofibers”, *Journal of Applied Polymer Science* 2007, 103 (3), 1473–1482.

42 *Viswanathan, G.; Murugesan, S.; Pushparaj, V.; Nalamasu, O.; Ajayan, P. M.;*

Linhardt, R. J. "Preparation of biopolymer fibers by electrospinning from room temperature ionic liquids", *Biomacromolecules* 2006, 7 (2), 415–418.

43 *Son, W. K.; Youk, J. H.; Park, W. H.* "Antimicrobial cellulose acetate nanofibers containing silver nanoparticles", *Carbohydrate Polymers* 2006, 65 (4), 430–434.

44 *Son, W. K.; Youk, J. H.; Lee, T. S.; Park, W. H.* "Electrospinning of ultrafine cellulose acetate fibers: Studies of a new solvent system and deacetylation of ultrafine cellulose acetate fibers", *Journal of Polymer Science Part B-Polymer Physics* 2004, 42 (1), 5–11.

45 *Son, W. K.; Youk, J. H.; Lee, T. S.; Park, W. H.* "Preparation of antimicrobial ultrafine cellulose acetate fibers with silver nanoparticles", *Macromolecular Rapid Communications* 2004, 25 (18), 1632–1637.

46 *Son, W. K.; Youk, J. H.; Park, W. H.* "Preparation of ultrafine oxidized cellulose mats via electrospinning", *Biomacromolecules* 2004, 5 (1), 197–201.

47 *Xiang, C.; Frey, M. W.; Taylor, A. G.; Rebovich, M.* "Selective chemical absorbance in electrospun nonwovens", *Journal of Applied Polymer Science* 2007, 106, 2363–2370.

48 *Ding, B.; Li, C. R.; Hotta, Y.; Kim, J. H.; Kuwaki, O.; Shiratori, S.* "Conversion of an electrospun nanofibrous cellulose acetate mat from a super-hydrophilic to super-hydrophobic surface", *Nanotechnology* 2006, 17 (17), 4332–4339.

49 *Ma, Z. W.; Kotaki, M.; Ramakrishna, S.* "Electrospun cellulose nanofiber as affinity membrane", *Journal of Membrane Science* 2005, 265 (1–2), 115–123.

50 *Wang, Y. H.; Hsieh, Y. L.* "Enzyme immobilization to ultra-fine cellulose fibers via Amphiphilic polyethylene glycol spacers", *Journal of Polymer Science Part a-Polymer Chemistry* 2004 42 (17), 4289–4299.

51 *Liu, H. Q.; Hsieh, Y. L.* "Ultrafine fibrous cellulose membranes from electrospinning of cellulose acetate", *Journal of Polymer Science Part B-Polymer Physics* 2002, 40 (18), 2119–2129.

52 *H.-J. Jin, S. Fridrikh, G. C. Rutledge, D.L. Kaplan,* *Biomacromolecules* 2002, 3, 1233.

53 *Won-Il Park, Minsung Kang, Hun-Sik Kim, Hyoung-Joon Jin.* Electrospinning of Poly(ethylene oxide) with Bacterial Cellulose Whiskers: *Macromol. Symp.* 2007, 249-250, 289–294. DOI: 10.1002/masy.200750347

54 *Carlström, I.E.; Rashad, A.; Campodoni, E.; Sandri, M.; Syverud, K.; Bolstad, A.I.; Mustafa, K.* Cross-linked gelatin-nanocellulose scaffolds for bone tissue engineering. *Mater. Lett.* 2020, 264, 1–5.

55 *Kargazadeh, H.; Huang, J.; Lin, N.; Ahmad, I.; Mariano, M.; Dufresne, A.; Thomas, S.; Gał, A.* Recent Developments in Nanocellulose-based Biodegradable Polymers, Thermoplastic Polymers, and Porous Nanocomposites. *Prog. Polym. Sci.* 2018, 87, 197–227.

56 *Luo, H.; Cha, R.; Li, J.; Hao, W.* Advances in tissue engineering of nanocellulose-based scaffolds: A review. *Carbohydr. Polym.* 2019, 224, 115144.

57 *Gopakumar, D.A.; Thomas, S.; Grohens, Y.* Nanocelluloses as Innovative

Polymers for Membrane Applications; Elsevier: Amsterdam, The Netherlands, 2016.

58 Xue, Y.; Mou, Z.; Xiao, H. Nanocellulose as a sustainable biomass material: Structure, properties, present status and future prospects in biomedical applications. *Nanoscale* 2017, 9, 14758–14781.

59 Löbmann, K.; Svagan, A.J. Cellulose nanofibers as excipient for the delivery of poorly soluble drugs. *Int. J. Pharm.* 2017, 533, 285–297.

60 Sharma, C.; Bhardwaj, N.K. Bacterial nanocellulose: Present status, biomedical applications and future perspectives. *Mater. Sci. Eng. C* 2019, 104, 109963.

61 Rojas, O.J. *Cellulose Chemistry and Properties: Fibers, Nanocelluloses and Advanced Materials*; Springer: Berlin/Heidelberg, Germany, 2016; ISBN 9783319260136.

62 Marta A. Teixeira.; Maria C. Paiva.; M. Teresa P. Amorim and Helena P. Felgueiras.; Electrospun Nanocomposites Containing Cellulose and Its Derivatives Modified with Specialized Biomolecules for an Enhanced Wound Healing. *Nanomaterials* 2020, 10, 557

63 Blanco, A.; Monte, M.C.; Campano, C.; Balea, A.; Merayo, N.; Negro, C. Nanocellulose for Industrial Use: Cellulose Nanofibers (CNF), Cellulose Nanocrystals (CNC), and Bacterial Cellulose (BC); Elsevier: Amsterdam, The Netherlands, 2018; ISBN 9780128133514.

64 Eslahi, N.; Mahmoodi, A.; Mahmoudi, N.; Zandi, N. Processing and Properties of Nanofibrous Bacterial Cellulose-Containing Polymer Composites: A Review of Recent Advances for Biomedical Applications Processing and Properties of Nanofibrous Bacterial Cellulose-Containing Polymer Composites: A Review of R. *Polym. Rev.* 2020, 60, 144–170

65 Bian, H.; Gao, Y.; Luo, J.; Jiao, L.; Wu, W.; Fang, G.; Dai, H. Lignocellulosic nanofibrils produced using wheat straw and their pulping solid residue: From agricultural waste to cellulose nanomaterials. *Waste Manag.* 2019, 91, 1–8. [CrossRef]

66 Chandra, J.; George, N.; Narayanankutty, S.K. Isolation and characterization of cellulose nanofibrils from arecanut husk fibre. *Carbohydr. Polym.* 2016, 142, 158–166.

67 Ling, C.; Shi, S.; Hou, W.; Yan, Z. Separation of waste polyester/cotton blended fabrics by phosphotungstic acid and preparation of terephthalic acid. *Polym. Degrad. Stab.* 2019, 161, 157–165.

68 Bano, S.; Negi, Y.S. Studies on cellulose nanocrystals isolated from groundnut shells. *Carbohydr. Polym.* 2017, 157, 1041–1049.

69 Abdelraof, M.; Hasanin, M.S.; El-Saied, H. Ecofriendly green conversion of potato peel wastes to high productivity bacterial cellulose. *Carbohydr. Polym.* 2019, 211, 75–83.

70 Chen, L.; Hong, F.; Yang, X.; Han, S. Biotransformation of wheat straw to bacterial cellulose and its mechanism. *Bioresour. Technol.* 2013, 135, 464–468.

71 Serra, R.; Grande, R.; Butrico, L.; Rossi, A.; Caroleo, B.; Amato, B.; Gallelli, L.; Franciscis, S. De Chronic wound infections: The role of *Pseudomonas aeruginosa* and *Staphylococcus aureus*. *Expert Rev. Anti Infect. Ther.* 2015, 13, 605–613.

72 Buch, P.J.; Chai, Y.; Goluch, D. Treating Polymicrobial Infections in Chronic Diabetic Wounds. *Clin. Microbiol. Rev.* 2019, 32, e00091-18.

73 Unnithan, A.R.; Barakat, N.A.M.; Pichiah, P.B.T.; Gnanasekaran, G.; Nirmala, R.; Cha, Y.; Jung, C.; El-newehy, M.; Yong, H. Wound-dressing materials with antibacterial activity from electrospun polyurethane—Dextran nanofiber mats containing ciprofloxacin HCl. *Carbohydr. Polym.* 2012, 90, 1786–1793.

74 Lin, N.; Dufresne, A. Nanocellulose in biomedicine: Current status and future prospect. *Eur. Polym. J.* 2014, 59, 302–325.

75 Gallo, J.; Panacek, A.; Prucek, R.; Kriegova, E.; Hradilova, S.; Hobza, M.; Holinka, M. Silver Nanocoating Technology in the Prevention of Prosthetic Joint Infection. *Materials* 2016, 9, 337.

76 Berthet, M.; Gauthier, Y.; Lacroix, C.; Verrier, B.; Monge, C. Nanoparticle-Based Dressing: The Future of Wound Treatment? *Trends Biotechnol.* 2017, 35, 770–784.

77 Kharaghani, D.; Qamar, M.; Tamada, Y.; Ogasawara, H.; Inoue, Y.; Saito, Y.; Hashmi, M.; Soo, I.; Fusion, N.; Fibers, F.; et al. Fabrication of electrospun antibacterial PVA/Cs nanofibers loaded with CuNPs and AgNPs by an in-situ method. *Polym. Test.* 2018, 72, 315–321.

78 Mandla, S.; Huyer, L.; Radisic, M. Review: Multimodal bioactive material approaches for wound healing. *APL Bioeng.* 2018, 2, 021503.

79 Sridhar, R.; Lakshminarayanan, R.; Madhaiyan, K.; Barathi, V.A.; Hsiu, K.; Lim, C.; Ramakrishna, S. Electrospayed nanoparticles and electrospun nanofibers based on natural materials: Applications in tissue regeneration, drug delivery and pharmaceuticals. *Chem. Soc. Rev.* 2015, 44, 790–814.

80 Liu, X.; Yang, Y.; Yu, D.; Zhu, M.; Zhao, M.; Williams, G.R. Tunable zero-order drug delivery systems created by modified triaxial electrospinning. *Chem. Eng. J.* 2019, 356, 886–894.

81 Alavarse, A.C.; de Oliveira Silva, F.W.; Colque, J.T.; da Silva, V.M.; Prieto, T.; Venancio, E.C.; Bonvent, J.J. Tetracycline hydrochloride-loaded electrospun nanofibers mats based on PVA and chitosan for wound dressing. *Mater. Sci. Eng. C* 2017, 77, 271–281.

82 Yang, Y.; Li, W.; Yu, D.; Wang, G.; Williams, G.R. Tunable drug release from nano fibers coated with blank cellulose acetate layers fabricated using tri-axial electrospinning. *Carbohydr. Polym.* 2019, 203, 228–237.

83 Esmaeili, A.; Haseli, M. Electrospinning of thermoplastic carboxymethyl cellulose/poly (ethylene oxide) nano fibers for use in drug-release systems. *Mater. Sci. Eng. C* 2017, 77, 1117–1127.

84 Liao, N.; Rajan, A.; Kumar, M.; Prasad, A.; Tshool, S.; Park, C.; Sang, C.

Electrospun bioactive poly (E-caprolactone)–cellulose acetate–Dextran antibacterial composite mats for wound dressing applications. *Colloids Surf. A Physicochem. Eng. Asp.* 2015, 469, 194–201.

85 Cheng, M.; Qin, Z.; Hu, S.; Dong, S.; Ren, Z.; Yu, H. Achieving Long-Term Sustained Drug Delivery for Electrospun Biopolyester Nano fibrous Membranes by Introducing Cellulose Nanocrystals. *ACS Biomater. Sci. Eng.* 2017, 3, 1666–1676.

86 Hivechi, A.; Bahrami, S.H.; Siegel, R.A. Drug release and biodegradability of electrospun cellulose nanocrystal reinforced polycaprolactone. *Mater. Sci. Eng. C* 2019, 94, 929–937.

87 Yu, H.; Wang, C.; Abdalkarim, S. Cellulose nanocrystals/polyethylene glycol as bifunctional reinforcing/compatibilizing agents in poly (lactic acid) nanofibers for controlling long-term in vitro drug release. *Cellulose* 2017, 24, 4461–4467.

88 Castillo-Ortega, M.; Nájera-Luna, A.; Rodríguez-Félix, D.E.; Encinas, J.C.; Rodríguez-Félix, F.; Romero, J.; Herrera-Franco, P.J. Preparation, characterization and release of amoxicillin from cellulose acetate and poly (vinyl pyrrolidone) coaxial electrospun fibrous membranes Preparation, characterization and release of amoxicillin from cellulose acetate and poly (vinyl pyrroli). *Mater. Sci. Eng. C* 2011, 31, 1772–1778.

89 Guebitz, G.M.; Nyanhongo, G.S. Enzymes as Green Catalysts and Interactive Biomolecules in Wound Dressing Hydrogels. *Trends Biotechnol.* 2018, 36, 1040–1053.

90 Maver, T.; Virant, N.; Ojstrs, A.; Kurec, M.; Gradis, L.; Kleinschek, K.S. A multifunctional electrospun and dual nano-carrier biobased system for simultaneous detection of pH in the wound bed and controlled release of benzocaine. *Springer* 2018, 0123456789, 7277–7297.

91 Cui, Z.; Lin, J.; Zhan, C.; Wu, J.; Shen, S.; Si, J.; Wang, Q. Biomimetic composite scaffolds based on surface modification of polydopamine on ultrasonication induced cellulose nanofibrils (CNF) adsorbing onto electrospun thermoplastic polyurethane (TPU) nanofibers. *J. Biomater. Sci. Polym. Ed.* 2020, 1–17.

92 Kolakovic, R.; Laaksonen, T.; Peltonen, L.; Laukkanen, A.; Hirvonen, J. Spray-dried nanofibrillar cellulosemicroparticles for sustained drug release. *Int. J. Pharm.* 2012, 430, 47–55.

Рахимова Бибигул Уалиевна, докторант, e-mail: biba_arai@mail.ru
Кудайбергенов Кенес Какимович, PhD, e-mail: kenes_85_85@mail.ru
Акназаров Сестагер Хусаинович, доктор химических наук, и.о. профессора
e-mail: sestager@mail.ru
Спанова Галия Абушакиповна, кандидат физико-математических наук, и.о. доцента, e-mail: galiya.spanova79@gmail.com
Головченко Ольга Юрьевна, кандидат химических наук,
e-mail: teya29@mail.ru
Габдрашова Шолпан Есенжоловна, PhD, e-mail: gabdrash.sh@gmail.com

ЭНЕРГЕТИКА

МРНТИ 44.31.31, 44.01.77

А.А. Генбач¹, Д.Ю. Бондарцев¹, А.Р. Абилов¹

¹Алматинский университет энергетики и связи им. Г. Даукеева,
г. Алматы, Казахстан
e-mail: d.bondartsev@inbox.ru

ИССЛЕДОВАНИЕ ПРЕДЕЛЬНЫХ ТЕРМИЧЕСКИХ НАПРЯЖЕНИЙ ПРИ ПЕРЕХОДНЫХ РЕЖИМАХ ПТУ И ГТУ ЭЛЕКТРОСТАНЦИЙ

Аннотация. Наличие микротрещин в покрытии снижает его прочность на сжатие, так что предел прочности на сжатие может быть лишь в два раза больше предела прочности на растяжение. С применением метода теплового баланса установлены функциональные зависимости, описывающие процесс терморазрушения КПП в результате достижения напряжений растяжения или сжатия предельных значений, а также в случае оплавления поверхности. Разрушение покрытия и металла под действием сил сжатия наступает по времени значительно раньше, чем силы растяжения. Интервалы теплового потока, в пределах которых происходит такое разрушение, составляют: для покрытий из кварца - $q_{\max} = 7 \times 10^7$ Вт/м², $q_{\min} = 8 \times 10^4$ Вт/м², для гранитного покрытия - $q_{\max} = 1 \times 10^7$ Вт/м², $q_{\min} = 21 \times 10^4$ Вт/м², для металла (подложки) - $q_{\max} = 2 \times 10^6$ Вт/м² (кризис кипения в пористой системе), $q_{\min} = 1 \times 10^4$ Вт/м² (без охлаждения). Установлено, что для больших тепловых потоков и малого времени нагрева кривые сжатия «экранируются» кривой плавления, а в случае малых тепловых потоков и значительного интервала времени – кривой растяжения. Проведенные исследования имеют место в ПТУ и ГТУ электростанций. Они необходимы для моделирования солевых отложений, налетов, исследования возникновения усталостных трещин при пуско-остановочных (переходных) режимах работы, а также при создании капиллярно-пористых систем охлаждения.

Ключевые слова: электростанции, термические напряжения, прогрев турбины, модернизация электростанций, терморазрушение

• • •

Түйіндеме. Қаптамада микрораттардың болуы оның сығылу беріктігін төмендетеді, сөйтіп сығылу беріктігі созылу беріктігінен екі есе артық болуы

мүмкін. Жылу балансы әдісін қолдана отырып, шекті мәндердің созылу немесе қысу кернеулеріне жету нәтижесінде, сондай-ақ беттің өруі жағдайында бақылау пунктiнiң жылулық бұзылу процесiн сипаттайтын функционалды тәуелдiлiктер анықталды. Қысу күштерiнiң әсерiнен жабын мен металдың бұзылуы созылу күштерiне қарағанда әлдеқайда ерте жүредi. Мұндай бұзылу орын алатын жылу ағынының аралықтары: кварцты жабындар үшін - $q_{\max} = 7 \times 10^7 \text{ Вт / м}^2$, $q_{\min} = 8 \times 10^4 \text{ Вт / м}^2$, граниттi жабын үшін - $q_{\max} = 1 \times 10^7 \text{ Вт / м}^2$, $q_{\min} = 21 \times 10^4 \text{ Вт / м}^2$, металл үшін (субстрат) - $q_{\max} = 2 \times 10^6 \text{ Вт / м}^2$ (кеуектi жүйеде қайнау дағдарысы), $q_{\min} = 1 \times 10^4 \text{ Вт / м}^2$ (салқындатусыз). Үлкен жылу ағындары мен қысқа қыздыру уақыттары үшін сығылу қисықтары балқу қисығы арқылы, ал кiшiгiрiм жылу ағындары және уақыттың айтарлықтай аралығы кезiнде созылу қисығы арқылы «скринингтелетiнi» анықталды. Жүргiзiлген зерттеулер электр станцияларының техникалық және газ турбиналық қондырғыларында жүредi. Олар тұзды шөгiндiлердi, шөгiндiлердi модельдеуге, iске қосу және тоқтату (уақытша) режимдерiнде шаршау жарықтарының пайда болуын зерттеуге, сондай-ақ капиллярлы-кеуектi салқындату жүйелерiн құру кезiнде қажет.

Түйiндi сөздер: электростанциялар, термиялық кернеулер, турбиналарды қыздыру, электр станцияларын жаңғырту, термобұзылу.

• • •

Abstract. The microcracks in the coating reduces its compressive strength, so that the compressive strength can only be twice the tensile strength. Using the heat balance method, functional dependencies have been established that describe the process of thermal destruction of the starting air compressor because of reaching the tensile or compression stresses of the limiting values, as well as in the case of surface melting. The destruction of the coating and metal under the action of compressive forces occurs much earlier than tensile forces. The heat flux intervals within which such destruction occurs are: for quartz coatings - $q_{\max} = 7 \times 10^7 \text{ W/m}^2$, $q_{\min} = 8 \times 10^4 \text{ W/m}^2$, for a granite coating - $q_{\max} = 1 \times 10^7 \text{ W/m}^2$, $q_{\min} = 21 \times 10^4 \text{ W/m}^2$, for metal (substrate) - $q_{\max} = 2 \times 10^6 \text{ W/m}^2$ (boiling crisis in a porous system), $q_{\min} = 1 \times 10^4 \text{ W/m}^2$ (without cooling). It has been found that for large heat fluxes and short heating times, the compression curves are "screened" by the melting curve, and in the case of small heat fluxes and a significant time interval - by the extension curve. The research works took place in combined cycle power plant (CCPT) and combined cycle gas turbine (CCGT) plant. They are necessary for modeling salt deposits, deposits, studying the occurrence of fatigue cracks during start-up and shutdown (transient) modes of operation, as well as when creating capillary-porous cooling systems.

Keywords: power plants, thermal stresses, turbine heating, modernization of power plants, thermal destruction

Введение. Для расчета термических напряжений при пуске и останове в теле ротора и статора турбины вычисляют температурные поля. Используются методы моделирования и прямого эксперимента [1-2]. Как и в случае определения температурных полей, аналитический расчет напряжений значительно затрудняется из-за неправильной геометрической формы обогреваемых деталей. В наиболее тяжелых условиях при прогреве находится внутренняя поверхность стенки. Наличие внутреннего давления несколько уменьшает термические напряжения от сжатия, однако его влияние незначительно, так как во время прогрева турбоагрегата давление пара внутри корпуса турбины или паропровода невелико. Зато эти напряжения могут резко возрасти при быстром изменении температуры (тепловой удар) [3].

Если принять в первом приближении коэффициенты линейного расширения β , модуля упругости E и коэффициент поперечного сжатия μ не зависящими от температуры, напряжения в стенке корпуса, фланце или паропроводе будут зависеть только от разности температур по толщине стенки. Величина этой разности зависит от скорости прогрева, толщины стенки и качества тепловой изоляции. Поэтому турбины высокого давления должны иметь качественную изоляцию и строго рассчитанную скорость прогрева. Толщины стенок корпусов турбины, фланцев и трубопроводов выбираются из условий механической прочности. Применение в турбинах толстостенных конструкций усложнило условия работы различных элементов турбоагрегата. В установках высокого и сверхкритического давления пуск проводится с термическими напряжениями, превышающими предел текучести. Из всех элементов, испытывающих термические напряжения, в наиболее тяжелых условиях находятся фланцевые соединения корпусов турбин высокого давления. Из-за большой металлоемкости они прогреваются очень медленно, вследствие чего в этих элементах наблюдаются наибольшие разности температур. Кипение характеризуется высокими значениями коэффициента теплоотдачи, но в сочетании с процессом конденсации очень часто лимитирует рост теплопередачи именно «процесс кипения». При кипении наиболее эффективным способом интенсификации теплообмена является применение пористых металлических покрытий [4]. Пористая структура образуется либо в результате покрытия поверхности трубы тонкими металлическими сетками, либо напылением на нее металлического порошка определенной зернистости [5-8]. Кипение происходит как внутри пористого покрытия, так и на его поверхности [9].

Однако, предложенная авторами [9] математическая модель не позволяет производить высокофорсированные операции и является

дорогостоящей по применению ее к высоконапряженным деталям и узлам ПГУ, ГТУ. Применительно к капиллярно-пористым системам охлаждения ПГУ и ГТУ, данная модель по кипению не работает, так как происходит разрыв фаз и в уравнениях теплообмена нарушается неразрывность функций. Исследованию характеристик кипения на пористых структурах в различных условиях посвящено значительное количество работ. В литературе представлены как физические модели процесса кипения [10-13], так и попытки его математического описания [14, 15]. Однако, в связи со сложностью и стохастичностью процесса кипения, наиболее важную информацию дают результаты экспериментальных исследований.

При нормальных температурных расширениях абсолютное удлинение ограничений по пуску турбины не вызывает. Однако, если свободное расширение корпусов турбины чем-то ограничивается (заклинивание в шпоночных соединениях, отсутствие необходимых зазоров между скользящими опорами и болтами), то в корпусе возникают дополнительные напряжения и деформации, которые могут вызвать нарушение соосности агрегата и появление вибрации. Эти явления задерживают пуск турбины [16]. При пуске турбин необходимо учитывать изменение осевых зазоров в проточной части и уплотнениях вследствие разности тепловых расширений ротора и статора.

Осевые зазоры между соплами и рабочими лопатками в проточной части турбины устанавливаются из конструктивных соображений с учетом наибольшей экономичности. При этом учитывается, что при стационарном режиме работы зазоры несколько изменятся за счет разности коэффициентов линейного расширения ротора и статора. Для неустановившегося термического состояния величина зазоров будет зависеть от режима прогрева или охлаждения турбины. При прогреве турбоагрегата ротор, имея значительно меньшую массу и большую поверхность, чем корпус, нагревается быстрее и приобретает более высокую температуру, чему способствует также более высокий коэффициент теплоотдачи к вращающимся дискам ротора. Это приводит к разным по величине тепловым расширениям ротора и статора турбины и соответствующему изменению осевых зазоров в проточной части. Одновременно с этим происходит изменение и радиальных зазоров, однако вследствие сравнительно небольших размеров турбины в радиальном направлении изменение радиальных зазоров в процессе прогрева особых опасений не вызывает.

При большой длине турбоагрегата абсолютная величина осевого зазора изменяется весьма сильно, и при неправильном режиме прогрева может произойти задевание вращающихся частей

о неподвижные. Особенно в неблагоприятных условиях находятся многоцилиндровые турбины, упорный подшипник которых расположен в переднем стуле. В этом случае изменение осевых зазоров в проточной части и лабиринтных уплотнениях ЦНД особенно велико, поскольку при таком расположении упорного подшипника относительные изменения осевых размеров ротора по цилиндрам суммируются [17]. В современных турбоагрегатах упорный подшипник расположен между цилиндрами высокого и среднего давлений. Такая компоновка уменьшает суммарное относительное удлинение вращающихся элементов турбомашин и облегчает их пуск. Однако в случае турбин с несколькими ЦНД каждый из них имеет свою мертвую точку, что приводит также к очень большому изменению осевых зазоров. В эксплуатационных условиях относительное удлинение или укорочение ротора контролируется с помощью штатных указателей, установленных на крышках подшипников. В мощных турбоустановках применяются дистанционные указатели, вторичные приборы которых выведены на блочный щит управления.

При прогреве насадных дисков и втулок уплотнений тепловой поток направлен от периферии к центру и имеется значительное термическое сопротивление в местах посадки, температура их может оказаться существенно выше температуры вала, вследствие чего произойдет ослабление посадки этих деталей и натяг их может исчезнуть. В этих случаях диски хотя и предохраняются от проворачивания на валу шпоночным соединением, однако, такой режим не может считаться безопасным, поскольку он вызовет радиальное смещение дисков и связанную с ним сильную вибрацию турбины [18]. При частых теплосменах в шпоночных пазах как местах концентрации напряжений с течением времени могут развиваться трещины. Их возникновение связано с количеством и режимом теплосмен, а также с величиной начального натяга. Для определения обработанных образцов с КПП на растяжение, использовалась разрывная машина типа Р-100, изображенная на рисунке 1.



Рисунок 1 – Общий вид разрывной машины типа Р-100

На рисунке 1 представлена машина разрывная испытательная с предельной нагрузкой 10 т.с. по ГОСТ 7855-74, предназначена для статических испытаний

на растяжение образцов металлов и сплавов по ГОСТ 1497-73, ГОСТ 12004-86, а также изделий из них. Машина представляет собой установку, состоящую из устройства нагружающего и пульта управления. Устройство, нагружающее предназначено для деформирования и разрушения испытываемого образца. Пульт управления служит для управления процессом нагружения образца и контроля за величиной нагрузки и деформаций. Пульт управления включает насосную установку с системой управления, силоизмеритель и диаграммный аппарат для записи, диаграммы, «нагрузка – деформации». В результате эксперимента на разрывной машине типа Р-100 обработанных образцов с КПП были проведены испытания на предельные напряжения сжатия и растяжения. Полученные экспериментальные данные в ходе операций на сжатие и растяжения хорошо согласуются с эпюрами предельных напряжений сжатия и растяжения КПП (рисунки 2-4) (кварц, гранит, тешенит) [19]. Разрушение покрытия и металла под действием сил сжатия наступает во времени значительно раньше, чем силы растяжения [20]. Интервалы теплового потока, в пределах которых происходит такое разрушение, составляют: для покрытий из кварца - $q_{max} = 7 \times 10^7$ Вт/м², $q_{min} = 8 \times 10^4$ Вт/м², для гранитного покрытия - $q_{max} = 1 \times 10^7$ Вт/м², $q_{min} = 21 \times 10^4$ Вт/м², для металла (подложки) - $q_{max} = 2 \times 10^6$ Вт/м² (кризис кипения в пористой системе), $q_{min} = 1 \times 10^4$ Вт/м² (без охлаждения).

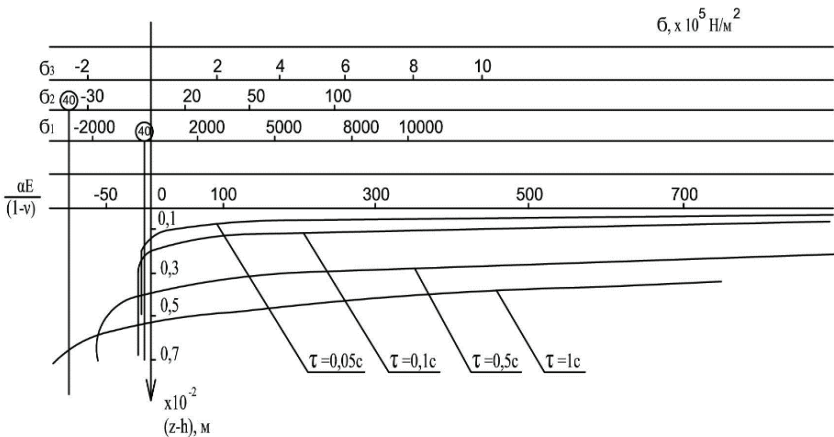


Рисунок 2 – Эпюры напряжений по толщине кварцевой пластины:

$$q^1 = 8,8 \times 10^7 \text{ Вт/м}^2; q^2 = 0,12 \times 10^7 \text{ Вт/м}^2; q^3 = 0,008 \times 10^7 \text{ Вт/м}^2;$$

40 – предел прочности на растяжение [19]

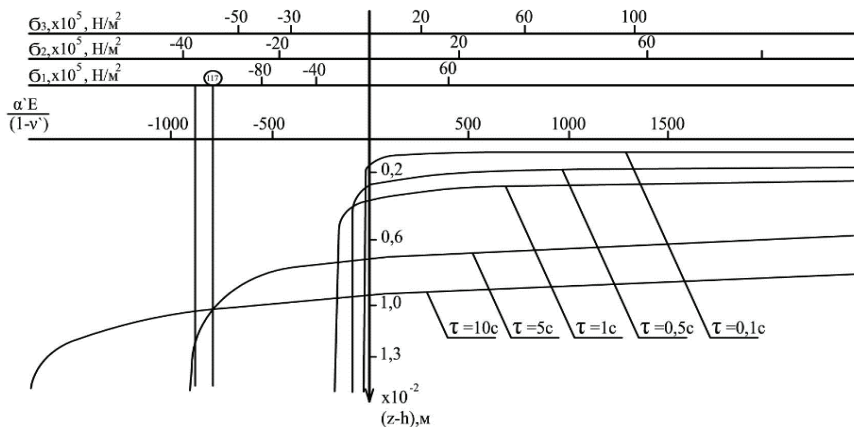


Рисунок 3 – Эпюры напряжений по толщине гранитного покрытия:
 $q^1 = 0,142 \times 10^7$ Вт/м²; $q^2 = 0,042 \times 10^7$ Вт/м²; $q^3 = 0,0075 \times 10^7$ Вт/м²;
 117 – предел прочности на растяжение [19]

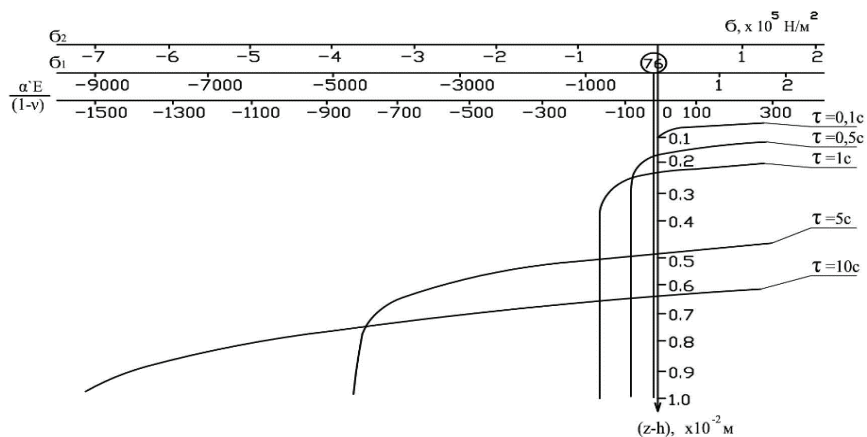


Рисунок 4 – Эпюры напряжений по толщине тешенитовой пластины:
 $q^1 = 6,6 \times 10^6$ Вт/м²; $q^2 = 1 \times 10^4$ Вт/м²;
 76 – предел прочности на растяжение [19]

Таким образом, нарушения при пуске и останове турбин снижают выработку электрической мощности и отбор теплоты турбины, снижают ее экономичность. В настоящее время в Республике Казахстан проводится широкомасштабная модернизация турбин, информация

о которой широко освещается в технических журналах. Например, на турбине ПТ-80/100- 130/3, предлагается замена узлов:

1. Сотовых надбандажных уплотнений 1-17 ступеней ЦВД (цилиндров высокого давления);
2. Направляющего аппарата ЦСНД (цилиндров среднего и низкого давления);
3. Седла регулирующего клапана части среднего давления (ЧСД) большего пропускного сечения с доработкой паровых коробок верхней половины корпуса ЧСД под установку новых крышек;
4. Регулирующих клапанов СД и кулачково-распределительного устройства;
5. Диафрагм 19-27 ступеней ЦСНД, укомплектованных надбандажными сотовыми уплотнениями и уплотнительными кольцами с витыми пружинами;
6. Ротора СНД с установленными новыми рабочими лопатками 18-27 ступеней ЦСНД с цельнофрезерованными бандажами;
7. Обойм диафрагм № 1, 2, 3;
8. Обойм передних концевых уплотнений и уплотнительных колец с витыми пружинами.

В результате модернизации:

1. Увеличивается максимальная электрическая мощность турбины до 110 МВт и мощность теплофикационного отбора до 168,1 Гкал/ч. за счет сокращения промышленного отбора;
2. Обеспечивается надёжность и маневренность работы турбоустановки на всех эксплуатационных режимах работы, в том числе при минимально возможных давлениях в промышленном и теплофикационном отборах;
3. Повышаются показатели экономичности турбоустановки;
4. Обеспечивается стабильность технико-экономических показателей в течение межремонтного периода. КПД ЧСД увеличивается до 1,6%, а ЦВД - до 2%.

Модернизация турбины требует вложения больших средств. Однако аварии, происходящие при нарушениях переходных режимов, могут быть столь разрушительными, что турбину потребуются отправлять на завод-изготовитель, либо она окажется неремонтопригодной [18-20].

Выводы. По эпюрам напряжений внутри КПП, приведенным на рисунках 2-4, установлено, что при длительности нагрева до $\approx 10^{-2}$ с, возникают только напряжения сжатия, а начиная со времени $\approx 10^{-1}$ с

их сменяют напряжения растяжения, т.е. разрушение покрытия под действием напряжений сжатия наступает значительно раньше, чем от напряжений растяжения. Тепловой поток в этом случае составляет: для покрытия из кварца $8 \times 10^4 - 7 \times 10^7$ Вт/м², для гранитного покрытия $21 \times 10^4 - 1 \times 10^7$ Вт/м², для металлической подложки при отсутствии охлаждения 1×10^4 Вт/м² и при его наличии 2×10^6 (развитое кипение в пористой системе). С ростом q в нагреваемом слое и, следовательно, с уменьшением времени нагрева t , растет роль напряжения сжатия. Несмотря на высокую сопротивляемость сжатию, разрушение от сжимающих термонапряжений происходит в более благоприятных условиях: мгновенно и в малых объемах.

Список литературы

1 *Плоткин Е.Р., Трубилов М.А.* К вопросу о пуске паровых турбин паром номинальных и скользящих параметров // Теплоэнергетика. – 1963. – № 9. – С. 6- 8., [Plotkin E.R., Trubilov M.A. K voprosu o puske parovykh turbin parom nominal'nykh i skol'zyashhikh parametrov // Teploehnergetika. – 1963. – № 9. – С. 6- 8.,]

2 *Третьяков П.Г.* Определение коэффициента теплоотдачи в турбинах по данным замеров // Теплоэнергетика. – 1967. – № 4. – С. 48 – 52., [Tret'yakov P.G. Opredelenie koehffitsienta teplootdachi v turbinakh po dannym zamerov // Teploehnergetika. – 1967. – № 4. – С. 48 – 52]

3 *Капелович Б.Э.* Эксплуатация паротурбинных установок. М.: Энергия, 1975. – 288 с., [Kapelovich B.EH. EHkspluatatsiya paroturbinnykh ustanovok. M.: EHnergiya, 1975. – 288 s]

4 *Genbach A.A., Bondartsev D.Y., I.K. Iliev.* Thermal Science. 2019, Volume 23, Issues 2, Pages 849 – 860. <https://doi.org/10.2298/TSCI171016139G>

5 *Дементьев А.И., Рыбалко Л.И., Комаров В.А.* Определение параметров математической модели тепловых процессов в аппаратах с напыленными теплообменными поверхностями // Вестник АГТА. –2009. – №. 6. – С. – 32-35., [Dement'ev A.I., Rybalko L.I., Komarov V.A. Opredelenie parametrov matematicheskoy modeli teplovykh protsessov v apparatakh s napylennymi teploobmennymi poverkhnostyami // Vestnik AGTA. –2009. – №. 6. – С. – 32-35]

6 *Дементьев А.И., Подоплелов Е.В.* Исследование теплообмена на пористой структуре металлических покрытий // Сб. науч. тр. Ангарск. гос. тех. akad. Ангарск. – 2014. – Т.1. – С. 103-105., [Dement'ev A.I., Podoplelov E.V. Issledovanie teploobmena na poristoj strukture metallicheskih pokrytij // Sb. nach. tr. Angarsk. gos. tekhn. akad. Angarsk. – 2014. – Т.1. – С. 103-105]

7 *Дементьев А.И., Подоплелов Е.В.* Исследование теплообмена на пористой структуре // Современные технологии и научно-технический про-

гресс. – 2014. – Т.1., №1. – С. 18., [Dement'ev A.I., Podoplelov E.V. Issledovanie teploobmena na poristoj strukture // Sovremennye tekhnologii i nauchno-tekhnicheskij progress. – 2014. – Т.1., №1. – С. 18]

8 Салькова А.Г., Подоплелов Е.В. Эффективность работы кожухотрубчатых теплообменников // Сб. науч. тр. Ангарск. гос. тех. акад. Ангарск. – 2007. – Т.1., № 1. – С. 55-57., [Sal'kova A.G., Podoplelov E.V. Effektivnost' raboty kozhukhotrubchatykh teploobmennikov // Sb. nauch. tr. Angarsk. gos. tekhn. akad. Angarsk. – 2007. – Т.1., № 1. – С. 55-57]

9 Дементьев А.И., Подоплелов Е.В., Антонов Л.А., Корчевин Н.А. Математическая модель тепловых процессов в слое пористого металлического покрытия // Современные технологии. Системный анализ. Моделирование. Иркутский государственный университет путей сообщения. – 2015. – №2 (46). – С. – 65-68., [Dement'ev A.I., Podoplelov E.V., Antonov L.A., Korchevin N.A. Matematicheskaya model' teplovykh protsessov v sloe poristogo metallicheskogo pokrytiya // Sovremennye tekhnologii. Sistemnyj analiz. Modelirovanie. Irkutskij gosudarstvennyj universitet putej soobshheniya. – 2015. – №2 (46). – С. – 65-68]

10 Маньковский О.Н., Иоффе О.Б., Фридгант Л.Г., Толчинский А.Р. О механизме процесса кипения на затопленных поверхностях с пористым покрытием // ИФЖ. – 1976. – Т.30, №2. – С. 310-316., [Man'kovskij O.N., Ioffe O.B., Fridgant L.G., Tolchinskij A.R. O mekhanizme protsesssa kipeniya na zatoplennykh poverkhnostyakh s poristym pokrytiem // IFZH. – 1976. – Т.30, №2. – С. 310-316]

11 Стырикович М.А., Стырикович М.А., Леонтьев А.И., Малышенко С.П. О механизме переноса нелетучих примесей при кипении на поверхностях, покрытых пористыми структурами // ТВТ. – 1976. – Т.14. – С. 998 – 1006., [Styrikovich M.A., Styrikovich M.A., Leont'ev A.I., Malysenko S.P. O mekhanizme perenosa neletuchikh primesej pri kipenii na poverkhnostyakh, pokrytykh poristimi strukturami // TVT. – 1976. – Т.14. – С. 998 – 1006]

12 Зуйков А.С., Леонтьев А.И., Полонский В.С. Модель процесса концентрирования при кипении в КПС // докл. АН СССР. – 1978 – Т.241, №3. – С. 579 – 583., [Zujkov A.S., Leont'ev A.I., Polonskij V.S. Model' protsesssa kontsentrirvaniya pri kipenii v KPS // dokl. AN SSSR. – 1978 – Т.241, №3. – С. 579 – 583]

13 Шаповал А.А. Теплообмен при кипении воды и ацетона на поверхностях с металловолокнистыми капиллярно-пористыми покрытиями. – Киев: Институт технической теплофизики, 1985. – 23 с., [Sharoval A.A. Teploobmen pri kipenii vody i atsetona na poverkhnostyakh s metallovoloknistymi kapillyarno-poristymi pokrytyami. – Kiev: Institut tekhnicheskoy teplofiziki, 1985. – 23 s]

14 Alam M.S. Enhanced boiling of saturated water on copper coated heating tubes / Mohammad Siraj Alam, L. Prasad, S.C. Gupta, V.K. Agarwal // Chemical Engineering and Processing Process Intensification. – 2008. – Vol. 47 (1). – P. 159 - 167.

15 Кичатов Б.В., Поляев В.М. Кипение жидкости на поверхностях с пористыми покрытиями // 4th Minsk International Heat and Mass Transfer Forum.- Minsk, Belarus. – 2000. – P. 176-188., [Kichatov B.V., Polyayev V.M. Kipenie

zhidkosti na poverkhnostyakh s poristymi pokrytiyami // 4th Minsk International Heat and Mass Transfer Forum.- Minsk, Belarus]

16 Трубилов М.А., Шварц А.В., Карпов Б.П., Солнышкин Б.Г. Влияние режимов пуска на коробление цилиндров турбины ЛМЗ типа К-200-130 // «Теплоэнергетика» – 1968. – № 12. – С. 6-13., [Trubilov M.A., SHvarts A.V., Karpov B.P., Solnyshkin B.G. Vliyanie rezhimov puska na koroblenie tsilindrov turbiny LMZ tipa K-200-130 // «Теплоэнергетика» – 1968. – № 12. – С. 6-13]

17 Трухний А.Д., Ломакин Б.В. Теплофикационные паровые турбины и турбоустановки. – М.: МЭИ, 2002. – 540с., [Trukhnii A.D., Lomakin B.V. Teplofikatsionnye parovyye turbiny i turboustanovki. – М.: МЭИ, 2002. – 540с]

18 Костюк А.Г., Фролов В.В., Булкин А.Е., Трухний А.Д. Паровые и газовые турбины для электростанций. – М.: МЭИ, 2008. – 556 с., [Kostyuk A.G., Frolov V.V., Bulkin A.E., Trukhnii A.D. Parovyye i gazovyye turbiny dlya ehlektrostantsii. – М.: МЭИ, 2008. – 556 с]

19 A.A. Genbach, D. Yu. Bondartsev, I.K. Iliev, A.G. Georgiev. Scientific method of creation of ecologically clean capillary-porous systems of cooling of power equipment elements of power plants on the example of gas turbines. Energy. 199 (2020), 117458. <https://doi.org/10.1016/j.energy.2020.117458>

20 Генбач А.А., Бондарцев Д.Ю., Абилов А.Р. Исследование влияния материала пористых покрытий на теплообмен. Вестник КазННТУ, №5 (141) 2020, с. 135-141., [Genbach A.A., Bondartsev D.YU., Abilov A.R. Issledovanie vliyaniya materiala poristykh pokrytij na teploobmen. Vestnik KazNITU, №5 (141) 2020, s. 135-141]

Генбач Александр Алексеевич, доктор технических наук, профессор

Бондарцев Давид Юрьевич, доцент, доктор PhD.

e-mail: d.bondartsev@inbox.ru

Абилов Али Рамазанович, студент, e-mail: ali.abilov97@mail.ru

А.А. Генбач¹, Д.Ю. Бондарцев¹, А.К.Абдикаримов¹

¹Алматинский университет энергетики и связи им. Г. Даукеева,
г. Алматы, Казахстан

ИССЛЕДОВАНИЕ КРИЗИСА ТЕПЛООБМЕНА ПРИ ПЕРЕХОДНЫХ РЕЖИМАХ ПТУ И ГТУ ЭЛЕКТРОСТАНЦИЙ

Аннотация. Моделирование капиллярно-пористых покрытий и проведение аналогии протекающих в них процессов позволяют раскрыть механизм теплопередачи при парообразовании жидкостей, установить зоны возникновения и развития усталостных трещин деталей ПТУ и ГТУ в центрах активации паровых зародышей, исследовать естественные и искусственные пористые покрытия, наносимые на металлические ограждения (подложки) вплоть до наступления предельного состояния материалов. Решение термоупругостной задачи определило связь тепловых потоков, разрушающих термических напряжений и удельной энергии разрушения от времени подачи тепла и размера отрывающихся частиц покрытия. Установлены области релаксации, микро – и макропроцессов разрушения, которые показывают на причины возникновения и развития усталостных трещин деталей ПТУ и ГТУ в концентраторах напряжений, с развитием эрозионных процессов и стремлении отношения предельных напряжений сжатия и растяжения к единице. Проведенные исследования имеют место для переходных режимов работы ПТУ и ГТУ, а также при создании капиллярно-пористых систем охлаждения.

Ключевые слова: электростанции, кризис теплообмена, тепловой поток, кризис кипения, паровой пузырь, турбина, капиллярно-пористые покрытия.

• • •

Түйіндеме. Капиллярлы-кеуекті жабындыларды модельдеу және ондағы болып жатқан процестерге аналогия жүргізу, сұйықтықтың булану кезіндегі жылу беру механизмін ашуға, бу белсенділігі орталықтарында БТҚ және ГТҚ бөлшектерінің ескірген жарықшақтарының пайда болу және ұлғаю аймақтарын анықтауға, материалдардың шектік күйіне жеткенге дейін металл қоршауларына (төсемелер) қолданылатын табиғи және жасанды кеуекті жабындыларды зерттеуге мүмкіндік береді. Термосерпімділік мәселесінің шешімі термиялық кернеулерді бұзатын жылу ағындарының және бөлініп қалатын жабын бөлшектерінің мөлшері мен жылу беру уақытынан болатын меншікті күйреу энергиясының байланысын анықтады. Кернеу шоғырлағыштарындағы эрозиялық процестері дамыған және сығылу мен созылудың шектік кернеулерінің қатынастары бірлікке ұмтылған БТҚ және ГТҚ бөлшектерінің қажу жарықшақтарының пайда болу және ұлғаю себептерін көрсететін күйреу

микро- және макропроцестерінің бәсеңдеу аймағы анықталды. Жүргізілген зерттеулердің БТҚ және ГТҚ жұмыстарының ауыспалы режимдері, сондай-ақ капиллярлы-кеуекті салқындату жүйесін жасауда маңызы зор.

Түйінді сөздер: электр станциялары, жылу алмасу дағдарысы, жылу ағыны, қайнау дағдарысы, бу көпіршігі, турбина, капиллярлы-кеуекті жабындылар.

• • •

Abstract. Simulation of capillary-porous coatings and drawing an analogy of the processes running in them allow to reveal the mechanism of heat transfer during vaporization of liquids, to establish zones of origin and development of the fatigue cracks of CCPP and CCGT plant parts in the centers of activation of steam nucleus, to study natural and artificial porous coatings applied to metal barriers (substrates) up to the limit state of materials. The solution of thermoelastic problem has established the connection of heat flows, breaking thermal stresses, with specific energy of gradual destruction by heat supply and the size of tear-off coating particles. The areas of relaxation, micro- and macroprocesses of fracture have been established, which show the causes of fatigue cracks emergence and development of CCPP and CCGT plant parts in stress concentrators, with the development of erosion processes and tendency of the ratio of limiting stresses of compression and stretching to a unit. The conducted researches are for transient modes of CCPP and CCGT plant operation, and for creating capillary-porous cooling systems.

Keywords: power plants, heat exchange crisis, heat flow, boiling crisis, steam bubble, turbine, capillary-porous coatings

Введение. Пуски и остановки являются наиболее ответственными этапами эксплуатации газотурбинных и паротурбинных установок. При переходных режимах происходят значительные изменения механического и термического состояния элементов турбины и паропроводов. Опыт эксплуатации турбин большой мощности показал, что значительная часть аварий с турбинным оборудованием происходит при пуске вследствие неправильного режима прогрева, ошибочных действий персонала и конструктивных недостатков агрегата [1-4]. Обычно некачественный пуск или останов турбины не приводит непосредственно к аварии в данный момент, но сказывается в дальнейшем. Анализ режимов работы турбоагрегатов показывает, что появление трещин в корпусах турбин, клапанов и в паропроводах, прогиб роторов и цилиндров турбин, коробление фланцев горизонтального разъема, ослабление посадочных соединений, изменение структурного состояния металла, повышенный износ подшипников, а также ряд других неполадок, выявившихся в начальной стадии эксплуатации, являются следствием некачественных пусков.

Безопасность турбины зависит от правильной методики пуска, а также от квалификации и степени подготовленности обслуживающего персонала. Разработка оптимального режима пуска агрегата основывается на теоретических и экспериментальных исследованиях, проводимых научно-исследовательскими институтами, заводами-изготовителями и наладочными организациями. Поскольку в процессе прогрева отдельные узлы турбины испытывают значительные температурные напряжения, задачей этих исследований является определение температурных полей и напряжений. Определяется коэффициент теплоотдачи от греющей среды к стенке и температурные поля в нагреваемом элементе в любой момент времени. Далее находятся термические напряжения в наиболее опасных сечениях при максимальном перепаде температур между паром и металлом. Определение коэффициентов теплоотдачи от пара к стенке в процессе прогрева турбин и паропроводов является задачей сложной и малоизученной. В любой момент времени меняются скорости пара и его параметры. В начальный момент прогрева происходит конденсация пара, что приводит к резкому, скачкообразному изменению коэффициента теплоотдачи. Наряду с изменением параметров пара во времени давление, температура и скорость его изменяются также по длине обогреваемого элемента. Разность температур пара в начале и конце главного паропровода при прогреве может составить 110 - 150°С [5].

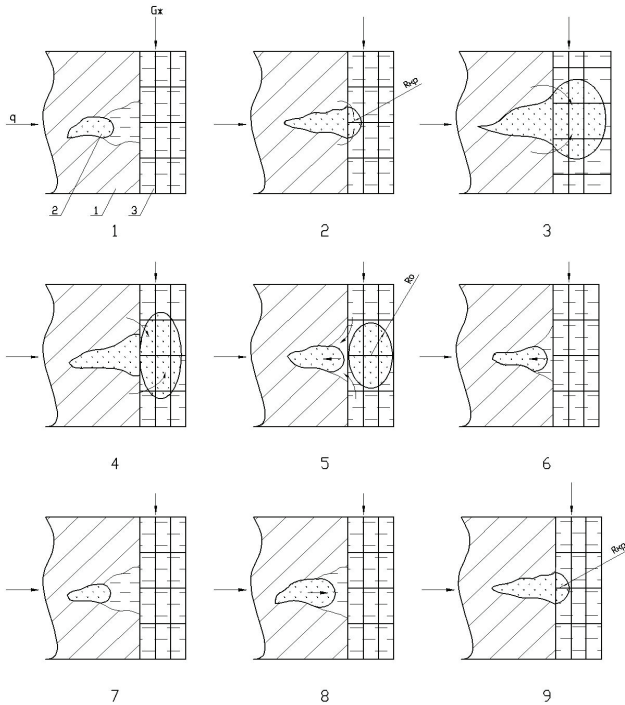
Для некоторых турбин коэффициенты теплоотдачи от пара к стенке корпуса турбины в зоне регулирующей ступени составляли от 500 до 2500 Вт/м²К при изменении электрической нагрузки от 10 до 100 МВт [2]. На заключительном этапе прогрева при наборе нагрузки коэффициент теплоотдачи от пара к стенке изменяется весьма значительно. Расчёт температурных полей производится методами нестационарной теплопроводности, записанными для пластины. Некоторые физические величины в процессе нагрева мало меняются и их в первом приближении можно принять постоянными (теплоемкость, теплопроводность и удельный вес металла). В связи с этим характер температурных полей в пластине определенной толщины в основном будет определяться коэффициентом теплоотдачи к стенке и временем прогрева. Тогда разность температур по толщине стенки, а следовательно, и термические напряжения в ней в значительной мере зависят от коэффициента теплоотдачи. В процессе увеличения плотности греющего пара увеличивается коэффициент теплоотдачи

к стенке, и поэтому для сохранения приемлемой разности температур по толщине стенки скорость повышения параметров греющего пара должна уменьшаться. Точные решения уравнений нестационарной теплопроводности имеются только для тел простой геометрической формы: пластины, трубы бесконечной длины, цилиндра, сферы. Что касается корпуса турбины и ее узлов, то они имеют сложную форму, затрудняющую аналитическое исследование температурных полей.

У элементов, имеющих достаточно простую геометрическую форму, как, например, трубопроводов постоянного диаметра, тепловое поле искажается наличием фланцевых соединений и осевой решеткой тепла вдоль трубопровода. Геометрическую форму корпуса с некоторым приближением можно принять за полый цилиндр. Но наличие массивных фланцев делает весьма затруднительным аналитический расчет температурных полей корпуса в области фланцевого соединения. В этом случае исследования должны проводиться экспериментальными методами. При изучении температурных полей в элементах турбомашин используется метод электротепловой и гидротепловой аналогии, осуществляемый с помощью гидроинтеграторов. Также применяется метод непосредственного измерения температур по толщине стенки с помощью термопар. Это позволяет контролировать и корректировать результаты аналитических расчетов, а также исследовать температурные поля в элементах сложной формы, где использование теоретических расчетов оказывается невозможным.

Таким образом, любые нарушения, допущенные при проведении переходных режимов, требуют проведения модернизационных работ с затратой больших средств. Эти дополнительные модернизации смогут повысить к.п.д. турбины в целом до 1%. Однако при некоторых аварийных ситуациях турбина может оказаться неремонтопригодной [6]. Исследуем удельные тепловые потоки, которые могут возникнуть при пуске (останове) в основании паровых пузырей, взрывообразно рождающихся на поверхностях ротора и статора турбины, а также паропроводах свежего и острого пара [7]. Следует ожидать, что время появления парового зародыша составляет (10^{-8} - 10^{-6}) с. Поскольку он уже появляется в каком-либо концентраторе напряжений (углублении), то при больших тепловых нагрузках возможно дальнейшее разрушительное действие пузыря на поверхность турбинных деталей. В момент пуска и останова турбомашин происходит весьма интенсивный процесс кипения и конденсации паровых пузырей на непрогретых металлических поверхностях турбины [7-10].

На рисунке 1 представлена динамика процесса появления, жизни и гибели одиночного пузыря в активной фазе (концентраторе напряжений) турбинной поверхности, покрытой пористой структурой. Структура может быть искусственной, организованной для охлаждения турбинных деталей, либо естественной (различные отложения, соли, налеты металлов и др.) [7].



1 – стенка; 2 – впадина; 3 – пористая структура.

Рисунок 1 – Иллюстрация процесса зарождения, развития и отрыва парового пузыря в активной поре парогенерирующей стенке, покрытой КПС.

Паровой пузырь спонтанно возник во впадине 2 стенки 1, покрытой пористой структурой 3, за счёт подвода удельного теплового потока q , что отражено на рисунке 1, п.1. В пористой (или капиллярно - пористой) структуре 3 протекает пароводяная смесь, подаваемая

для разогрева корпуса и ротора турбины, с расходом $G_{ж}$. Подведенная энергия затрачивается на рост парового зародыша, начиная с его наименьшего размера $R_{кр}$ (критического радиуса парового пузыря) (рисунок 1, п.2) [8]. В соответствии с рисунком 1, п. 3-4, паровой пузырь растет и достигает внешней поверхности структуры 3. Затем он достигает отрывного размера R_0 и разрушается, что отражено на рисунке 1, п.5.

За некоторым «молчанием» центра генерации спонтанно возникает новый паровой пузырь критического размера, что отражено на рисунке 1, п.п. 6,7,8,9. В соответствии с рисунком 1, п. 5, когда граница пузыря касается уровня жидкости, в точке касания появляется отверстие, через которое пар вытекает из пузыря в паровой объем. По поверхности жидкости начнет распространяться волна. Такой процесс носит взрывной характер, как и в случае «рождения» парового зародыша ($\tau = 10^{-8} - 10^{-6}$ с). В процессе пуска (останова) турбины процессы зарождения и гибели пузыря приводят к возникновению кумулятивных явлений, которые наряду с коррозионными и электрическими процессами разрушают концентратор напряжения (активный центр генерации), доводя его размер до критической трещины [9-10].

Таким образом, процесс возникшей эрозии может сопровождаться ударом, кавитацией и электрохимической коррозией. В случае мгновенной концентрации пара в выемке (лунке), его объем мгновенно исчезнет и образуется мощный кумулятивный эффект (кавитация). При этом ударные волны распространяются вглубь деталей турбины, развиваются трещины, по которым поступает кислород. В установках с газовым циклом (ГТУ, ПГУ) температура рабочих газов столь велика, что может также вызвать оплавление поверхности деталей (сопла, лопатки, камеры сгорания) [11]. Итак, при пусках и остановках паровых (а в более общем случае и газовых) турбин, появившийся спонтанно (взрывообразно) в концентраторе напряжения пузырь или иное инородное включение на поверхности ротора и статора, может развивать в своем основании (в окрестности «сухого» пятна) весьма высокие удельные тепловые потоки, которые в начальный момент времени будут инвариантны по времени их действия независимо от глубины проникновения температурной волны. По мере роста пузыря закон изменения $q=f(t)$ носит гиперболический характер. В определенные промежутки времени могут возникать разрушительные напряжения сжатия. По мере дальнейшего развития пузырей происходит разрушение капиллярных низкотемпературных покрытий как есте-

ственного, так и искусственного происхождения. Развивающаяся трещина от совместного действия нескольких явлений (удара, кавитации и коррозии) приводит к эрозионным явлениям и разрушению элементов ротора и статора. Чем больше глубина проникновения тепловой волны или размер разрушающихся частиц пористого покрытия, тем потребуется больше времени для разрушения деталей. По мере набора турбиной нагрузки она входит в номинальный (или переменный) режим работы, тепловые потоки на поверхности турбины стабилизируются (выравниваются) и приобретают среднеинтегральные расчетные величины.

Выводы. Опасность появления предельных термических напряжений велика в момент пуска и останова ПТУ и ГТУ, и другого оборудования электростанций. Эти напряжения возникают, прежде всего, в местах концентраторов, которыми являются центры зарождения активной паровой фазы, либо центры образования капель конденсата. Капиллярно – пористая структура может быть естественного происхождения (солевые отложения, налеты), так и искусственно создаваемая в виде хорошо- и плохотеплопроводных материалов в широких пределах пористости от 3% до 90% и проницаемости. Структуры могут выполнять моделирующую роль, так и служить в качестве высокоинтенсивной и форсированной системы охлаждения. Например, моделирующим материалом служат тешенитовые пористые покрытия, имеющие в 5 раз больший коэффициент линейного расширения, в 10 раз – более низкий коэффициент теплопроводности и примерно одинаковую температуру плавления по сравнению с энергетическими сталями. Они являются наиболее вязкими с пористостью до 30%. Дальнейшие исследования должно быть направлено на изучения других видов структур и покрытий применительно к разработанным техническим решениям деталей и узлов трактов ПТУ и ГТУ.

Список литературы

1 Плоткин Е.Р., Трубилов М.А. К вопросу о пуске паровых турбин паром номинальных и скользящих параметров // Теплоэнергетика. – 1963. – № 9. – С. 6 – 8., [Plotkin E.R., Trubilov M.A. K voprosu o puske parovykh turbin parom nominal'nykh i skol'zyashhikh parametrov // Teploehnergetika. – 1963. – № 9. – С. 6 – 8]

2 Третьяков П.Г. Определение коэффициента теплоотдачи в турбинах по данным замеров // Теплоэнергетика. – 1967. – № 4. – С. 48 – 52., [Tret'yakov P.G. Opredelenie koehffitsienta teplootdachi v turbinakh po dannym

zamerov // *Теплоэнергетика*. – 1967. – № 4. – С. 48 – 52]

3 *Капелович Б.Э.* Эксплуатация паротурбинных установок. М.: Энергия, 1975. – 288 с., [Kapelovich B.EH. EHkspluatatsiya paroturbinnukh ustanovok. M.: EHnergiya, 1975. – 288 s]

4 *Трубилов М.А., Шварц А.В., Карпов Б.П., Солнышкин Б.Г.* Влияние режимов пуска на коробление цилиндров турбины ЛМЗ типа К-200-130 // *Теплоэнергетика*. – 1968. – № 12. – С. 6-13., [Trubilov M.A., SHvarts A.V., Karpov B.P., Solnyshkin B.G. Vliyanie rezhimov puska na koroblenie tsilindrov turbiny LMZ tipa K-200-130 // *Теплоэнергетика*. – 1968. – № 12. – С. 6-13]

5 *Трухний А.Д., Ломакин Б.В.* Теплофикационные паровые турбины и турбоустановки. – М.: МЭИ, 2002. – 540с., [Trukhniĭ A.D., Lomakin B.V. Teplofikatsionnye parovyye turbiny i turboustanovki. – М.: МЭИ, 2002. – 540s]

6 *Костюк А.Г., Фролов В.В., Булкин А.Е., Трухний А.Д.* Паровые и газовые турбины для электростанций. – М.: МЭИ, 2008. – 556 с., [Kostyuk A.G., Frolov V.V., Bulkin A.E., Trukhniĭ A.D. Parovyye i gazovyye turbiny dlya ehlektrostantsii. – М.: МЭИ, 2008. – 556 s]

7 *Genbach A.A., Bondartsev D. Yu., Iliev I.K., Georgiev A.G.* Scientific method of creation of ecologically clean capillary-porous systems of cooling of power equipment elements of power plants on the example of gas turbines. *Energy*. 199 (2020), 117458. <https://doi.org/10.1016/j.energy.2020.117458>

8 *Genbach A.A., Bondartsev D.Y., I.K. Iliev. Thermal Science*. 2019, Volume 23, Issues 2, Pages 849 – 860. <https://doi.org/10.2298/TSCI171016139G>

9 *Genbach A.A., Bondartsev D.Y.* Modeling of thermal stresses destroying the porous coating of heat-exchange surfaces of power plants. *Power engineering: research, equipment, technology*. 2019; 21(3): 117 – 125. <https://doi.org/10.30724/1998-9903-2019-21-3-117-125>

10 *Genbach A.A., Bondartsev D. Yu.* Experimental method of investigation of the heat transfer crisis in a capillary-porous cooling system // *News of the academy of sciences of the RK*. – Vol. 2, №4 (28). – P. 81 – 88.

11 *Генбач А.А., Бондарцев Д.Ю., Абдикаримов А.К.* Исследование тепловых нагрузок в капиллярно-пористых покрытиях элементов котлотурбинного оборудования. *Вестник КазННТУ*, №5 (141) 2020, с. 113-119., [Genbach A.A., Bondartsev D.YU., Abdikarimov A.K. Issledovanie teplovykh nagruzok v kapillyarno-poristykh pokrytiyakh ehlementov kotloturbinnogo oborudovaniya. *Vestnik KazNITU*, №5 (141) 2020, s. 113-119]

Генбач Александр Алексеевич, доктор технических наук, профессор

Бондарцев Давид Юрьевич, доцент, доктор PhD.

e-mail: d.bondartsev@inbox.ru

Абдикаримов Асет Кабылович, студент, e-mail: astik_ak@mail.ru

Д.А. Джапарова¹, Н.Е. Утемисова¹, С.З. Ахметжан², Н.Г. Буранова².

¹Жәңгір-хан атындағы Батыс Қазақстан аграрлық-техникалық университеті,
Орал қ., Қазақстан

²Батыс Қазақстан инновациялық – технологиялық университеті,
Орал қ., Қазақстан

10/0,4 кВ ТАРАТУШЫ ЭЛЕКТР ЖЕЛІЛЕРІН МОДЕЛЬДЕУ

Түйіндеме. 10/0,4 кВ ауылдық тарату желілерін модельдеу мәселелері қарастырылды, оларды есептеу әдісі, негізгі кемшіліктер және күрделілігі жоғары желілерді модельдеу үшін заманауи математикалық пакеттерді қолдану мысалы келтірілген. Симметриялық компоненттер әдісінің сипаттамалары, оны қолдану шекаралары, фазалық трансформаторлар сияқты арнайы электр құрылғыларының пайда болуындағы қиындықтар келтірілген. Симметриялы емес режимде жұмыс істейтін желілерді модельдеу үшін математикалық пакеттерді қолданудың артықшылықтары көрсетілген.

Түйінді сөздер: таратушы электр желілері, кернеулер мен токтардың асимметриясы, электр желілерін модельдеу, электр энергиясының сапасы.

• • •

Аннотация. Рассмотрены вопросы моделирования сельских распределительных сетей 10/0,4 кВ, приведены способ их расчета, основные недостатки и пример использования современных математических пакетов для моделирования сетей повышенной сложности. Даны описания метода симметричных составляющих, границы его применения, сложности при появлении специальных электрических устройств, таких как фазоповоротные трансформаторы. Показаны преимущества использования математических пакетов для моделирования сетей, работающих в несимметричном режиме.

Ключевые слова: распределительные электрические сети, несимметрия напряжений и токов, качество электрической энергии, моделирование электрических сетей.

• • •

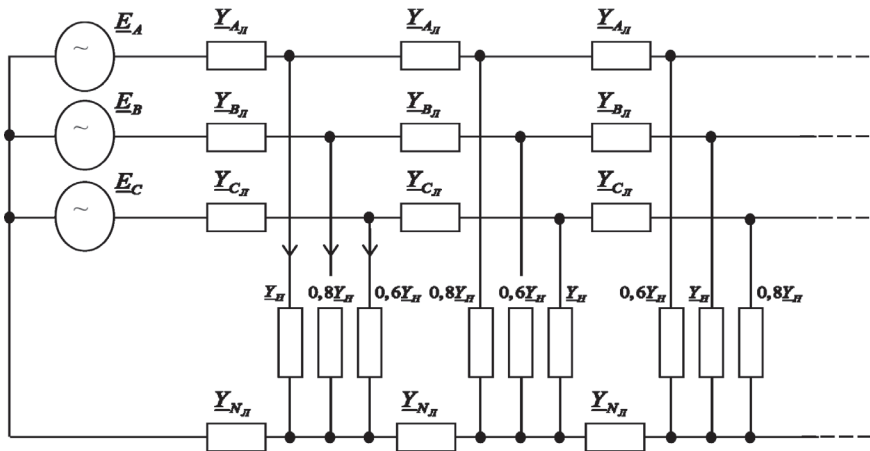
Abstract. The paper is devoted to modeling of rural distribution networks 10/0.4 kV. The paper deals with the method of calculation of the rural distribution network and its main shortcomings, and offers an example of the use of modern mathematical software packages for modeling of high complexity networks. It describes

a method of symmetrical components, the boundaries of their application, the complexities of special electrical devices (such as phase rotation transformers). It deals with the advantages of the use of mathematical software packages for modeling of networks operating in a single-ended mode.

Keywords: electric distribution network, asymmetry of voltages and currents, quality of electrical energy, modeling of electric networks.

Кіріспе. Индустрия алыптарының құрылуы және электр энергиясының үлкен қуатын тұтынатын және энергия жүйесінің көрсеткіштеріне әсер ететін жаңа технологияларды енгізу өткен ғасырдың алпысыншы жылдарында қоғам үшін сөзсіз пайдадан басқа, тұтынушыларға жеткізілетін электр энергиясы сапасының нашарлауына байланысты біршама мәселелер өкелді. Осыған байланысты, бір мың тоғыз жүз алпыс жетінші жылы алғаш рет ГОСТ 13109-67 «электр энергиясының сапа нормалары» қабылданды және іске қосылды, ол уақыт өте келе қайта қаралды, оның ішінде жалпы электрмен жабдықтау жүйелеріндегі электр энергиясының сапасын толық сипаттауға және қалыпқа келтіруге мүмкіндік беретін жаңа көрсеткіштер көрсетілген. Алайда, ГОСТ 13109-97 стандартының соңғы нұсқасын қабылдау тұтынушыларға жеткізілетін электр энергиясының сапасына айтарлықтай әсер етті деп айтуға болмайды. [1] Тұтынушылардың электр энергиясы сапасының стандарт талаптарына сәйкес келмейтіндігінің негізгі себебі «KEGOC» АҚ бойынша электр энергиясының сапасын басқару бойынша ұйымдастырушылық даярлық деңгейінің орташа төмендігі болып табылады, ол шамамен 35% - ды, әдістемелік - 17% - ды, техникалық-54% - ды құрайды. Энергия жүйелерінің едәуір бөлігі (шамамен 37%) кернеуді автоматты реттеу құрылғыларымен жарақтандырудың төмен деңгейіне ие (22% - дан төмен), бұл электр энергиясын тұтынушылардың техникалық құралдарының қалыпты жұмысы үшін қажетті шектерде кернеуді ұстап тұруды қамтамасыз етуге мүмкіндік бермейді. Сондай-ақ, көптеген акционерлік қоғамдар «KEGOC» АҚ біріккен электр желісінен электр энергиясының едәуір көлемін импорттайтынын атап өткен жөн, бұл белгілі бір дәрежеде тұтынушыларға жеткізілетін электр энергиясының сапасына әсер етеді. Алайда, мұндай энергия жүйелерінің электр энергиясының сапасының бөлігіндегі сыртқы электр энергиясын жеткізушілермен қарым-қатынасы әлі де тиісті шарттық қатынастармен реттелмейді. «Энерго» АҚ басым көпшілігінде электр энергиясының сапасын өлшеу құралдары болмағандықтан, олар бар энергия жүйелеріндегі осындай аспаптардың аз ғана саны тұтынушыларға жеткізілетін электр энергиясының сапасын бақылаудың тиімді жүйесін құруға мүмкіндік бермейді.

Зерттеу әдістері. Электр энергиясы міндетті сертификаттауды қажет етеді, сонымен қатар бірнеше ерекшеліктерімен дараланады, атап өтетін болсақ оның ішінде өндіріс және тұтыну процестерінің үздіксіздігі және бір мезгілде болуы. [1] Электр энергиясы - бұл өнімнің белгілі бір бөлігін тұтыну арқылы тасымалданатын өнімнің жалғыз түрі, яғни оны беру кезінде электр энергиясының жоғалуы сөзсіз болады. Ауыл электр энергетикасының отын-энергетикалық ресурстарын үнемдеудің бірінші кезектегі міндеті ауылдық электр тарату желілеріндегі электр энергиясының шығынын азайту болып табылады, қазіргі кезде ауылға берілетін электр энергияның 50%-ын ауыл шаруашылықтарына кетеді. [2] Өндірушіден тұтынушыға беру кезінде электр энергиясының сапасы мен жоғалуына әсер ететін негізгі факторлардың бірі, ол фазалы тұрмыстық жүктеменің басым болуына байланысты пайда болатын фазалық токтар мен кернеулердің асимметриясы. Симметриялық компоненттер әдісіне негізделген асимметриялық жүктеме кезінде электр желілеріндегі қуат пен энергия шығынын есептеу әдісі кеңінен қолданылады. Әр түрлі қуаттың бір фазалы тұтынушылары фазаларға біркелкі бөлінген 0,4 кВ сызық (сурет 1) «жұлдыз» арқылы қосылған, нөлдік нүктесі нөлдік сымға қосылған әр түрлі қуаттылықтағы бір фазалы қабылдағыштардың үш тобынан құралған бірнеше таратылған симметриялы үш фазалы қабылдағыштары бар сызық ретінде қарастыруға болады. [3]



1 сурет - Әр түрлі қуаттылықтағы фазаларға біркелкі бөлінген бір фазалы тұтынушылар желісі

Кез-келген асимметриялық үш фазалы қабылдағышты эквивалентті симметриялы үш фазалы қабылдағышпен және фазалық кернеулерге қосылған екі түрлі қуатты бір фазалы тұтынушылармен ауыстыруға болады. Мұндай ауыстырудың эквиваленттік шарты тұтынушылардың қысқыштарындағы кернеулер мен токтардың теңдігі, ал асимметриялық үш фазалы тұтынушылардың эквивалентті тізбектері үшін және импульсті қуат кешендерінің теңдігі болып саналады. [4] Асимметриялық емес қабылдағыштың қысқыштарындағы асимметриялық үш фазалы фазалық кернеу жүйесінде фазалық токтар үшін келесі өрнектер болады [5]:

$$\underline{I}_A = \underline{U}_A \underline{Y}_{HA}, \quad \underline{I}_B = \underline{U}_B \underline{Y}_{HB}, \quad \underline{I}_C = \underline{U}_C \underline{Y}_{HC} \quad (1)$$

мұндағы $\underline{U}_A, \underline{U}_B, \underline{U}_C$ – фазалық кернеулер;

$\underline{Y}_{HB}, \underline{Y}_{HB}, \underline{Y}_{HC}$ – фазалық өткізгіштер.

Қуаттың шығыны қуаттың шығын коэффициентімен сипатталады. Қуаттың шығыны P_1 түзу тізбегіндегі токтарға байланысты қуаттың жоғалуына P_H асимметриялық жүктеме кезіндегі қуат шығындарының қатынасына тең қуаттың жоғалу коэффициентімен сипатталады:

$$K_p = \frac{\Delta P_i}{\Delta P_1} = 1 + K_{2i}^2 + K_{0i}^2 \frac{R_0}{R_1} \quad (2)$$

мұнда $K_{2i} = \frac{I_2}{I_1}$ – токтардың кері реттілік коэффициенті;

$K_{0i} = \frac{I_0}{I_1}$ – токтардың нөлдік реттілік коэффициенті;

R_0, R_1 – желі учаскесі үшін нөлдік және тікелей тізбектегі белсенді кедергілер;

I_1, I_2, I_0 – желінің бөлігіндегі түзу, кері және нөлдік тізбектегі токтар.

Желінің белгілі бір бөлігіндегі кернеудің фазалық шығындардың салыстырмалы мәндері келесідей анықталады:

$$\left. \begin{aligned} \underline{\delta}_A &= \frac{\Delta U_A}{\Delta U_1} = 1 + \underline{K}_{2i} + \underline{K}_{0i} \underline{K}_Z; \\ \underline{\delta}_B &= \frac{\Delta U_B}{\Delta U_1} = \underline{a}^2 + \underline{a} \underline{K}_{2i} + \underline{K}_{0i} \underline{K}_Z; \\ \underline{\delta}_C &= \frac{\Delta U_C}{\Delta U_1} = \underline{a} + \underline{a}^2 \underline{K}_{2i} + \underline{K}_{0i} \underline{K}_Z, \end{aligned} \right\} \quad (3)$$

Мұнда

$\underline{\Delta U}_A, \underline{\Delta U}_B, \underline{\Delta U}_C$ – желі учаскесіндегі кернеудің фазалық шығындарының кешендері;

$\underline{\Delta U}_1$ – желі учаскесіндегі тікелей реттілік кернеуінің фазалық шығын кешені;

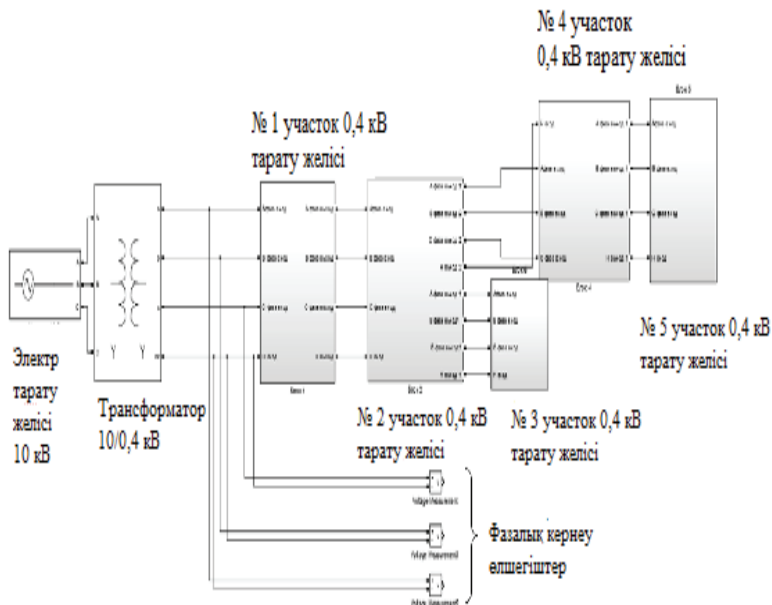
$\underline{K}_{2i}, \underline{K}_{0i}$ – токтардың кері және нөлдік тізбегінің күрделі коэффициенттері: $\underline{K}_{2i} = \frac{\underline{I}_2}{\underline{I}_1}; \underline{K}_{0i} = \frac{\underline{I}_0}{\underline{I}_1}$;

$\underline{I}_1, \underline{I}_2, \underline{I}_0$ – тікелей, кері және нөлдік тізбектегі токтардың кешендері;

$\underline{a} = e^{j\frac{2\pi}{3}}$ – векторды 120° -қа бұрудың кешенді мультипликаторы.

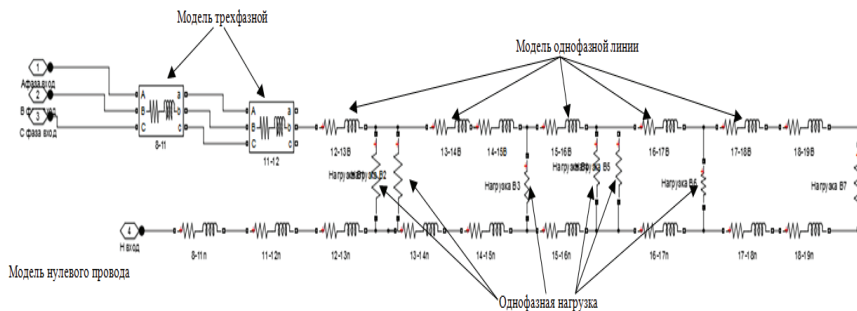
Симметриялық компоненттер әдісі асимметриялық электр желілері үшін шектеулі қолданылады, бұл электр энергетикасы жүйесіндегі асимметрия санының өсуімен алмастыру схемаларының едәуір күрделенуімен байланысты.

Арнайы трансформаторлар үшін симметриялы компоненттер әдісін қолдану қиынға соғады, мысалы, фазалық айналу, жоғары өткізу қабілеті бар, басқарылатын, өзін-өзі қалпына келтіретін электр желілерінде қолданылады [6].



2 сурет- 10/0,4 кВ тарату электр желісінің моделі.

Бұл схемаға негізгі ерекшелігі – құрылыстың модульділігі. Әрбір модуль (участке) электр беру желісін ауыстыру схемасының элементтерін және жүктемені қамтиды. Мұндай модульдің мысалы келесідей:



3 сурет - Бір фазалық жүктемесі бар 0,4 кВ электр тарату желісінің моделі

Арнайы бағдарламалардың математикалық пакеттерін қолдану тапсырманы мұқият зерттеуге және есептеулердің нақты дәл мәнін алуға мүмкіндік береді. Мысалы, 10/0,4 кВ электр тарату желісін модельдеу (сурет 2), принципияльді электрлік схемасы MatLAB 7.0. математикалық бағдарламада SimPowerSystems пакетін қолдану арқылы тұрғызылған. [8,9] Схеманың өзіне тән ерекшелігі-құрылыстың модульділігі, онда әр модульде (бөлімде) электр желісі мен жүктемені ауыстыру схемасының элементтері болады (сурет 3).

Зерттеу нәтижелері. Жұмыс барысында ауыл шаруашылығы объектілерін электрмен жабдықтаудың 10 (0,4) тарату электр желілері тексерілді. Зерттеу нәтижелері Жәңгір хан атындағы Батыс Қазақстан аграрлық-техникалық университетінің 5B071800/6B07102-Электр энергетикасы мамандықтарының оқу процесінде пайдаланылады.

Нәтижелерді талқылау. Тұжырым көрсеткіштері есептеліп, зерттеу бойынша нәтиже берді. Зерттеу нәтижелері Жәңгір хан атындағы БҚАТУ “Электротехника және автоматика” жоғары мектебінің профессор-оқытушылар құрамы арасында талқыланып, хаттамаға енгізілді.

Қорытынды. 10/0,4 кВ таратушы электр желісінің сенімділігін мониторингілеу мен модельдеуді жүзеге асыруға мүмкіндік беретін ауылдық таратушы электр желісінің имитациялық моделі әзірленді. Сонымен бірге таратушы электр желісінің компьютерлік моделі әзірленді, ол электр энергиясының сапа параметрлерін одан әрі болжауға мүмкіндік береді, бұл энергиямен жабдықтаушы ұйымдарға электр энергиясының параметрлеріне үздіксіз бақылау жүргізуге мүмкіндік береді. Жоғары да көрсетілген электрлік тарату желісінің модульдік механизмін қолдану кез-келген күрделі электрлік сұлбаны зерттеуге мүмкіндік береді. [10] Алынған мәліметтердің дәлдігі алмастыру сұлбасын дұрыс құрастырылғандығына байланысты болады.

Әдебиеттер

1 Горюнов И.Т., Мозгалёв В.С., Богданов В.А. Проблемы обеспечения качества электрической энергии. – Электрические станции, 2001. – № 1, – С.16-20.

2 Антипов К.М. Задачи предприятий и организаций Минэнерго СССР по снижению расхода электроэнергии на её передачу по электрическим сетям. - Энергетик, 1979, – № 6, – С. 2-3.

3 Свєргун Ю. Ф., Мирошник А. А. Моделирование несимметричного режима сельской воздушной электрической сети 0,38/0,22 кВ. PROBLEMELE ENERGETICII REGIONALE 3(14) 2010.

4 Косоухов Ф. Д. Расчет падений напряжений и потерь мощностей в сельских распределительных сетях при несимметрии токов. ЛСХИ, Л. 1982 г. – С 74.

5 Панфилов Д. И., Иванов В. С., Чепурин И. Н. Электротехника и электроника в экспериментах и упражнениях: практикум на Electronic Workbench: В 2 т. / Под общей ред. Д. И. Панфилова – Т. 1: Электротехника. – М.: ДОДЭКА, 1999. – С 304.

6 Закарюкин В.П., Крюков А.В., Крюков Е.А. Моделирование пре-дельных режимов электроэнергетических систем с учетом продольной и поперечной несимметрии. – Иркутск: ИСЭМ СО РАН, 2006. – С.139.

7 Моделирование электротехнических устройств в MATLAB, SimPowerSystems и Simulink. - М.: ДМК Пресс; СПб.: Питер, 2008. - 288 с.: ил.

8 Кочергин С.В., Кобелев А.В., Хребтов Н.А.. Актуальные вопросы моделирования развития электроэнергетических систем. // №2 Бюллетень центра фрактального моделирования. Научно-теоретический и прикладной журнал Тамбов, 2011.

9 Кочергин С.В., Кобелев А.В., Хребтов Н.А.. Нейронные сети и фрактальное моделирование электроэнергетических систем. // №1 Бюлл. центра фрактального моделирования. Научно-теоретический и прикладной журнал Тамбов, 2012.

10 Лурье М.С., Лурье О.М. Электротехника. Имитационное моделирование в лабораторном практикуме, курсовом и дипломном проектировании: Учебное пособие для студентов всех форм обучения специальностей. 2 часть/- Красноярск: СибГТУ, 2006. – С.103.

Джапарова Динара Амангельдиевна - кандидата технических наук,
e-mail: dinara_jra@mail.ru

Утимисова Нуржуз Елеусизовна - магистр технических наук,
e-mail: nurchi@mail.ru

Ахметжан Самал Закиқызы, кандидат технических наук, доцент,
e-mail: samal.zakey@mail.ru

Буранова Нурслу Галымовна – магистр технических наук,
e-mail: nurslu_1986@mail.ru

МАШИНОСТРОЕНИЕ

MFTAP 55.22.29

С.А. Машеков¹, Р.Д. Абдирова¹, Э.А. Тусупкалиева¹

¹Қ. Сәтпаев атындағы Қазақ ұлттық техникалық зерттеу университеті,
Алматы қ., Қазақстан

ФУНКЦИОНАЛДЫ ЖАБЫНДЫЛАРДЫ ҚОЛДАНУ ҮШІН ҚАРҚЫНДЫ ПЛАСТИКАЛЫҚ ДЕФОРМАЦИЯНЫҢ АСПАПТЫҚ ТЕЗ КЕСЕТІН Р6М5 БОЛАТТЫҢ БЕТКІ ҚАБАТЫНЫҢ ҚҰРЫЛЫМЫНА ӘСЕРІН ЗЕРТТЕУ

Түйіндеме. Мақалада зерттеулер жүргізу үшін бұрандалы жұмыс беттеріне илемденген пішінбіліктері бар сайман жасалды. Бұл сайман ұсақ-түйіршікті құрылымы бар жартылай өнімдерді алу үшін қолданылады. Жасалған сайман бастапқы дайындаманың өлшемі мен пішінін өзгертпей қарқынды деформацияны іске асырады. Жұмыста толқынды пішіні бар дайындаманы илемдеу үшін жазық жұмысшы беті бар пішінбілік пайдаланылды. Мақалада шеткі элементтер әдістемесін негізге алатын ANSYS-LS/DYNA бағдарламасы қолданып, бұрандалы және жазық пішінбілікте дайындаманы илемдеген кезде пайда болатын кернеулі-деформациялы күй (ҚДК) зерттелді. Алынған мәліметтер негізінде, Р6М5 болатынан жасалған жолақтарды (тез кесетін тілімшелерді жасау үшін қолданылады) бұрандалы және жазық пішінбіліктерде илемдегенде оның беткі қабаттары қарқынды деформацияланатындығы анықталды. Беткі қабаттарды қарқынды деформациялаудың біртекті ұсақ-түйіршікті құрылымды қалыптастыратынын, беріктік қасиеттерін жоғарылататынын және функциялық қасиеті бар қабатпен жабу үшін ұтымды құрылымды алуға мүмкіндік беретінін көрсетті.

Түйінді сөздер: тез кесетін Р6М5 болаты, илемдеу, бұрандалы және жазық пішінбілік, қарқынды пластикалық деформация, кернеулі-деформациялы күй, кернеу мен деформация қарқындылығы, функциялы қабат.

• • •

Аннотация. В статье разработан инструмент имеющий валки с винтообразными рабочими поверхностями. Данный инструмент предназначен для получения полуфабрикатов с мелкозернистой структурой. Разработанный инструмент реализует интенсивную пластическую деформацию без значительных изменений исходной формы и размеров заготовки. В работе для прокатки полос из заготовок с волнистой поверхностью применили гладкие валки. В статье, используя метод конечных элементов и программный продукт ANSYS-LS/DYNA, исследовали напряженно-деформированное состояние (НДС) заготовки при прокатке полос в винтообразных и гладких валках. На основе полученных данных установили, что прокатка листового материала, применяемых для изготовления быстрорежущей пластины, в винто-

образных и гладких валках обеспечивает интенсивное деформирование ее поверхностных слоев. Интенсивное деформирование поверхностных слоев полос способствует формированию однородной ультрамелкозернистой структуры, что приводит к повышению прочностных свойств быстрорежущей пластины из стали Р6М5 и получению рациональной структуры для нанесения функциональной покрытий.

Ключевые слова: быстрорежущая сталь Р6М5, прокатка, винтообразные и гладкие валки, напряженно-деформированное состояние, интенсивность напряжений и деформаций, функциональные покрытия.

• • •

Abstract. The article has developed a tool with rolls with helical working surfaces. This tool is designed to produce semi-finished products with a fine-grained structure. The developed tool implements severe plastic deformation without significant changes in the original shape and dimensions of the workpiece. In the work, smooth rolls were used for rolling strips from billets with a wavy surface. In the article, the stress-strain state (SSS) of the billet was investigated when rolling strips in helical and smooth rolls using the finite element method and the ANSYS-LS / DYNA software product. On the basis of the obtained data, it was found that rolling of sheet material used for the manufacture of a high-speed plate in helical and smooth rolls provides intensive deformation of its surface layers. Intense deformation of the surface layers of the strips contributes to the formation of a homogeneous ultrafine-grained structure, which leads to an increase in the strength properties of a high-speed plate made of R6M5 steel and obtaining a rational structure for applying functional coatings.

Keywords: rapidcutting steel R6M5, rolling, helical and smooth rolls, stress-strain state, intensity stresses and deformations, functional coatings.

Кіріспе. Қазіргі заманғы машина жасаудың технологиялық дамуының маңызды мәселелерінің бірі кесу құралдарының, қалыптардың, пішінбіліктердің, матрицалардың және баспа-штемпельдердің төзімділігін арттыру болып табылады [1,2]. Бұл қиын өңделетін жаңа материалдардың пайда болуымен және өнеркәсіптің машина жасау және металлургия саласында осы құралдарды пайдалану шарттарының қатаңдатылуымен байланысты. «Құрал – өңделетін материал» жүйесінің ең әлсіз буыны бүкіл жүйенің жұмыс істеуі мен ресурсын анықтайтын құрал беті болып табылады, бұл беттік қасиеттерді модификациялау әдістері мен технологияларын дамытудың жоғары маңыздылығын анықтайды. Металдарды қысыммен өңдеу және өңдеу жүйесіне қатысты мұндай жүйе илемдеу, қалыптау, баспалау, созу, кесу және т. б. баспалардан туындаған жағдайларда аспаптық және өңделген материалдардың өзара әрекеттесуімен анықталады. Осы

мәліметтерге сүйене отырып, жаңа қиын өңделетін материалдардың пайда болуымен және оларды пайдалану жағдайларын күшейте отырып, кесу және деформациялау құралының беріктігін арттыру мәселесі өзекті бола түсуде деп қорытынды жасауға болады.

[3,4] жұмыстардың авторларының пікірінше, аспаптық материалдың беткі қасиеттерін бағытты түрлендірудің ең тиімді әдісі – кесу құралының жұмыс беттеріне функционалды жабындарды қолдану. Сондай-ақ, қазіргі уақытта әр түрлі өнімдерге, соның ішінде кесу құралдарына арналған жабындардың физикалық тұндыру процестері (FOP немесе PVD процестері) өңдеу саласында көбірек қолданылады. Бұл жабындылардың химиялық тұндыру әдістерімен және процестерімен (ХОП немесе CVD әдістері) салыстырғанда кез-келген архитектураның, құрамның, құрылымның жабындыларын алудың жоғары сенімділігіне, әмбебаптығына, мүмкіндігіне байланысты. Бұл құрал өндірудің экологиялық таза процесін қамтамасыз етеді. Сондықтан [4] жұмыстың авторлары жабындыларды алудың негізгі әдісі ретінде әлемдік тәжірибеде MEVVA (Metal Vapor Vacuum Arc) немесе CYB (иондық бомбаланған конденсация, ТМД елдері) деп аталатын жабындылардың вакуумдық-доғалық синтезі процестерін қолданды. Жұмыс авторлары [5] жабындыларды вакуумды-доғалы тұндыру (CYB - MEVVA) технологиясын градиент, метастабильді, көп компонентті, көп қабатты немесе супер торлы жабындылардың соңғы тұжырымдамаларына сәйкес келетін әртүрлі функционалды жабындарды қалыптастыру үшін қолдануға болатындығын атап өтті. Олардың пікірінше, жабудың көптеген әдістерінің ішінде наноөлшемді түйіршіктер мен қабаттардың қалыңдығымен көп қабатты жабындыларды қолдану әдісі ең тиімдісі болып табылады. Бұл жабындылар қарама-қайшылықты талаптардың гаммасын қанағаттандырады (төмен үйкеліс, жоғары тозуға төзімділік, диффузияның тосқауыл функциялары, кесу жүйесіндегі жылу ағындары, жоғары қабатты адгезияның беріктігі, ішкі кернеулердің төмендеуі, қаттылық пен тұтқырлық тепе-теңдігі және т.б.). Сонымен қатар, бір жабындыдағы жеке қабаттардың әртүрлі қасиеттерін біріктіретін ауыспалы метастабильді және көп компонентті құрылымдарды қамтитын аралас жабындыларды қалыптастыруға мүмкіндігі бар.

[6] жұмыста сондай-ақ, кесу құралын өндіруде наноқұрылымды жабындылардың үлкен артықшылықтары бар екендігі атап өтілді. Аралық шекаралардың үлкейтілген ауданы бар ультра дисперсті материалдар материалдың тозуға төзімділігі мен беріктік сипатта-

маларына, оның ішінде циклдік термомеханикалық кернеулердің әсерінен оң әсер ететін «қаттылық» арасындағы теңгерімді арақатынасқа ие. Түйіршік мөлшері $d > 1$ мкм-ден асатын стандартты (микрометриялық) құрылым материалдарының бұзылуының негізгі себебіне әртүрлі ақауларда дислокацияның шоғырлануынан пайда болатын жарықтардың пайда болуы жатады [7]. Бұл жұмыстың авторлары атап өткендей, түйіршік мөлшері $d < 80...100$ нм-ден аз наноқұрылымды материалдарда бұзылудың басқа механизмі байқалады. Мұндай материалдардың қирауына түйіршік аралық шекаралардағы процестер себеп болып отыр. Бұл олардың шекараларындағы атомдардың аздығымен байланысты. Яғни, түйіршік аралық өзара әрекеттесуді айтарлықтай өзгертеді, қозғалыстың тежелуіне және дислокацияның пайда болуына әкеліп соғады, түйіршік шекараларының нығаюына байланысты шарықшақтардың пайда болуын, тармақталуын және қозғалуын болдырмайды. Іс жүзінде түйіршік шекараларында толық тежелуге байланысты наноөлшемді түйіршіктерде дислокация пайда болмайды, ал шекаралардың өзі материалдың деформациясы мен бұзылуында шешуші рөл атқара бастайды. Мұның бәрі нанокристалды материалдардың ерекше қасиеттерін жасауға мүмкіндік береді [8].

[9] жұмыс материалдарын талдай отырып, жабынды мен субстрат арасындағы адгезияның жоғары беріктігін атап өтуге болады, сондай-ақ өңделген материалға қатысты жабынды материалының химиялық пассивтілігі кез-келген тозу және бұзылу механизмдерінде көп қабатты композициялық наноқұрылымды жабындылары бар кескіш құралының тозуға төзімділігі мен беріктігін арттыруға мүмкіндік береді. Біздің ойымызша, кескіш құралын өндіруде наноқұрылымды жабындылар ғана емес, сонымен қатар наноқұрылымды субстраттар, яғни жабу құралының беті де жақсы артықшылыққа ие. [10] жұмыс материалдарынан аспаптық болаттардың, соның ішінде P6M5 болатының ыстық илемделген шыбықтар түрінде жеткізілу жағдайындағы негізгі кемшіліктердің бірі – илем осі бойынша қатаңдықтың болуы (орталықта неғұрлым қарқынды және шеті бойынша аз) және илем қимасы бойынша карбидтердің біркелкі бөлінбеуі. Өңдеу саласының мамандары бұл болаттың қалыптау және суықтай түсіру құралдарын жасау үшін көңінен қолданылатынын жақсы біледі. Металл материалдарының пайдалану қасиеттерін және олардың құрылымдық біртектілігін арттыру үшін соңғы жылдары қарқынды пластикалық деформация (ҚПД) әдістері жиі қолданылуда [11].

Жалпы дәрежесі 2 – 3-тен жоғары макроығыстырушы деформацияны жүзеге асыратын ҚПД әдістеріне [12] жатады: жоғары квазигидростатикалық қысыммен бұралу, тең каналды бұрыштық баспа, жанжақты изотермиялық соғу, радиалды ығыстырып илемдеу және т. б. Макроығыстырушы деформациялар түйіршіктердің кристалдық бағытына тәуелді емес транс-түйіршікті сырғу есебінен металл құрылымында өзгерістер тудырады. Бұл субмикросталды диапазонда (0,1-ден 1 мкм-ге дейін) түйіршік мөлшері бар ультра-ұсақтүйіршікті (УҰТ) құрылымы бар металдар мен қорытпаларды немесе құрылымдық объектілерінің өлшемдері <100 нм нанокристалды құрылымды алуға мүмкіндік береді. Бұл илемделген өнімнің осі бойындағы тізбекті және карбидтердің илемнің көлденең қимасы бойынша бірқалыпты таралмауын болдырмайды. [10] жұмыс материалдарын талдай отырып, бетті қатайтудың барлық әдістерінің ішінде бықсыған разряд плазмасындағы иондық азоттауды бөліп алуға болатынына көз жеткіздік. Дәстүрлі әдістермен салыстырғанда бұл әдіс бірқатар маңызды артықшылықтарға қол жеткізуге мүмкіндік береді. Мұндай артықшылықтарға қанығудың жоғары жылдамдығы; берілген фазалық құрамы мен құрылымының диффузиялық қабаттарын алу; бетінің тазалығының жоғары класы; қосымша депассивтендірусіз пассивті материалдарды азоттау мүмкіндігі; электр энергиясын пайдалану коэффициентін жоғарылату және қаныққан газдардың шығынын азайту арқылы процестің үлкен тиімділігі; процестің экологиялық тазалығын жатқызуға болады.

Бұл жұмыстың мақсаты тозуға төзімді жабындыларды қолдануға мүмкіндік беретін бұрандалы және тегіс пішінбіліктерде УҰТ құрылымы бар Р6М5 болаттан жасалған жолақтарды илемдеудің ұтымды технологиясын әзірлеу болып табылады.

Жабдықтар, материалдар және тәжірибе әдістемесі. [13] жұмыста бұрандалы жұмыс беті бар пішінбілікті құрал жасалды. Бұл пішінбіліктерде жоғарғы және төменгі пішінбіліктердің бұранда тәрізді шығыңқы жерлері мен ойықтары қарама-қарсы орналасады. Бұл жағдайда шығыңқы енінің жоғарғы және төменгі орамдардың ойығының еніне қатынасы 0,8...0,9 құрайды. Бұл құрал ұсақ түйіршікті құрылымы бар жартылай фабрикаттарды алуға арналған. Дайындалған құрал дайындаманың бастапқы пішіні мен мөлшерін айтарлықтай өзгертпестен ҚПД-ны жүзеге асырады. Жартылай фабрикаттардың толқынды бетін ұсақ түйіршікті құрылыммен тегістеу және қажетті мөлшердегі жолақтарды алу үшін қарапайым құрылымды ДУО-180 зертханалық білдегі қолданылғанын атап өткен жөн.

Дайындама материалының тұтастығын бұзбай бетіндегі УҰТ құрылымы бар Р6М5 болат жолақтарын жасауға мүмкіндік беретін технологиялық процесті дайындау үшін ДУО-180 білдегінде орнатылған бұранда тәрізді және тегіс пішінбіліктерде илемдеу кезінде дайындаманың кернеулі-деформациялы күйі (ҚДК) зерттелді. Тіпті қарапайым илемдеу жағдайлары үшін де мәселенің дұрыс тұжырымдалуы интегралдық-дифференциалдық теңдеулер жүйесіне әкелетінін айта кету керек [14]. Мұндай мәселені аналитикалық түрде шешу мүмкін емес. Сондықтан, көптеген анықтайтын параметрлер мен олардың әсерінің анық емес сипатына байланысты бұрандалы және тегіс пішінбіліктердегі илемдеу орамдарындағы илектеу процесін математикалық модельдеу күрделі процесс болып табылады. Мұндай мәселелерді шешу үшін шекті элементтер әдісін қолдануға болады.

Илемдеу процесінде дайындаманың ҚДК-н зерттеу түйіспелі, серпімдіпластикалық, сызықтысыз болып табылады. Бұрандалы және тегіс пішінбіліктерде илемдеу кезінде үлкен орын ауыстырулар, деформациялар мен кернеулер, сондай-ақ температура градиенті пайда болады. Сондықтан, шекті элементтер әдісін қолдана отырып илемдеу процесінің имитациялық модельдеуі жүргізілді, яғни ҚДКС және деформацияланатын дайындаманың температуралық өрісін зерттелді. Бұрандалы және тегіс пішінбіліктерде илемдеу кезінде дайындамалардың ҚДК анықтау үшін ANSYS – LS/DYNA бағдарламалық өнімі қолданылды [14]. Модельдеуді илемделетін дайындамасы бар бұрандалы және тегіс құралдан бастадық. Бұрандалы және тегіс құрал мен илемделетін дайындаманың геометриясы SIEMENSNX6 CAD жүйесінде жасалды және кейіннен ANSYS/ LS-DYNA-ға импортталды.

Шекті элементтің қажетті түрі Ansys Ls-dyna ішіндегі элемент түрлерінің кітапханасынан таңдалып алынды. Ғылыми-техникалық әдебиеттерді зерттеу көрсеткендей, металдарды қысыммен өңдеудің көлемдік ҚДК анықтау кезінде әдетте Solid 164 немесе Shell 163 элементтерінің түрлері қолданылады [14]. Илемделген дайындаманы модельдеу үшін біз Shell 163 шекті элементін таңдадық. Элементтің бұл түрі есептеу уақытын азайтады және үлкен деформацияларға төзімді. Shell 163 – иілу және серіппе мүмкіндігі бар 3 немесе 4 түйіндік үш өлшемді қабық элементі. Элемент әр түйінде 12 еркіндік дәрежесіне ие. Дайындаманың ҚДК-ін анықтау үшін өлшемі 6×100×200 мм болатын тікбұрышты пішінді үлгілер қолданылды. Дайындаманың материалы ретінде Р6М5 болаттарын 850 – 1160 °С температуралық деформация диапазонымен таңдалды. Бұрандалы пішінбіліктерде (БП) деформация келесі режим

бойынша жүзеге асырылды: 850°C температураға дейін қыздыру, қалыңдығы 5,9 мм дейін төрт БП өту арқылы илемдеу. Теріс пішінбіліктерде (ТП) дайындаманы илемдеу 850°C температурада жүргізілді. БП-де және ТП-де илемдеу процесін модельдеу кезінде дайындама үшін трансверсальді қатайтылатын анизотропты материал – transverse Anisotropic Material қолданылды [14]. Lenkford R коэффициенті бірлікке тең болды, яғни изотропты материал бастапқы дайындама үшін пайдаланылды. Lenkford R коэффициенті бірлікке тең болды, яғни изотропты материал бастапқы дайындама үшін пайдаланылды. БП-те деформациялау процесінде металдың деформациялық беріктенуі үлгіні бір осьті созуға сынау кезінде алынған қисық беріктендіру бойынша болуы тиіс. Модель қисығында серпімді және пластикалық компонент болды. БП-те және ТП-те материалдық моделі үшін қатты материал пайдаланылды.

Айта кету керек, деформацияланатын материалдар БП-де және ТП-де барлық қозғалыстардан шектелді. Бұл роликтер тек илемдеу бағытында айналды. Бастапқы жалпақ дайындамада қозғалыс шегі болмады. БП-те және ТП-де илемдеу бағытына сәйкес келетін бұрыштық жылдамдықтар орнатылды. Біліктер арасындағы саңылау арқылы бастапқы дайындаманың қозғалысы пішінбіліктердің шығыңқы және шұңқырларында иілу процесінде пайда болатын үйкеліс күштерінің әсерінен болды. Бұл зерттелген процеске толық сәйкес келеді. Shell 163 элементін пайдалану кезінде байланыс өзара әрекеттесуінің келесі шарттары қабылданды: бастапқы дайындама – илемделетін пішінбіліктер – Forming surface-to-surface contact (ASTS). [14] surface-to-surface беттесуі айтарлықтай түйісу аймақтары бар кездейсоқ орналасқан денелер үшін қолданылатыны белгілі. Бастапқы дайындама мен БП, сондай-ақ ТП арасындағы байланыс үйкелісі 0,35 тең болды, бұл P6M5 болатының ыстықтай илемделуіне сәйкес келеді [15].

«ANSYS-LS/DYNA» бағдарламасын іске қостық. Қадам әдісі U қозғалыстарын, деформация тензорларының компоненттерін ϵ және кернеулерді σ , деформациялар мен кернеулердің қарқындылығы (эквивалентті деформация және кернеу), дайындаманың көлеміне температураның таралуы. Илемдеу процесінің барлық бастапқы мәліметтері мен технологиялық параметрлері енгізгеннен кейін бағдарлама есептеу үшін іске қосылды. Процесті есептеу 3,4 ГГц тактілі жиілікті және 2 Гб жедел жадысы бар Pentium Duo компьютерінде шамамен 25 минутта жүзеге асты.

Зертханалық жағдайда бірқатар тәжірибелер жүргізілді. Дайындаманың материалы ретінде өлшемі 6×150×400 мм болатын P6M5

болаты таңдалды. БП-і және ТП-і бар білдегінде илемдеу келесі режимдер бойынша жүзеге асырылды:

- 850°C температураға дейін қыздыру, 2 сағат ұстау, қалыңдығы 5,8 мм-ге дейін БП-те екі рет илемдеу, 850 °C температурада қыздыру, 30 мин ұстау, 5,5 мм қалыңдығына дейін БП-те екі рет илемдеу, 850 °C температурада қыздыру, 30 мин ұстау, қалыңдығы 4,0 мм-ге дейін ТП-те илемдеу;

- 850°C температураға дейін қыздыру, 2 сағат ұстау, қалыңдығы 5,8 мм-ге дейін БП-те төрт рет илемдеу, 850°C температурада қыздыру, 30 мин ұстау, 5,5 мм қалыңдығына дейін БП-те төрт рет илемдеу, 850°C температурада қыздыру, 30 мин ұстау, қалыңдығы 4,0 мм-ге дейін ТП-те илемдеу;

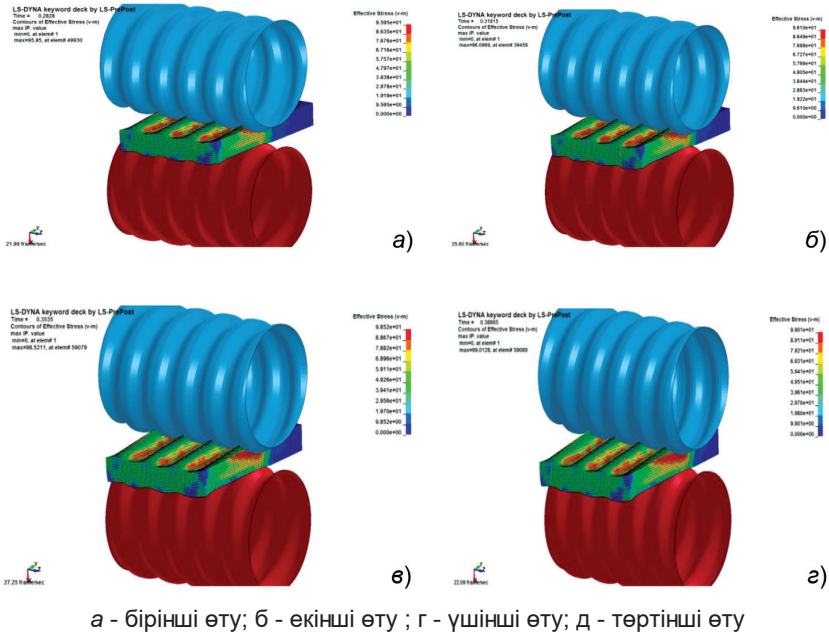
- 850°C температураға дейін қыздыру, 2 сағат ұстау, қалыңдығы 5,8 мм-ге дейін БП-те алты рет илемдеу, 850°C температурада қыздыру, 30 мин ұстау, 5,5 мм қалыңдығына дейін БП-те алты рет илемдеу, 850°C температурада қыздыру, 30 мин ұстау, қалыңдығы 4,0 мм-ге дейін ТП-те илемдеу.

Металлографиялық талдау Carl Zeiss axiovert-200 mat оптикалық микроскопында 200, 500 және 1000 есе үлкейтумен жүргізілді. Суреттерді өңдеу JNCA ENERGY (Англия) энергетикалық спектрометрін қолдану арқылы жүргізілді. Ақауы бар субқұрылым параметрлерін сандық талдау стандартты әдістермен жүзеге асырылды [15].Metalлографиялық зерттеуге арналған шлифтер дәстүрлі әдіс бойынша тегістеу және жылтырату шеңберлерінде дайындалды. Түйіршіктің шамасы (D_3 , мкм) қима әдіспен (~300 түйіршіктің өлшемі бойынша) мынадай формула бойынша орташа хорда (X) шамасына сүйене отырып, түйіршік сфералық пішінде деген болжаммен анықталды: $D_3 = 4/\pi \cdot X_{орташа}$.

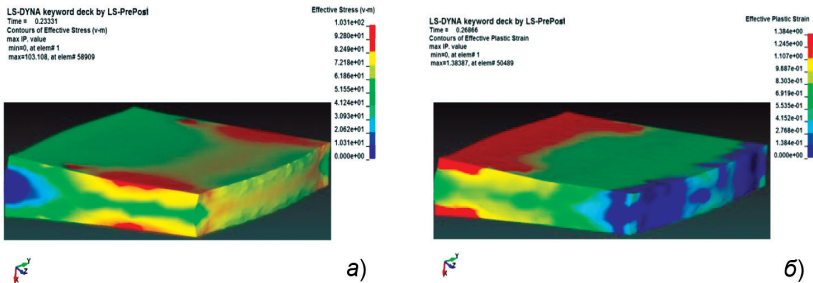
Нәтижелер және талқылау. 1-суретте төрт жолмен БП-де илемдеу кезінде дайындамадағы кернеу мен деформация қарқындылығының таралу суреттері көрсетілген. Дайындаманың қыздыру температурасы 850°C. Алынған сандық модельдеу нәтижелері негізінде мыналар анықталды:

- БП-де илемдеудің бастапқы сәтінде кернеулер мен деформациялар қарқындылығы дайындаманың пішімбіліктердің шығыңқы жерлерінің жұмыс беттерімен түйісетін аймақтарында оқшауланады;

- бір қысылудың ұлғаюы кернеулер мен деформациялар қарқындылығының екпінін түйіспелі аймақтардан біліктер шығыңқы жерлері мен ойықтарының көлбеу жұмыс беттерінің астында орналасқан жолақ аймақтарына ауыстыруға әкеледі (2-сурет);



1 сурет – ВВ-да илемдеу кезінде дайындамадағы кернеу қарқындылығының таралу суреті (илемдеу температурасы 850°C)



2 сурет – Тегіс пішімбіліктерде илемдеу кезінде дайындамадағы кернеулер

- БП-де илемдеу процесінде құралдың жолақпен жанасу аймағы салқындатылады, бұл ретте июші деформациялар әсер ететін аймақтарда температура көтеріледі;

- БП-де илемдеудің екінші, үшінші және төртінші өтулерінде кернеулер мен деформациялар қарқындылығының шамасы пішімбіліктердің шығыңқы жерлері мен ойықтарының доға тәрізді учаскелері астында артады;

- ұсынып отырған аспапта илемдеу пішімбіліктің жұмыс бетінің шығыңқы жерлері мен ойықтарының өлшемдері бірдей, сондай-ақ төменгі пішімбіліктің ойықтары мен шығыңқы жерлеріне қарама-қарсы орналасқан жоғарғы пішімбіліктің шығыңқы жерлері немесе ойықтарының өлшемдері бірдей, тиісінше жоғарыда көрсетілген ұқсас қысылулары қалыңдығы кіші дайындаманы оның өлшемін өзгертпей бірнеше рет иіп деформациялауға мүмкіндік береді;

- БП-те жолақтың илемдеудің дайындалған әдісі жолақтың қарқынды ауыспалы деформациясын қамтамасыз етеді. Максималды ығысу шығыңқы енінің ойық еніне қатынасы 0,8...0,9 тең кезінде жүзеге асырылады;

- БП-і бар пішімбіліктерде илемдеу кезінде беттің шығыңқы жерлері мен ойықтарда илемделген жолақтың ені бойымен жылжуы орын алады, бұл дайындаманың көлденең қимасында қосымша макро қозғалыстарды тудырады және деформация қарқындылығының артуына ықпал етеді;

- бұрандалы жұмыс беті бар пішімбіліктерде илемдеу жағдайында деформациялар қарқындылығы шамасының өсуі цилиндрлік пішімбіліктерде илемдеу кезіндегіге қарағанда екі есе жоғары;

- бірнеше рет иілу дайындаманың бетіндегі ығысу деформациясының дәрежесін арттыруға мүмкіндік береді. Мұның бәрі қорытпалардың құрылымын тиімді ұсақтауға және дайындаманың осы аймағында біртекті ұсақ түйіршікті құрылымды қалыптастыруға мүмкіндік береді.

2-суретте ТП-де жолақтарды илемдеу кезінде кернеулер мен деформациялар қарқындылығының таралу көрінісі көрсетілген. Дайындаманың қыздыру температурасы 850°C.

Кернеулі-деформацияланған күйді есептеу және талдау мынаны көрсетеді:

1) ТП-де илемдеудің бастапқы сәтінде кернеулер мен деформациялар қарқындылығы металды пішімбілікпен қармау аймақтарында оқшауланады;

2) ТП-де илемдеудің келесі кезеңінде кернеулер мен деформациялардың қарқындылығы дайындаманың толқын тәрізді беттерімен пішімбіліктердің түйіскен аймақтарында оқшауланады;

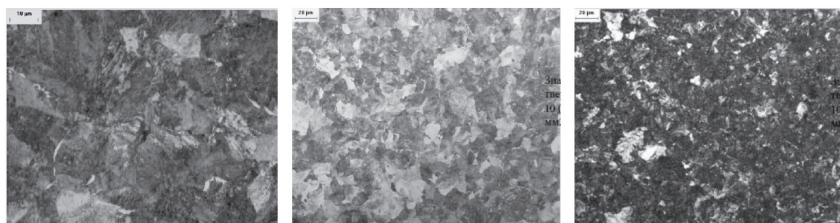
3) Қысылудың ұлғаюымен кернеулер мен деформациялар қарқындылығының шамасы деформацияланатын дайындаманың орталық аймақтарында ұлғаяды;

4) Жолақ бетіндегі деформация мен кернеу қарқындылығының оқшаулануы деформация ошағының осы аймағында металл құрылымының қарқынды ұсақталуына әкеледі;

5) Деформацияны оқшаулау аймағында илемдеу процесінде дайындаманың температурасы көтеріледі;

6) ТП-те илемдеу кезінде температурасы жоғары металдың бөліктері деформация ошағымен бірге салыстырмалы түрде қозғалады.

Бастапқы күйде Р6М5 болаттан жасалған дайындама бірқалыпсыз микроқұрылымға ие болды. Бұл құрылым бойлық бағытта ~316 мкм және көлденең бағытта ~294 мкм орташа мөлшері бар ірі кристалданбаған түйіршіктерден тұрды. Ірі түйіршіктердің шекараларында өлшемі ~53-57 мкм болатын ұсақ түйіршіктер орналасқан. Р6М5 болатының құрылымдық күйін БП-те екі өтпемен илемдегеннен кейін зерттеу (1-режим) илемдеу жазықтығына перпендикуляр қиманың беткі аймағында салыстырмалы түрде ұсақ түйіршікті құрылым қалыптасатынын көрсетеді (3,а -сурет,). Бұл жағдайда ішкітүйіршікті дислокацияның тығыздығы артады, ені 48-55 мкм дейін ығысу жолақтары пайда болады. Ығысу жолақтары түріндегі деформация негізінен үлкен түйіршіктердің ішінде жүреді. Төрт өткелмен (2-режим) илемделгеннен кейін үлкен бұрышты шекаралары бар микрожолақ енінің ең ықтимал мәндері осы мәннің максималды мәні ~ 45 мкм болған кезде 42-ден 48 мкм-ге дейін болады (3,б-сурет). Төмен бұрышты шекаралары бар микрожолақтардың ені 26 мкм-ден 28 мкм-ге дейін өзгеруі мүмкін, ең ықтимал мәні шамамен 25 мкм.



а)

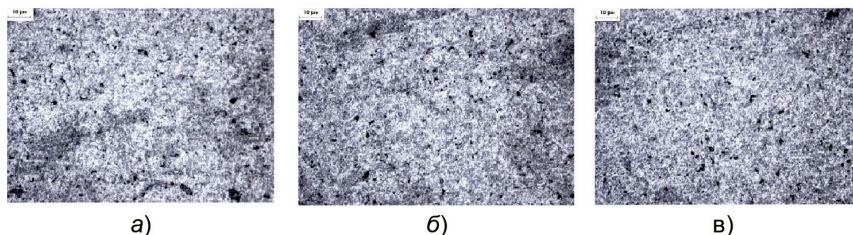
б)

в)

а - екі өтуден кейін; б - төрт өтуден кейін; в - алты өтуден кейін

3 сурет – қыздырудан (850°C) және БП-те илемдеуден кейін Р6М5 болатының микроқұрылымы

БП-те алты өту арқылы илемдеу (3-режим, 3,в -сурет) микрожолақтың енінің төмендеуіне әкеледі, бастапқы кең микрожолақ шекараларында жұқа ығысу жолақтары пайда болады. Бұл ретте, жолақтың беткі аймағында алты өткелмен илемдегеннен кейін 26-31 мкм барынша ықтимал мөндерде шекаралар арасындағы қашықтық 21-34 мкм аспайтын айқын ұсақ түйіршікті құрылым қалыптасады (3,в - сурет). Дайындамаларды 850°С температураға дейін қыздырып және оларды төрт және сегіз өту жолымен БП-те илемдеу (1 және 2-режимдер) Р6М5 болатында қосымша ұсақтауға және түйіршікті-субтүйіршіктік құрылымның қалыптасуына әкелді. Дайындаманың перифериялық аймағындағы жеке түйіршіктердің мөлшері 12-19 мкм жетеді (4,а,б - сурет).



а - төрт өтуден кейін; б - сегіз өтуден кейін; в - он екі өтуден кейін

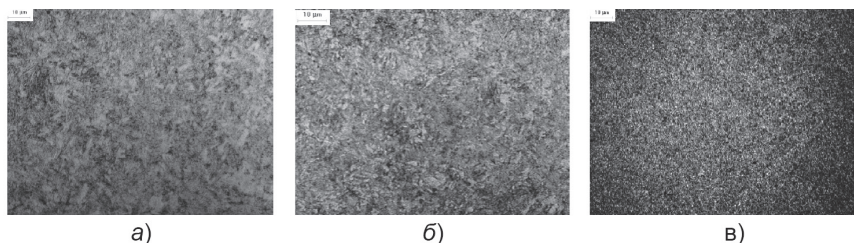
4 сурет – Р6М5 болатының қыздырудан (850 °С) және БП-те илемдеуден кейінгі микроқұрылымы

850°С (3-режим) температурада қыздырылған дайындамалардың БП-те он екі өту жолымен деформациялануы дайындаманың бойлық және көлденең қимасының шеткері аймағында біртекті және тең осьті құрылымның қалыптасуына әкелді (4,в-сурет). Сонымен қатар, түйіршік-субтүйіршік құрылымның одан әрі ұсақталуы байқалады. Тығыздау процестерінің нәтижесінде дайындама металында орташа түйіршік мөлшері шамамен 6-9 мкм болатын илемделген жолақтардың беткі аймағында полигондалған немесе қайта кристалданған құрылым қалыптасады. Түйіршіктердің шекарамен шектес аймақтарында ірі бұрышты шекаралар пайда болады. Дислокацияның тығыздығы өте жоғары және құрылымның суреттерінен оның мәнін есептеу мүмкін болмады.

БП-те илемдеудің келесі жолдарында деформация дәрежесінің жоғарылауымен құрылымның ұсақталуы тек қосарланумен ғана

емес, сонымен қатар дислокацияның сырғанау процестерінің дамуы нәтижесінде жасушалық құрылымдардың пайда болуымен де жүреді деп болжауға болады. Жинақталған деформацияның үлкен дәрежесінде бұрынғы егіздер мен субтүйіршіктердің шекаралары үлкен бұрышқа айналады. Үлкен бұрыштық шекаралардың болуы екі кезеңде дамиды: кристалл торын қайта бағыттаудың дислокациялық-дискриминациялық механизмінің жүзеге асырылуын көрсетеді [16]: дисклинация тығыздығы тензорының нөлдік емес компоненттері бар субқұрылымның қалыптасуы; оның дискретті бағдарлау шекараларына ұжымдық релаксациясы. Мұндай механизм кристалл фрагментациясының ең әмбебап механизмдерінің бірі болып табылады, оның ішінде металдар мен қорытпалардың кең класында субмикро - және нанокристалды құрылымдық күйлерді қалыптастыру кезінде де.

Осылайша, ауыспалы деформация механизмдерінің әсерінен БП-те илемдеу кезінде кристалл торының фрагментациясы мен қайта бағытталуын қамтамасыз етеді. Сонымен қатар, тығыздығы жоғары дайындаманың шеткі аймақтарында үлкен бұрыштық шекаралар қалыптасады. ТП-те илемдеудің Р6М5 болатының микроқұрылымының қалыптасуына әсерін зерттеу үшін БП-те илемделген жолақтар одан әрі 850°С температурада ТП-те илемделді (5-сурет). 850°С температурада илемдеу қорытпаның микроқұрылымына айтарлықтай әсер ететінін көруге болады. Р6М5 болаттан жасалған жолақтардың үстіңгі аймақтарының микроқұрылымы төрт және сегіз өту жолдары бар БП-те илемдеуден және ТП-те илемдеуден кейін (1 және 2-режимдер) бұрынғы деформация жолақтарының ішінде пайда болған субтүйіршіктердің болуымен сипатталады (5 а,б - сурет,). Субтүйіршіктердің орташа мөлшері 1-4 мкм құрайды. БП-те (3-режимдер) он екі өту жолымен деформацияланған дайындамаларды ТП-те илемдеу жолақтардың бетінде УҰТ өлшемді құрылымның пайда болуына әкеледі. Илемделген жолақтардың бүкіл көлемі бойынша беріктендіру процестерінің өтуі нәтижесінде ультраұсақтүйіршікті өлшем диапазонында құрылым қалыптасады және 0,6-дан 0,9 мкм-ге тең болады (5,в-сурет). Алынған УҰТ құрылым илемделетін жолақтардың перифериялық аймағының барлық көлеміндегі түйіршіктердің біркелкілігімен сипатталады. Микроқұрылымның суреттерінде ТП-те илемделгеннен кейін түйіршік шекараларының айқын бейнесі байқалды. Микроқұрылымның түрі негізінен үлкен бұрыштық шекаралары бар түйіршіктердің пайда болуын көрсетті.



а) - төрт өтуден кейін; б) - сегіз өтуден кейін; в) - он екі өтуден кейін

5 сурет – Қыздырудан (850°C) және БП-те және ТП-те илемдеуден кейін Р6М5 болатының микроқұрылымы

Осылайша, БП-те және ТП-те илемдеу процесінде Р6М5 болат құрылымының эволюциясы келесі ретпен жүреді:

- деформациялық субқұрылымның (дислокациялық және қосарланған) түзілуі;
- жолақтар ішіндегі көлденең шекаралардың қалыптасуы, бастапқы кристалдық тордың ішкі кернеулері мен бұрмалануларының жоғарылауы;
- 0,6-0,9 мкм өлшемді УҰТ құрылымын қалыптастыра отырып, полигонизация және бастапқы қайта кристаллизация ретінде беріктендіру процестерін дамыту.

Осылайша, БП-те және ТП-те илемдеу кезінде құралдың дайын-дамамен жанасу аймағында ерекше кернеулі-деформацияланған күй пайда болады. Дайындаманың беткі қабатының микрокөлемдері ығысу деформациясына, сондай-ақ бір-бірін алмастыратын қысу және созылу кернеулері мен деформацияларына ұшырайды. Жоғары қысушы кернеулер микрошарықшықтардың пайда болуына және дамуына кедергі келтіреді, бұл дайындаманың беткі қабатында пластикалық деформацияның өте үлкен мөлшерін жүзеге асыруға жағдай жасайды, оны тек механизмінің ротоциялық икемділігі жағдайында қол жеткізуге болады. Бұл механизмнің дамуы металда УҰТ дайындама құрылымының пайда болуына әкеледі. Ротациялық икемділік сырғанау және қосарлану процестері кезінде материалда қалыптасқан құрылымдық элементтердің (фрагменттердің) салыстырмалы өзгеруімен сипатталатыны белгілі [17]. Мұндай құрылымдық элементтер-бұл қиылысатын деформациялық егіздермен шектелген металдың дислокациялық жасушалары мен микротүйіндері. Фрагменттердің айналуы нәтижесінде олардың шекаралары қалыптасады, олар бастапқыда айтарлықтай ені бар күрделі дислока-

циялық топтосулар болып табылған. Фрагменттерді одан әрі айналдыру кезінде олардың дислокациялық негізінен төмен бұрышты шекаралары жартылай дискринация нәтижесінде пайда болған жұқа үлкен бұрышты шекараларға қайта құрылады, осылайша УҰТ құрылымы пайда болады.

[17] әдебиеттерден Р6М5 аспаптық болатының кесу және қалыптау құралдарын жасау үшін кеңінен қолданылатын ыстықтай илемделген жолақтар түрінде жеткізудегі кемшілігі - илем осі бойымен (орталықта неғұрлым қарқынды және шеткі жағынан аз) және карбидтердің илем қимасы бойынша біркелкі бөлінбеуі белгілі. Материалдың бастапқы құрылымын зерттеу көрсеткендей, деформация осі бойымен бойлық бағытта өрескел сызықтар мен карбидті жолақтардың болуы байқалады. Құрылымда үлкен де, орташа да, кіші де карбидтердің қосындылары бар. Карбид фазаларының деформация осі бойымен ұқсас бағыты қатаю кезінде көлемдік өзгерістердің анизотропиясына және фазалық ығысу құбылысынан туындаған жылу кернеулері деңгейінің жоғарылауына әкеледі. Тиісінше, құрылымдық біртексіздік құралдың пайдалану қасиеттеріне әсер етеді, мысалы, жылуға төзімділік және тозуға төзімділік. Сондықтан құрылымдық біртектілік аспаптық болаттардың маңызды сипаттамасы болып табылады.

Алынған жолақтардың құрылымдық жағдайын талдау көрсеткендей, шеткері екі, төрт және алты өту арқылы илемдеу кезінде үлгінің ығысу деформацияларынан туындаған иілу бағытында карбидті қосылыстардың орналасуы байқалады. Орталық аймақта карбидтердің біркелкі таралуы, сондай-ақ аз мөлшерде қатаю және жолақтану байқалады. 850°C температураға дейін қыздыру және дайындамаларды төрт, сегіз және он екі өту жолымен БП-те деформациялау және 850°C температурада Р6М5 болаттан жасалған жартылай фабрикатты одан әрі илемдеу жолақтың беткі аймағында карбидті біртексіз балының айтарлықтай төмендеуімен қатар жүреді. БП-те төрт және сегіз өту арқылы үлгілерді илемдеу олардың карбидтік біртексіздігін (7-8 балл) 3-4 балға, ал БП-те он екі өту жолымен илемдеу 6-7 балға азайтады. Карбидті біртексіздіктің төмендеуі әсері құралдың кесу элементтері орналасқан жолақтың шетіне жақынырақ байқалады, бұл оның тұрақтылығын арттыру үшін алғышарттар жасайды. Р6М5 болатының құрылымын егжей-тегжейлі талдау жолақтың шеткі аймағында төрт және сегіз өту жолдары бар БП-те илемдегеннен кейін материалдағы карбидті қосындылар негізінен түйіршік шекаралары бойынша бөліне-тінін көрсетті. Бұл жағдайда ірі карбидтердің ішінара ұсақталуы байқалады. Карбидтердің орташа мөлшері шамамен 1,2 мкм болды.

Қорытынды. Р6М5 жылдам кесетін болаттан жасалған дайындамалардың микроқұрылымының эволюциясын зерттеу нәтижелері оларды дайындаудың әртүрлі сатыларында қарқынды пластикалық деформацияны пайдалана отырып, УҰТ құрылымы бар жолақтарды алу мүмкіндігін көрсетті. Өңдеудің технологиялық схемасындағы негізгі рөл бұрандалы пішімбіліктерде илемдеуге жатады, нәтижесінде жолақтардың бетіндегі құрылымды қарқынды ұсақтауға қол жеткізіледі. Р6М5 болатының жеткілікті икемділігін сақтау бұрандалы пішімбіліктерде илемдегеннен кейін дайындаманың толқын тәрізді бетін тегіс тішімбілікте тегістеуге мүмкіндік береді, бұл дайындаманың түйіршік құрылымын қосымша ұнтақтауға және жоғары орналасу тығыздығын қалыптастыруға ықпал етеді. Нәтижесінде кесу пластинасын жасау үшін қолданылатын тез кешкіш Р6М5 болаттан жасалған парақ материалында жолақтардың бетінде 0,6 – 0,9 мкм түйіршік мөлшері бар біртекті УҰТ құрылымын қалыптастыру қамтамасыз етіледі, бұл Р6М5 болатының беріктік қасиеттерінің жоғарылауына және функционалды жабындыларды қолдану үшін жолақтардың бетінде оңтайлы құрылымның пайда болуына әкеледі.

Әдебиеттер

1 *Околович Г.А.*, Штамповые стали для холодного деформирования металлов: Монография. - Барнаул: Изд-во АлГТУ, 2010. – 358 с., [Okolovich G.A., Shtampovye stali dlya kholodnogo deformirovaniya metallov: Monografiya. - Barnaul: Izd-vo AIGTU, 2010. – 358 s]

2 *Scherbarth S.* Moderne Schneidstoffe und Werkzeuge-Wege zur gesteigerten Produktivitat // Sandvik Coromant GmbH. 7. Schmalkalder Werkzeugtagung. 2005).

3 *Верещака А.С., Верещака А.А.* Тенденции совершенствования и методология создания функциональных покрытий для режущего инструмента. Современные технологии в машиностроении: Сб. науч. статей /Под редакцией А.И.Грабченко. – Харьков: НТУ «ХПИ», 2007. – С. 192-235., [Vereshhaka A.S., Vereshhaka A.A. Tendentsii sovershenstvovaniya i metodologshiya sozdaniya funktsional'nykh pokrytij dlya rezhushhego instrumenta. Sovremennye tekhnologii v mashinostroenii: Sb. nauch. statej /Pod redaktsiej A.I.Grabchenko. – KHar'kov: NTU «KHPI», 2007. – S. 192-235]

4 *Верещака А.С., Верещака А.А.* Повышение эффективности инструмента путем управления составом, структурой и свойствами покрытий. – М.: Упрочняющая технология и покрытия. № 9, 2005. – С.9-18., [Vereshhaka A.S., Vereshhaka A.A. Povyshenie ehffektivnosti instrumenta putem upravleniya sostavom, strukturoj i svoystvami pokrytij. – M.: Uprochnyayushhaya tekhnologiya i pokrytiya. № 9, 2005. – S.9-18]

5 *Panckow, A.N.* Application of novel vacuum-arc ion-plating technologies for the design of advanced wear resistant coatings. /A.N. Panckow, J. Steffenhagen, D. Wegener, L. Dubner, F. Lierath. //Surface and Coating Technologies 138 (2001). - P. 71-76.

6 *Gleiter H.* Nanostructured materials: basic concepts and microstructure // Acta mater. 2000. V.48. P.1-29.

7 *Koch C.C.* Bulk Behavior of Nanostructured Materials. //North Carolina State University Annals. 2002. Chapter 6. P.184-232.

8 Simultaneously Increasing the Ductility and Strength of Nanostructured Alloys //YongHao Zhao, Xiao-Zhou Liao, Sheng Cheng, En Ma, and Yuntian T. Zhu. 2006 WILEYVCH Verlag GmbH & Co. KGaA, Weinheim.P. 123-132.

9 *Okumiya, M.* Mechanical properties and tribological behavior of TiN-CrAlN and CrN/CrAlN multilayer coatings. /M. Okumiya, M. Gripenrog.// Surface and Coating Technologies 112 (1999). - P.123-128.

10 *Шайхутдинова Л.Р., Хайретдинов Э.Ф., Ситдиқов В.Д. и др.* Исследование влияния ионного азотирования на структуру и механические свойства инструментальной быстрорежущей стали р6м5 после ИПД // Вестник УГАТУ, 2017. Т. 21, № 4 (78). – С. 50–56., [Shajkhutdinova L.R., KHajretdinov E.H.F., Sitdikov V.D. i dr.Issledovanie vliyaniya ionnogo azotirovaniya na strukturu i mekhanicheskie svojstva instrumental'noj bystrorezhushej stali r6m5 posle IPD // Vestnik UGATU, 2017. T. 21, № 4 (78). – S. 50–56]

11 *Хван А. Д.* Повышение стойкости стали Р6М5 пластической деформацией в неизотермическом режиме // Заготовительные производства в машиностроении. 2011.- № 11.- С. 21–23., [KHvan A. D. Povyshenie stojkosti stali R6M5 plasticheskoj deformatsiej v neizotermicheskom rezhime // Zagotovitel'nye proizvodstva v mashinostroenii. 2011.- № 11.- S. 21–23]

12 *Валиев Р.З., Александров И.В.* Наноструктурные материалы, подвергнутые интенсивной пластической деформации. М.: Логос, 2000. – 272 с., [Valiev R.Z., Aleksandrov I.V. Nanostrukturnye materialy, podvergnutyje intensivnoj plasticheskoj deformatsii. M.: Logos, 2000. – 272 s]

13 *Машеков С.А., Тусупкалиева Э.А., Нугман Е.З. и др.* Винтообразный инструмент для прокатки металлов и сплавов / Патент №33745, Дата регистрации 04.07.2019 г., [Mashekov S.A., Tusupkalieva E.H.A., Nugman E.Z. i dr. Vintobraznyj instrument dlya prokatki metallov i splavov / Patent №33745, Data registratsii 04.07.2019]

14 *Илюшкин М.В.* Моделирование процессов обработки металлов давлением в программе Ansys/Ls-дына. Учебное пособие. – Ульяновск: УлГУ, 2013 – 112 с., [Ilyushkin M.V. Modelirovanie protsessov obrabotki metallov davleniem v programme Ansys/Ls-dyna. Uchebnoe posobie. – Ul'yanovsk: UIGU, 2013 – 112 s]

15 *Утевский Л.М.* Дифракционная электронная микроскопия в металловедении. – М.: Металлургия, 1973. – 584 с., [Utevskij L.M. Difraktsionnaya ehlektronnaya mikroskopiya v metallovedenii. – M.: Metallurgiya, 1973. – 584 s]

16 *Тюменцев А.Н., Дитенберг И.А.* Структурные состояния с высокой кривизной кристаллической решетки в субмикрорекристаллических и нанокрис-

таллических металлических материалах. – Известия вузов. Физика, 2011, № 9, с. 26 – 36., [Tyumentsev A.N., Ditenberg I.A. Strukturnye sostoyaniya s vysokoj kriviznoj kristallicheskoj reshetki v submikrokristallicheskikh i nanokristallicheskikh metallicheskikh materialakh. – Izvestiya vuzov. Fizika, 2011, № 9, s. 26 – 36]

17 *Батаев В.А., Батаев А.А., Тушинский Л.И., Которов С.А., Суханов Д.А.* Ротационный характер пластического течения в стали с гетерофазной структурой // Вестник ТГУ, т.5, вып.2-3, 2000. – С. 289 – 291., [Bataev V.A., Bataev A.A., Tushinskij L.I., Kotorov S.A., Sukhanov D.A. Rotatsionnyj kharakter plasticheskogo techeniya v stali s geterofaznoj strukturoj // Vestnik TGU, t.5, vyp.2-3, 2000. – S. 289 – 291]

Машеков Серик Акимович – доктор технических наук, профессор,
e-mail: mashekov.1957@mail.ru

Абдирова Раушан Даулетбаевна – инженер, e-mail: raushan.abdirova@mail.ru
Тусупкалиева Эльмира Адиевна – доктор PhD, e-mail: elatus78@mail.ru

А.М. Биниязов¹, А.С. Денисов², В.П. Захаров¹,
Л.Х. Сарсенбаева¹, Е.М. Биниязов²

¹Западно-Казахстанский инновационно-технологический университет,
г. Уральск, Казахстан

²Саратовский государственный технический университет им. Гагарина Ю.А.,
г. Саратов, Россия

АНАЛИЗ КОЛИЧЕСТВЕННЫХ И КАЧЕСТВЕННЫХ ИЗМЕНЕНИЙ ПАРАМЕТРОВ СМАЗОЧНОЙ СИСТЕМЫ В ПРОЦЕССЕ ЭКСПЛУАТАЦИИ ДИЗЕЛЯ

Аннотация. Проведен анализ тенденций изменения параметров смазочной системы дизелей в процессе эксплуатации с количественных и качественных позиций для автомобилей КамАЗ-740 и ЯМЗ-236. Математическая обработка экспериментальных данных позволила определить параметры этой зависимости для двигателей КамАЗ-740. Приведены три этапа трения, исходя из условий взаимодействия микро выступов сопряженных поверхностей. На первом этапе до величины толщины масляного слоя не менее 20 мкм наблюдается благоприятный режим жидкостного трения с очень малой вероятностью контакта микро выступов. На втором этапе при величине ТМС от 20 до 15 мкм повышается вероятность контакта микровыступов и наблюдается полужидкостное трение. На третьем этапе при $h < 15$ мкм значительно возрастает вероятность контакта микро выступов, что может привести к проворачиванию вкладышей. Одним из важных контролируемых параметров смазочной системы является уровень масла в картере. Однако даже при неизменном уровне качественные показатели могут значительно различаться. Это необходимо учитывать при разработке систем бортового диагностирования дизелей.

Ключевые слова: дизель, смазочная система, расход масла на угар, количественные и качественные изменения.

• • •

Түйіндеме. Сандық және сапалық жағынан КамАЗ-740 және ЯМЗ-236 автомобильдеріне пайдалану процесінде дизельдердің майлау жүйесі параметрлерінің өзгеру үрдістеріне талдау жүргізілді. Саңылаудың жұмыс уақытына экспоненциалды тәуелділігін ескере отырып, май қысымының жұмыс уақытына тәуелділігі алынады. Эксперименттік деректерді математикалық өңдеу КамАЗ-740 қозғалтқыштары үшін осы тәуелділіктің параметрлерін анықтауға

мүмкіндік берді. Конъюгацияланған беттердің микро проекцияларының өзара әрекеттесу жағдайларына негізделген үйкелістің үш кезеңі келтірілген. Бірінші кезеңде кем дегенде 20 мкм болатын май қабатының қалыңдығында микро-кедергілердің жанасу ықтималдығы өте төмен сұйықтық үйкелісінің қолайлы режимі байқалады. Екінші кезеңде, TMS мәні 20-дан 15 мкм-ге дейін, микро-кедергілердің жанасу ықтималдығы артады және жартылай сұйық үйкеліс байқалады. Үшінші кезеңде $h < 15$ мкм кезінде микро шығыңқы жерлердің түйісу ықтималдығы едәуір артады, бұл лайнерлердің бұралуына әкелуі мүмкін. Майлау жүйесінің маңызды бақыланатын параметрлерінің бірі – қартердегі май деңгейі. Алайда, тұрақты деңгейде болса да, сапа көрсеткіштері айтарлықтай өзгеруі мүмкін. Бұл дизельді қозғалтқыштардың борттық диагностикалық жүйелерін жасау кезінде ескерілуі керек.

Түйінді сөздер: дизель, майлау жүйесі, май шығыны, сандық және сапалық өзгерістер.

• • •

Abstract. The analysis of trends in changes in the parameters of the diesel engine lubrication system during operation from quantitative and qualitative positions is carried out. Taking into account the exponential dependence of the gap on the operating time, the dependence of the oil pressure on the operating time was established for KamAZ-740 and YaMZ-236 engines. Mathematical processing of the experimental data allowed us to determine the parameters of this dependence for the KamAZ-740 engines. Three stages of friction are given, based on the conditions of interaction of the micro projections of the conjugate surfaces. At the first stage, up to the thickness of the oil layer of at least 20 microns, a favorable regime of liquid friction is observed with a very low probability of contact. At the second stage, when the TWL (thickness of wet layer) value is 20 to 15 microns, the contact probability with the micro-projections increases and semi-liquid friction was observed. At the third stage, at $h < 15$ microns, the contact probability with micro-protrusions increases significantly, which can cause the inserts to slip. One of the important controlled parameters of the lubrication system is the oil level in the crankcase. However, even at the same level, the quality indicators can vary significantly. The above said should be taken into account when developing systems for on-board diagnostics of diesel engines.

Keywords: diesel, lubrication system, oil consumption for carbon monoxide, quantitative and qualitative changes.

Введение. Одной из важнейших частей дизеля, определяющих его надёжность, является смазочная система. На её долю приходится до 15% отказов двигателя, а от её состояния зависит ещё 25% [1,2]. В современных автомобильных дизелях используются смазочные системы различных типов. По мере форсирования дизелей совершенствуется и смазочная система [1,2]. Увеличива-

ется объём масляного картера, устанавливается теплообменник вместо масляного радиатора, повышается давление масла, изменяются регулировочные параметры и вводятся другие усовершенствования. Параметры смазочной системы дизеля значительно изменяются в процессе эксплуатации. Это можно объяснить количественными и качественными процессами (рисунок 1).

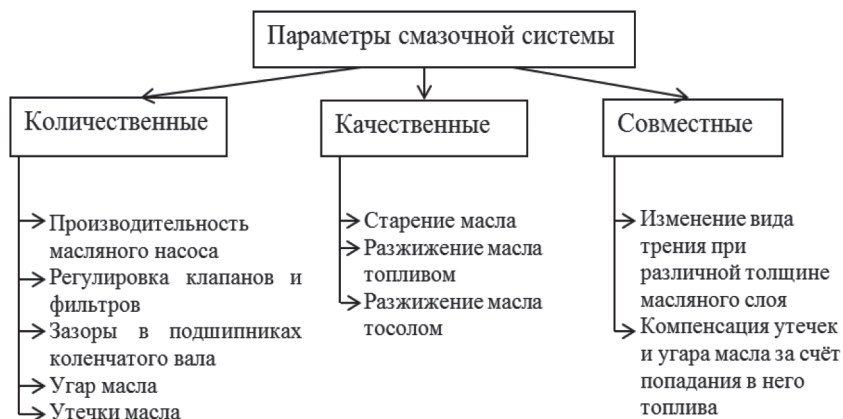


Рисунок 1 – Характеристика параметров смазочной системы

Поскольку принцип смазывания элементов двигателя различный, то и расход через них по разному изменяется в процессе эксплуатации. Так, через подшипники коленчатого вала прокачивается до 60-70% всей подачи от масляного насоса. Редукционный клапан ограничивает давление в смазочной системе и обеспечивает стабильное давление при значительной наработке дизеля.

Методы исследований. Подшипники коленчатого вала относятся к динамически нагруженным сопряжениям, в которых кроме действия основных нагрузок, из-за наличия зазоров в сопряжениях появляются дополнительные динамические нагрузки, обусловленные ускоренным относительным перемещением деталей в пределах зазора. Приняв по результатам исследований М.М. Хрущева прямо пропорциональную зависимость интенсивности изнашивания α от давления p в зоне трения, Ф.Н. Авдонькин [3,4] получил прямо пропорциональную зависимость α от износа ΔS .

Решая это линейное дифференциальное уравнение, он обосновал, что общий износ в процессе эксплуатации возрастает по экспоненциальной зависимости

$$S = S_0 e^{bl}, \quad (1)$$

а интенсивность изнашивания с учетом уравнений возрастает также по экспоненциальной зависимости

$$\alpha = \alpha_0 e^{bl}, \quad (2)$$

где α_0, S_0 - соответственно интенсивность изнашивания и износ в конце приработки, приведенные к началу эксплуатации ($l = 0$); b - изменение интенсивности изнашивания на единицу износа деталей.

С учетом экспоненциальной зависимости зазора от наработки (1) в работе [1] получена зависимость давления масла от наработки

$$P = \frac{a}{S_0^m e^{mb_l}} = P_0 e^{-bpl} \quad (3)$$

где $P_0 = a/S_0^m$ - давление в конце приработка, приведенное к началу эксплуатации; $b_p = m \times b$ - экспериментальный параметр; a - конструктивный и режимный параметр [4].

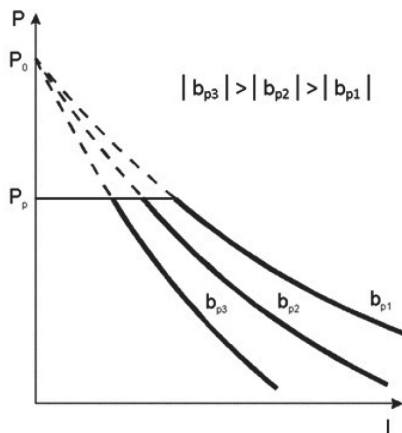
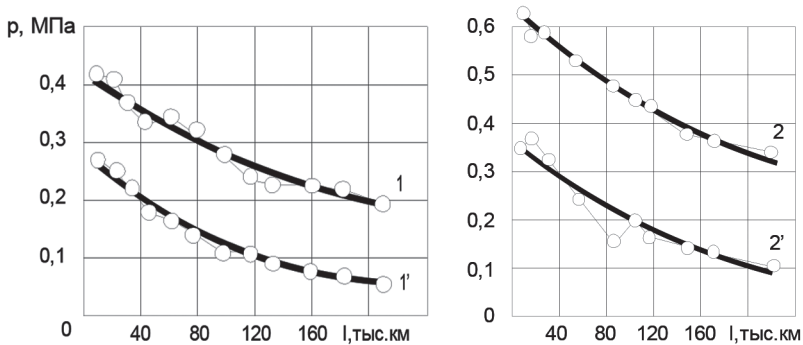


Рисунок 2 – К понятию смыслов параметров p_0 и b_p : p_p - давление ограниченное редукционным клапаном ($|b_{p3}| > |b_{p2}| > |b_{p1}|$)

При низком скоростном режиме двигателя давление в системе смазки снижается сразу же с начала эксплуатации, а при номинальном скоростном режиме, когда давление ограничивается редукционным клапаном, давление некоторое время после начала эксплуатации остается постоянным (согласно регулировке редукционного клапана), а затем снижается по мере увеличения зазоров в подшипниках коленчатого вала. Геометрический смысл параметров p_0 и b_p показан на рисунке 2 [5,6].

Результаты исследования. Результаты математической обработки экспериментальных данных по зависимости (3) приведены на рисунке 3



1 - КамАЗ-740; 2 - ЯМЗ-236, (без штриха - номинальный режим, со штрихом холостого хода) [1].

Рисунок 3 – Зависимость давления в системе смазки от наработки двигателей

Закономерное снижение давления в системе смазки двигателей изменяет условия трения подшипников коленчатого вала. Проведенные расчетно-аналитические и экспериментальные исследования [7,8] показали, что толщина масляного слоя (ТМС) в зависимости от наработки снижается по экспоненциальной зависимости

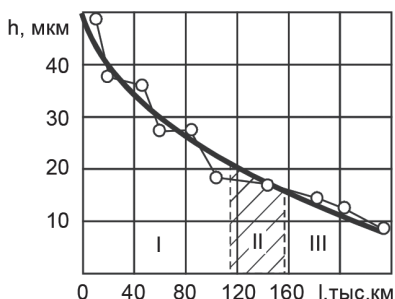
$$h = h_0 e^{-bl} \quad (4)$$

где h_0 - ТМС в конце приработки, приведенная к началу эксплуатации, определяемая конструктивно-технологическими параметрами подшипника, режимом работы двигателя, свойствами масла; b - параметр, учитывающий влияние износа на интенсивность изменения технического состояния подшипника.

Математическая обработка экспериментальных данных позволила определить параметры этой зависимости для двигателей КамАЗ-740 [9-11]

$$h = 50e^{-0,008l} \quad (r = 0,95). \quad (5)$$

Зависимость (5) приведена на рисунке 4. Здесь приведены три этапа трения, исходя из условий взаимодействия микро выступов сопряженных поверхностей. На первом этапе до величины ТМС не менее 20 мкм наблюдается благоприятный режим жидкостного трения с очень малой вероятностью контакта микро выступов.



I - область жидкостного трения; II - перехода в полужидкостное трение;
III - полужидкостного трения

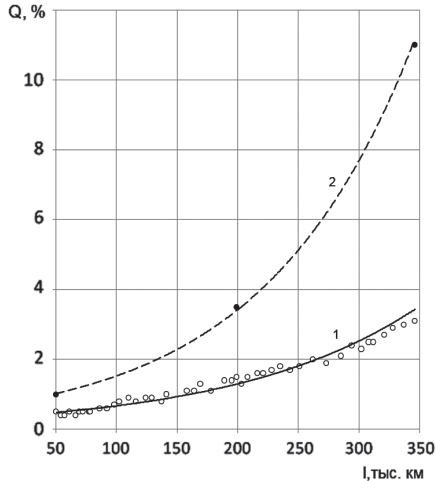
Рисунок 4 – Зависимость ТМС от наработки двигателей КамАЗ-740

На втором этапе при величине ТМС от 20 до 15 мкм повышается вероятность контакта микро выступов и наблюдается полужидкостное трение. На третьем этапе при $h < 15$ мкм значительно возрастает вероятность контакта микро выступов, что может привести к проворачиванию вкладышей.

Обсуждение результатов. Расход масла на угар в процессе эксплуатации ограничивается 2-2,5% от расхода топлива [2,6]. Его величина возрастает после приработки (рисунок 5) по экспоненциальной зависимости (6)

$$Q = Q_0 e^{bl}, \quad (6)$$

где Q_0 – расход масла на угар в конце приработки, приведенный к началу эксплуатации ($l = 0$); b - изменение интенсивности изнашивания на единицу износа деталей.



1- КамАЗ-Евро; 2 – КамАЗ-740

Рисунок 5 – Зависимость расхода масла на угар в % от расхода топлива двигателей КамАЗ в период после приработки

Утечки масла через неплотности не имеют чёткой тенденции в процессе эксплуатации, а по величине соизмеримы с расходом на угар.

Выводы. Качественные изменения связаны с химическим составом и физическими свойствами масла. В ходе сложного процесса старения компоненты масла окисляются, полимеризуются и нейтрализуются. Это ограничивает срок службы масла. Значительные качественные изменения масла происходят при попадании в него топлива при неисправностях системы питания. Аналогичное происходит при попадании в него охлаждающей жидкости при неисправностях системы охлаждения. Снижение вязкости масла повышает вероятность нарушения гидродинамического трения в сопряжениях. Одним из важных контролируемых параметров смазочной системы является уровень масла в картере. Однако даже при неизменном уровне качественные показатели могут значительно различаться. Это необходимо учитывать при разработке систем бортового диагностирования дизелей.

Список литературы

1 Биниязов А.М., Денисов А.С., Носов А.О., Кожинская А.В. Повышение эффективности использования масел для форсированных автотракторных ди-

зелей. - Уральск: ЗКФ АО «НЦНТИ», 2014. – 98 с., [Biniyazov A.M., Denisov A.S., Nosov A.O., Kozhinskaya A.V. Povyshenie ehffektivnosti ispol'zovaniya masel dlya forsirovannykh avtotraktornykh dizelej. - Ural'sk: ZKF АО «НТСНТИ», 2014. – 98 с]

2 *Денисов А.С., Биниязов А.М.* Совершенствование профилактики смазочной системы форсированных автотракторных дизелей КАМАЗ-ЕВРО // Научный журнал «Новости науки Казахстана». – Алматы, 2017. - № 1. - С. 267-272., [Denisov A.S., Biniyazov A.M. Sovershenstvovanie profilaktiki smazochnoj sistemy forsirovannykh avtotraktornykh dizelej KAMAZ-EVRO // Nauchnyj zhurnal «Novosti nauki Kazakhstana». – Almaty, 2017. - № 1. - S. 267-272]

3 *Захаров В.П., Денисов А.С., Сарсенбаева Л.Х., Биниязов А.М.* Бралиев А.Б. Повышение эффективности эксплуатации форсированных автомобильных дизельных двигателей совершенствованием управления объемом масла в смазочной системе // Научный журнал «Новости науки Казахстана». – Алматы, 2018. - №2. – С. 106-120, [Zakharov V.P., Denisov A.S., Sarsenbaeva L.KH., Biniyazov A.M. Braliev A.B. Povyshenie ehffektivnosti ehkspluatatsii forsirovannykh avtomobil'nykh dizel'nykh dvigatelej sovershenstvovaniem upravleniya ob'omom masla v smazochnoj sisteme // Nauchnyj zhurnal «Novosti nauki Kazakhstana». – Almaty, 2018. - №2. – S. 106-120]

4 *Носов А.О., Кожинская А.В., Биниязов А.М., Платонов В.В.* Анализ параметров смазочной системы двигателя КАМАЗ – 740 // Наука – 21 век. 2015. № 1. С. 3-9., [Nosov A.O., Kozhinskaya A.V., Biniyazov A.M., Platonov V.V. Analiz parametrov smazochnoj sistemy dvigatelya KAMAZ – 740 // Nauka – 21 vek. 2015. № 1. S. 3-9]

5 *Biniyazov A.M.*, Operation maintaining of automobile forced diesel engines with ensuring of functional condition of the lubrication system in exploitation / A.M. Biniyazov, A.N. Bayakhov, A.YU. Bektilevov, R.S. Sadykov, V.P. Zakharov, L.KH. Sarsenbaeva // International Journal of Mechanical and Production Engineering Research and Development (IJMPERD) ISSN(P): 2249-6890; ISSN(E): 2249-8001 Vol. 9, Issue 3, Jun 2019, 1761-1768 © TJPRC Pvt. Ltd.

6 *Barys I., Cillik L.* Zvysovaniye spolahlivosti a zivomosti dinamicky zatazenykh klznykh lozisk // 8 Vedecka konferencia VSDS, Seccia 3 Dopravna technika. - Zilina, 1988. - S. 21-24.

7 *Barwell F.T.* Trilology in production. Product Eng. (Or. Brit). - 1972. № 7. - P. 263-271.

8 *Cocks M., Tallian T.E.* Sliding Contacts in Rolling Bearing. - ASLE Trans., vol. 14, - № 1, - 1971. - P. 32.

Биниязов Абзал Махсатович - доктор PhD, доцент, e-mail: abiniyazov@mail.ru

Денисов Александр Сергеевич - доктор технических наук, профессор, e-mail: denisov0307@yandex.ru

Захаров Виктор Павлович - кандидат технических наук, доцент, e-mail: zakharov_57@mail.ru.

Сарсенбаева Лунара Хаберовна - магистр технических наук, e-mail: alina290510@mail.ru

Биниязов Eldar Махсатович - старший преподаватель, e-mail: eldarbiniyazov@mail.ru

Р.Е. Лукпанов¹, Д.С. Дюсембинов¹

¹Евразийский национальный университет им. Л.Н. Гумилева,
г. Нур-Султан, Казахстан

ПРОПИТОЧНЫЙ СОСТАВ ДЛЯ ПОКРЫТИЯ ЦЕМЕНТНО-БЕТОННЫХ ДОРОГ ПРЕДНАЗНАЧЕННЫЙ ДЛЯ УЛУЧШЕНИЯ ЛЕДОФОБНЫХ СВОЙСТВ В ЗИМНИЙ ПЕРИОД ЭКСПЛУАТАЦИИ

Аннотация. В статье приведены результаты лабораторного исследования пропиточного состава, предназначенного для улучшения стойкости дорожного покрытия к обледенению. В основе пропиточного состава лежат кератиносодержащие компоненты и водорастворимый полимер (акриловый латекс). Базовым оценочным критерием качества пропиточного состава являлось исследование изменений водопоглощающих способностей бетона, обработанного разными водными концентратами состава: 2,5, 5, 10, 15 и 20%. Согласно результатам, оптимальный концентрат состава в воде составляет 2,5%. Дополнительно, было исследовано изменение адгезионной и проникающей способности воды в предкристаллизационном состоянии (на границе фазового перехода в лед) в структуру бетона в условиях -2 и -5⁰С. Согласно результатам испытаний, различие адгезионной способности при отрицательных тестовых температурах не существенно, тогда как большое различие наблюдается при сравнении полученных результатов поглощения с результатами водопоглощения при положительной температуре.

Ключевые слова: ледофобное покрытие, пропиточный состав, водопоглощение, дорожное строительство, проникающая способность.

• • •

Түйіндеме. Мақалада төсемнің мұздануға төзімділігін жақсартуға арналған сіңдіру құрамын зертханалық зерттеу нәтижелері келтірілген. Сіңдіру құрамы кератинді компоненттерге және суда еритін полимерге (акрил латексіне) негізделген. Сіңдіру құрамы сапасының негізгі бағалау критерийіне 2,5, 5, 10, 15 және 20% құрамындағы әртүрлі су концентраттарымен өңделген бетонның су сіңіру қабілетінің өзгеруін зерттеу жатады. Нәтижелерге сәйкес, судағы оңтайлы концентрат 2,5%-ды құрайды. Сонымен қатар, кристаллизацияға дейінгі жағдайдағы судың адгезиясы мен ену қабілетінің өзгеруі (мұзға фазалық ауысу шекарасында) -2 және -5⁰С жағдайында бетон құрылымында зерттелді. Сынақ нәтижелеріне сәйкес, теріс сынақ температурасындағы адгезия қабілетінің айырмашылығы маңызды емес, ал алынған сіңіру нә-

тижелерін су сіңіру нәтижелерімен салыстыру кезінде үлкен айырмашылық байқалады.

Түйінді сөздер: мұзды-фобты жабын, сіңдіру құрамы, су сіңіру, жол құрылысы, ену қабілеті.

• • •

Abstract. The paper presents the results of a laboratory study of an impregnating composition designed to improve the resistance of road surfaces to icing. The impregnating composition is based on keratin-containing components and a water-soluble polymer (acrylic latex). The basic evaluation criterion for the quality of the impregnating composition was the study of changes in the water absorption capacity of concrete treated with different water concentrates containing 2.5, 5, 10, 15 and 20%. According to the results, the optimal concentrate of the composition in water is 2.5%. Additionally, the change in the adhesion and penetration ability of water in the pre-crystallization state (at the boundary of the phase transition into ice) into the concrete structure under -2 and -5°C conditions was investigated. According to the test results, the difference in adhesion capacity at negative test temperatures is not significant, while a large difference is observed when comparing the absorption results established with water absorption results at temperatures above the freezing point.

Keywords: ice coating, impregnation composition, water absorption, road construction, penetration.

Введение. Одним из важнейших аспектов экономического и социального развития государства является развития его инфраструктуры, в частности развитие дорожного строительства. Современное дорожное строительство должно обеспечивать безопасность и комфорт передвижения, а также надежность и долговечность дорог. Для обеспечения вышеуказанных требований применяют разного рода технологии и методы производства, которые зависят от вида дорожного покрытия. К наиболее распространенным дорожным покрытиям можно отнести асфальтное и бетонное, как в первом случае, так и во втором имеются свои преимущества и недостатки. Преимущества асфальтовых дорог: отсутствие деформации от влияния природных воздействий, удобство при производстве ремонтных работ, что отражается в целом на себестоимости дороги с учетом её эксплуатации. Преимущества бетонных дорог значительно выше асфальтированных, это прежде всего долговечность и прочность и как следствие меньшей необходимости в проведении ремонтно-восстановительных

работ [1]. Тем не менее, для улучшения социально-экономического развития страны необходимо не только строительство дорог, но и качественный уход за ними [2]. Уход за дорогами определяется в зависимости от климатических условий региона [3]. Так для регионов с резко континентальным климатом большой проблемой является сезонное обледенение поверхности дорог [4].

Традиционные решения данных проблем сводятся к применению химических реагентов или солей, а также использованию абразивного материала (в частности, песка) [5]. Использование химических реагентов приводит к разрушению дорожного покрытия, а также вызывает коррозию корпуса и деталей автомобильного транспорта [6]. Обработка дорожного покрытия реагентом требует периодического ухода при каждом образовании обледенения. С учетом частой цикличности климатических условий, данный метод имеет низкую эффективность и экономически не целесообразен. Метод с использованием песка не решает проблему в целом, носит кратковременный эффект, образует дополнительные источники грязи и требует постоянного ухода [7]. В мировой практике широкое применение находят пропиточные составы с использованием полимерных ледофобных нанопокровов, а иных также пропиточных составов [8]. Важным становится вопрос технологической и экономической эффективности пропиточного состава [9]. Предложенный в статье пропиточный состав изготавливается на основе кератиносодержащих компонентов, получаемых из отходов животноводства [10]. Состав обеспечивает обволакивание поровой структуры бетона, создавая прослойку разности натяжения, тем самым, не позволяя льду и бетону стать единым монолитом, в связи, с чем лёд разбивается даже при малом механическом воздействии. В состав входят водорастворимые полимеры, что позволяет достичь большого эффекта гидрофобности структуры бетонных дорог, защищая их от обледенения [11]. Вышеизложенная проблема обледенения бетонных дорог определила цель исследовательской работы: разработать ледофобный пропиточный состав для уменьшения ледообразования на покрытии дорожного полотна с обоснованием эффективности его применения.

Методика исследования. На рисунке 1 представлен технологическая схема по производству пропиточного состава, который включает в себя процедуру гидролиза в щелочной среде (для растворения кератиносодержащего сырья), с последующей нейтрализацией щелочной среды. Технология производства основана на промышленном производстве кератина [12]



Рисунок 1 – Технология производства пропиточного состава

В реактор загружается 1/3 воды и дозированное количество кератинового сырья. Далее загружается каустическая сода или её водный раствор требуемой концентрации. Соотношение (кератиновое) сырье: жидкая фаза – 1 : 3, затем сюда же в реактор загружается требуемое количество мочевины (карбамида) и вводится оставшаяся часть воды, т.е. её 2/3 часть. После этого реактор герметично закрывается, и загруженное сырье подвергается тепловому воздействию. Температура в процессе гидролиза не должна превышать 135°C. Продолжительность гидролиза зависит от вида кератинового, может составлять 4-8 ч. После завершения процесса гидролиза гидролизат должен остыть до температуры окружающего воздуха. Из остывшего раствора гидролизата отбирают 1 л пробы, измеряют начальное pH, приступают к его нейтрализации серноокислым железом - $(Fe_2(SO_4)_3)$. После нейтрализации полученного гидролизата, он подвергается фильтрованию пропусканием продукта через фильтр-пресс. Затем кератиносодержащий состав в смесителе перемешивают с акриловым латексом, в процентном соотношении 60:40, соответственно. Лабораторные исследования включали:

- Оценку оптимальной концентрации пропиточного состава в воде, испытанием на водопоглощение
- Оценку адгезионной и проникающей способности воды на границе фазового перехода в лёд в климатической камере.

На рисунке 2 представлены образцы, используемые для испытаний. Главным критерием, для испытаний образцов на водопрони-

цаемость, а также адгезионной и проникающей способности воды на границе фазового перехода, было получение максимальной площади контакта бетона с водой, поэтому образцы были выполнены большого размера: 55x30x2 см (длина, ширина, высота).



Образцы для адгезионной и проникающей способности

Образцы на водопоглощение

Рисунок 2 – Подготовка образцов для исследований

Эффективность пропиточного состава будет зависеть от степени его проникновения в бетонную поверхность дороги. Поскольку бетон является гидрофильным материалом, впитывающим воду, то больший эффект будет достигнут при использовании концентрата пропиточного состава в воде, а не использование пропиточного состава в чистом виде. То есть, вода, которая стремится проникнуть в структуру бетона, будет увлекать за собой взвешенную смесь полимерного компонента пропиточного состава. Полимерный компонент, обладающий меньшей проникающей способностью чем вода, будет закупоривать макро и микропоры на поверхности бетонной дороги, тем самым образуя защитный слой. Поэтому, оценка оптимального раствора ледофобного покрытия выполнена методом оценки водопоглощения бетонных образцов, покрытых пропиточным составом разной концентрации: 2,5, 5, 10, 15 и 20%. Основным оценочным критерием являлось соотношение эффективности ледофобизации к оптимальной водной концентрации состава.

Испытания на водопоглощение образцов выполнены в последовательности: сначала были испытаны все шесть бетонных образцов без покрытия; далее, после сушки, образцы были покрыты пропиточным составом разной концентрации; затем повторно испытаны на водопоглощение (рисунок 3А). Пропитка ледофобным составом выполнена методом пульверизации, то есть методом максимально приближенным к реальному технологическому процессу нанесения состава на поверхность дороги. После определения оптимального состава, дальнейшие испытания по оценке качественных и количественных параметров покрытия были выполнены только для выявленного концентрата.

Для оценки адгезионной и проникающей способности воды в предкристаллизационном состоянии в структуру бетона (в условиях, близких к естественным) в климатической камере были проведены исследования образцов с покрытием и без (рисунок 3Б). В климатической камере возможно создать условия близкие к естественным, моделируя выпадение осадков при низких температурах. Таким образом, по набору массы образцов (разница масс до эксперимента и после) возможно дать количественную оценку потенциальной восприимчивости образцов к обледенению. При этом даётся оценка адгезионной способности воды на границе её фазового перехода в лёд, а не адгезионной способности воды, которая в последующем будет подвержена кристаллизации. Для максимального снижения первоначальной массы образцов, относительно изменения которой будет дана количественная оценка, образцы выполнены толщиной 2 см, но с относительно большой площадью поверхности, равной 1650 см² (55х30 см). При этом, во время испытаний, образцы находились в подвешенном состоянии, чтобы обе поверхности были подвержены климатическому воздействию. Таким образом компенсируется аккумулятивная способность осаждения осадков на верхней поверхности, гравитационное влияние на осаждение осадков на нижней поверхности. Более того, до набора постоянной массы, образцы каждый час наблюдения встряхивались и переворачивались.

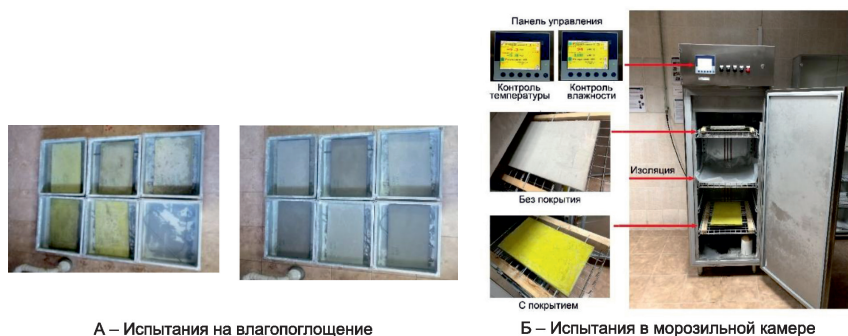


Рисунок 3 – Испытание в климатической камере

Непосредственно перед испытаниями образцы были зачищены по всей внешней поверхности жесткой металлической щеткой,

во избежание допущения погрешности при взвешивании образцов после заморозки (например, слабых угловых участков, которые могут быть подвергнуты ослаблению в процессе расплубливания, и могут разрушиться после заморозки образца). Поскольку, в процессе испытаний, образцы были расположены друг над другом, то они были изолированы друг от друга, во избежание нарушения идентичности условий влагообразования и замораживания. Испытания были проведены при температуре, соответствующей нижней границе фазового перехода воды в лед – 0°C, а также при температурах постфазового состояния -2 и -5°C. Для получения статистических данных при испытании 4-х образцов (2 с покрытием, 2 без), испытания проведены по два раза для каждого климатического условия.

Результаты испытаний. Испытания на водопоглощение.

На рисунке 4 представлены результаты испытаний образцов прямым срезом. На рисунке 4А представлены результаты водопоглощений образцов без покрытия, на рисунках 4Б – образцов, покрытых пропиточным составом разной концентрации от 2,5 до 20%. На рисунке 4В представлено сравнение коэффициентов водопоглощений образцов без покрытий и образцов с покрытием разной концентрации.

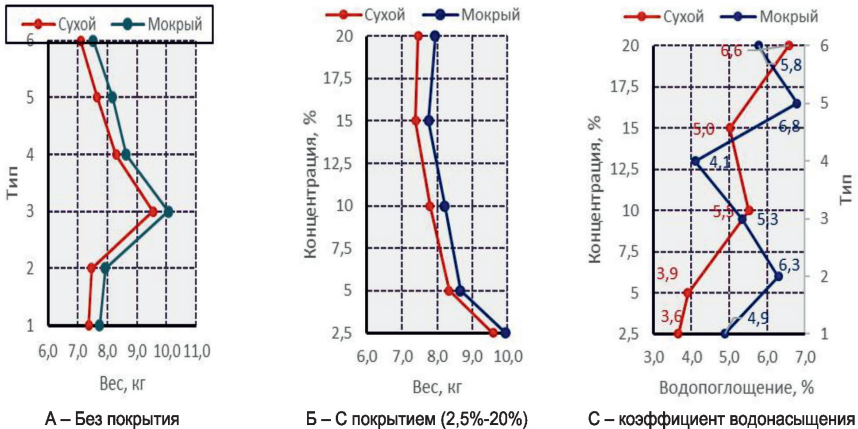


Рисунок 4 – Результаты испытаний образцов на водопоглощение

Не смотря на относительно неустойчивые результаты образцов 4 и 5 (без покрытий), в целом полученные результаты имеют

относительно тесную связь между собой, среднюю степень сходимости и закономерную зависимость: среднее значение водопоглощения составило 5,53%; при квадратичном отклонении 1,0 и коэффициенте вариации 17,6%. При доверительной вероятности 95%, коэффициент надежности результатов испытаний составляет 0,87 (87%). Полученные точечные результаты образцов, покрытых разным составом, показали очевидную и устойчивую закономерность зависимости влияния концентрации на водопоглощающую способность бетона. Максимальное снижение водопоглощающей способности бетона наблюдалось при пропитке образца раствором – 2,5%, составило 34% по сравнению со средним значением всех 6 образцов без покрытия (в частности от 11 до 46%). Согласно результатам испытаний на водопоглощение, получена следующая закономерность: чем меньше концентрация пропиточного состава в воде, тем меньше водопоглощение бетона. То есть наибольший гидрофобный эффект достигается при меньшей концентрации состава в воде. Имея одинаковую плотность с водой, взвешенный пропиточный состав закупоривает макро- и микропоры на поверхности бетона. При этом эффективность пропитки зависит не от количества концентрата, а от количества воды, увлекающей за собой смесь полимерного компонента пропиточного состава. Дальнейшие исследования будут проведены для концентрата 2,5%, но при трехкратной пропитке образцов, согласно исследованию эффективности покрытия от количества нанесения состава.

Оценка адгезийной и проникающей способности воды на границе фазового перехода в лёд. На рисунках 5-7 представлены результаты испытаний адгезийной и проникающей способности воды на границе фазового перехода в лёд в климатической камере, для образцов с лёдофобным покрытием и без. На рисунке 5 показаны средние значения плотности образцов в сухом состоянии, значения средней плотности после выдержки в климатической камере (при температуре 0°C), а также средние значения поглощения образцов. На рисунке 6, те же показатели, при испытаниях при -2°C, а на рисунке 7 при температуре -5°C. На всех графиках по оси ординат показан порядковый номер образцов, по оси абсцисс – соответствующие им частные значения.

Все полученные частные значения имеют от средней до тесной связи между собой и относительно высокую степень сходимости, о

чем свидетельствуют статистические значения квадратичного отклонения и коэффициенты вариаций:

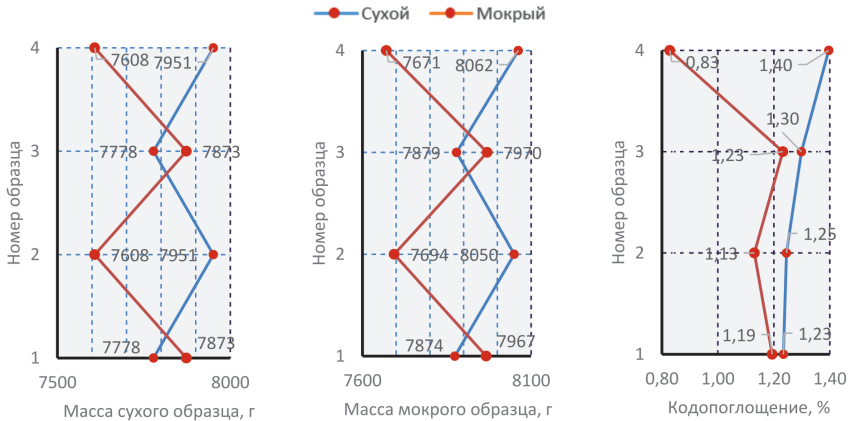


Рисунок 5 – Испытания на поглощение при t 0°C

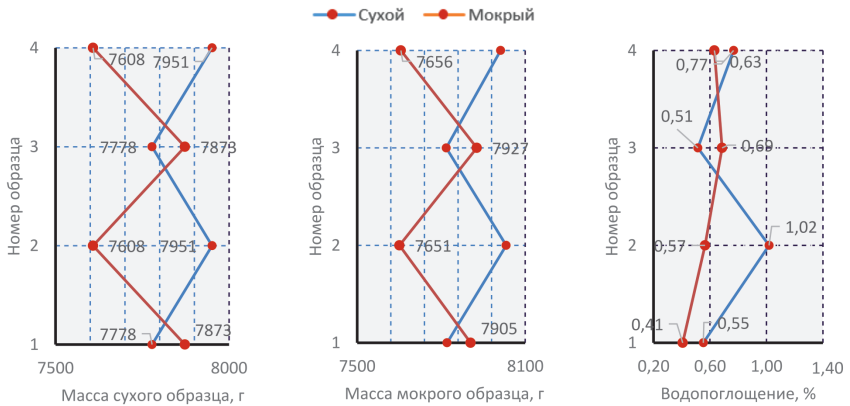


Рисунок 6 – Испытания на поглощение при t -2°C

• Образцы с покрытием (t=0): частные значения поглощений образцов с ледофобным покрытием варьируются в пределах от 1,23 до 1,40%, среднее значение составляет 1,29%, квадратичное отклонение частных значений составляет 0,074, а коэффициент вариации не превышает 5,71%, что свидетельствует о незначи-

тельных отклонениях частных значений от среднего значения поглощения;

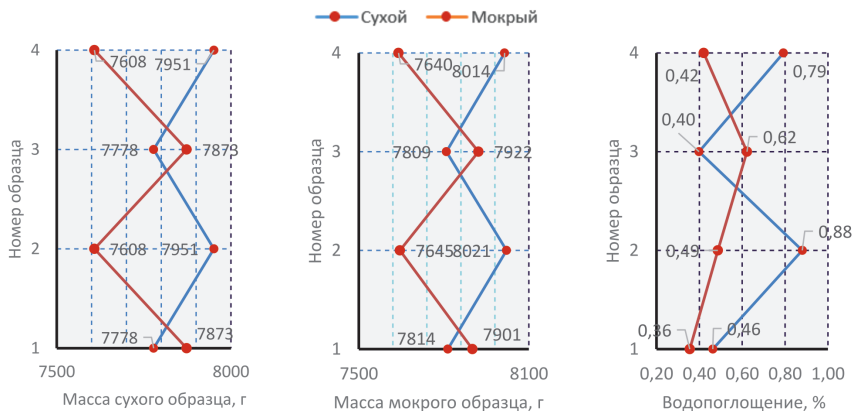


Рисунок 7 – Испытания на поглощение при t = -5°C

- Образцы с покрытием (t=-2): частные значения поглощений образцов с ледофобным покрытием варьируются в пределах от 0,51 до 1,02%, среднее значение составляет 0,71%, квадратичное отклонение частных значений составляет 0,23, а коэффициент вариации не превышает 32,5%, что свидетельствует о средней степени отклонений частных значений от среднего значения поглощения;

- Образцы с покрытием (t=-5): частные значения поглощений образцов с ледофобным покрытием варьируются в пределах от 0,40 до 0,88%, среднее значение составляет 0,63%, квадратичное отклонение частных значений составляет 0,24, а коэффициент вариации не превышает 37,6%, что свидетельствует о средней степени отклонений частных значений от среднего значения поглощения;

- Образцы без покрытия (t=0): частные значения поглощений образцов с ледофобным покрытием варьируются в пределах от 0,83 до 1,23%, среднее значение составляет 1,10%, квадратичное отклонение частных значений составляет 0,12, а коэффициент вариации не превышает 16,7%, что свидетельствует о незначительных отклонениях частных значений от среднего значения поглощения;

- Образцы без покрытия (t=-2): частные значения поглощений образцов с ледофобным покрытием варьируются в пределах от 0,41 до 0,69%, среднее значение составляет 0,57%, квадратичное откло-

нение частных значений составляет 0,12, а коэффициент вариации не превышает 21,1%, что свидетельствует о средней степени отклонений частных значений от среднего значения поглощения;

- Образцы без покрытия ($t=-5$): частные значения поглощений образцов с ледофобным покрытием варьируются в пределах от 0,36 до 0,62%, среднее значение составляет 0,47%, квадратичное отклонение частных значений составляет 0,11, а коэффициент вариации не превышает 24,2%, что свидетельствует о средней степени отклонений частных значений от среднего значения поглощения.

Согласно результатам испытаний, различие адгезионной способности при отрицательных тестовых температурах (-2 и -5°C) не существенно, в процентном соотношении к нулевой температуре, составляет: для образцов без покрытия – $\frac{W_{(-2)}}{W_{(0)}} = 55\%$, $\frac{W_{(-5)}}{W_{(0)}} = 49\%$; для образцов с покрытием – $\frac{W_{(-2)}}{W_{(0)}} = 52\%$, $\frac{W_{(-5)}}{W_{(0)}} = 43\%$.

Относительно большое различие наблюдается при сравнении полученных результатов поглощения с результатами водопоглощения: для образцов без покрытия – $\frac{W_{(+23)}}{W_{(0)}} = 428\%$, $\frac{W_{(+23)}}{W_{(-2)}} = 718\%$, $\frac{W_{(+23)}}{W_{(-5)}} = 878\%$; для образцов с покрытием – $\frac{W_{(+23)}}{W_{(0)}} = 331\%$, $\frac{W_{(+23)}}{W_{(-2)}} = 640\%$, $\frac{W_{(+23)}}{W_{(-5)}} = 776\%$. Сравнивая средние значения проницаемости образцов с покрытием и без, получим: $\frac{W_{(0)}^{covered}}{W_{(0)}^{uncovered}} = 15\%$, $\frac{W_{(-2)}^{covered}}{W_{(-2)}^{uncovered}} = 20\%$, $\frac{W_{(-5)}^{covered}}{W_{(-5)}^{uncovered}} = 26\%$.

Полученные результаты свидетельствуют о потенциальной восприимчивости образцов к обледенению даже при отрицательных температурах. В количественном эквиваленте наблюдается различие между покрытым образцом и образцом без покрытия, однако пропорциональность результатов сохраняется, что может быть отнесено к специфическому адгезионному свойству воды в обледенелом состоянии.

Заключение:

- Предложен пропиточный состав для покрытия бетонных и цементно-бетонных дорог, изготавливаемый на основе кератинодержущих компонентов с добавлением водорастворимого полимера (акриловый латекс), обладающий ледофобными свойствами;

- Выявлен оптимальный водный концентрат пропиточного состава, который равен 2,5%, при покрытии образцов, которым наблюдалось максимальное снижение водопоглощающей способности бетона. В численном эквиваленте снижение водопоглощения составило

34% по сравнению со средним значением всех 6 образцов без покрытия (в сравнении с частными значениями от 11 до 46%);

- Результаты испытаний адгезионной и проникающей способности воды на границе фазового перехода в лед также показали стойкость пропиточного состава к обледенению, различие в проникающей способности между образцами с покрытием и без составили от 15 до 26%, в зависимости от температуры (от 0 до -5 °С);

- В целом результаты испытаний показали эффективность применения предлагаемого ледофобного пропиточного состава в зимних условиях эксплуатации дорог, который способствует безопасному движению автотранспорта при обледенении дорожного полотна.

Список литературы

1 *Fischel, M., Branch, R.* Evaluation of selected deicers based on a review of the literature colorado department of transportation, 2001.

2 *Bertolini, L.; Elsener, B.; Pedefferri, P.; Polder, R.* Corrosive Agents and Their Interaction with Materials. Wiley: Weinheim, Germany, 2014. Volume 392.

3 *Shen, Y., Wu, X., Tao, J., Zhu, C., Lai, Y., Chen, Z.* Icephobic materials: Fundamentals, performance evaluation, and applications. 103. Elsevier Ltd, 01-06-2019.

4 *Zhang, Z., Yao, X., Wang, H.* Potential application of geopolymers as protection coatings for marine concrete III. Field experiment. Applied Clay Science. 2012. 67–68. Pp. 57–60. DOI:10.1016/j.clay.2012.05.008.

5 *Zhang, Y., Anim-Danso, E., Bekele, S., Dhinojwala, A.* Effect of Surface Energy on Freezing Temperature of Water. ACS Applied Materials and Interfaces. 2016. 8(27). Pp. 17583–17590. DOI:10.1021/acsami.6b02094.

6 *Hossain, S.M.K., Fu, L., Lu, C.Y.* Deicing performance of road salt: Modeling and applications. 2440. National Research Council, 2014.

7 *Boinovich, L.B., Emelyanenko, A.M., Emelyanenko, K.A., Modin, E.B.* Modus Operandi of Protective and Anti-icing Mechanisms Underlying the Design of Longstanding Outdoor Icephobic Coatings. ACS Nano. 2019. DOI:10.1021/acs.nano.8b09549.

8 *Janjua, Z.A.* Icephobic nanocoatings for infrastructure protection. Nanotechnology in Eco-efficient Construction: Materials, Processes and Applications. Elsevier, 2018. Pp. 281–302.

9 *Kahl, S.C.* Agricultural By-Products for Anti-icing and Deicing Use in Michigan. 2002.

10 *He, Y., Jiang, C., Cao, X., Chen, J., Tian, W., Yuan, W.* Reducing ice adhesion by hierarchical micro-nano-pillars. Applied Surface Science. 2014. 305. Pp. 589–595. DOI:10.1016/j.apsusc.2014.03.139.

11 Feng, Z., Wang, F., Xie, T., Ou, J., Xue, M., Li, W. Integral hydrophobic concrete without using silane. Construction and Building Materials. 2019. 227. DOI:10.1016/j.conbuildmat.2019.116678.

12 Шинтемиров К., Айдарова С., Орынбеков С., Байболов С., Шинтемиров Т., Базарбаев А., Кератиновый пенообразователь для получения пенобнтонa. Патент №9111., [Shintemirov K., Ajdarova S., Orynbekov S., Bajbolov S., Shintemirov T., Bazarbaev A., Keratinovyy penoobrazovatel' dlya polucheniya penobntona. Patent №9111]

Лукпанов Р.Е. - PhD, ассоциированный профессор, e-mail: rauan_82@mail.ru
Дюсембинов Д.С. - кандидат технических наук, доцент,
e-mail: dusembinov@mail.ru

ПИЩЕВАЯ ПРОМЫШЛЕННОСТЬ

МРНТИ 65.53.33

*М.Е. Кизатова¹, А.О. Байкенов¹, К.А. Байгөжинов¹,
Ж.А. Есимова¹, К.А. Елеукенова¹*

¹Казахский научно-исследовательский институт перерабатывающей и пищевой промышленности, Астанинский филиал, г. Нур-Султан, Казахстан

МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ МОДЕРНИЗАЦИИ ОБОРУДОВАНИЯ ПО ОЧИСТКЕ ДЫНИ ОТ КОЖУРЫ

Аннотация. Данная работа преследовала цель адаптации машины для очистки дынь марки «ВОЭ.201» за счет модернизации непосредственно режущего инструмента. Необходимо сделать толщину резания корки более регулируемой, этого можно добиться за счет установления идеального зазора ролика, который будет вращаться горизонтально вместе с ножом, и отдельно устанавливая толщину снятия корки, а также изменения угла заточки режущего ножа. Тогда отделение корки дыни станет более эффективным вне зависимости от зрелости и сорта дыни, с наименьшими потерями самого продукта. За основу исследования в качестве сырья были взяты сорт дыни «Радужная», для которой конструировалась машина и сорт дыни «Мырзачульская», для которой производилась модернизация. На основе проведенных экспериментов построена модель процесса очистки от кожуры. Оптимизированы основные влияющие факторы, для ограничения отходов при очистке от кожуры. Были использованы входные и выходные переменные, которые могли быть промышленно применимы.

Ключевые слова: математическая модель, модернизации, дыня, очистка кожуры, трехмерная модель.

• • •

Түйіндеме. Бұл жұмыс кескіш құралдың өзін жаңарту арқылы «ВОЭ.201» маркалы қауынды тазартуға арналған машинаны бейімдеу мақсатын көздеді. Жер қыртысының кесу қалыңдығын неғұрлым реттелетін етіп жасау керек. Бұған мінсіз білікшелі саңылауды орнату арқылы қол жеткізуге болады. Ол пышақпен көлденең айналады және қабықты кетіру қалыңдығын бөлек орнатады. Сонымен қатар, кесетін пышақтың қайрау бұрышын өзгертеді. Сонда қауынның қабығын бөлу қауынның пісуіне және алуан түріне қарамастан тиімді болады, өнімнің өзі аз шығынға ұшырайды.

Зерттеуде шикізат ретінде «Радужная» қауын сорты пайдаланылып, ол үшін жетілдірілген машина мен «Мырзачульская» қауын сорты ұсынылды. Зерттеудің негізі машина әзірлеген шикізат ретінде «Радужная» қауын сортына және жетілдірілген «Мырзачульская» қауын сортына негізделген. Жүргізілген тәжірибелер негізінде пиллинг процесінің моделі құрылды. Пиллинг қалдық-

тарын шектеуге әсер ететін оңтайландырылған факторлар. Өнеркәсіпте қолдануға ыңғайлы кіріс және шығыс айнымалылары пайдаланылды.

Түйінді сөздер: математикалық модель, модернизация, қауын, қабықты тазалау, үш өлшемді модель.

• • •

Abstract. This work pursued the goal of adapting the machine for peeling melons of the «VOE.201» brand, through the modernization of the cutting tool itself. It is necessary to make the cutting thickness of the peel more adjustable, this can be achieved by setting the optimal clearance of the roller, which will rotate horizontally with the knife, and separately setting the thickness of removing the peel, as well as changing the angle of the cutting knife sharpening. Then the separation of the melon rind will become more efficient regardless of the ripeness and variety of the melon, with the least loss of the product itself. The research was based on the «Raduzhnaya» melon variety as a raw material for which the machine was designed and the «Myrzachulskaya» melon variety for which the modernization was carried out. Based on the experiments, a model of the peeling process was constructed. Key influencing factors were optimized to limit peeling waste. Input and output variables were used that can applied in industrial settings.

Keywords: mathematical model, modernization, melon, peeling, peel, three-dimensional model.

Введение. Используя переработку дынь, можно получить высококачественную продукцию длительного хранения. На сегодняшний день дыню успешно перерабатывают на дынный мед, пастилу, джемы, варенья и овощные сладкие консервы. Вся получаемая продукция пользуются высоким спросом, что обуславливает необходимость расширения их ассортимента. Однако, как показывает анализ внутреннего рынка потребления плодоовощных продуктов, на прилавках магазинов практически отсутствует продукция переработки бахчевых культур отечественного производства. Это обусловлено рядом причин. Предприятия не заинтересованы перерабатывать бахчевые культуры, в частности, дыню, в связи с большой трудоемкостью процесса, обусловленной низкой его механизацией (отсутствием универсальных машин для очистки кожуры и резки).

Внедрение передовых технологий на базе комплексной механизации процесса переработки позволит не только облегчить труд бахчеводов, но и поднять производительность, а также снизить себестоимость продукции. В большинстве случаев можно заметить существенные сбои в работе системы. Однако, если установка не проходила модернизацию на протяжении длительного времени, она может и вовсе выйти из строя. Проект модернизации оборудования является основой

начала работ по улучшению работоспособности той или иной машины. Нормализация работы создается на основе заранее спланированного графика по процессу модернизации. Модернизация оборудования является важнейшим аспектом в развитии технологий. В случае ее отсутствия техника, как правило, дает сбой в работе или становится неработоспособной. В результате установку следует непременно подвергнуть ремонтным работам. Любое мероприятие, целью которого является усовершенствование оборудования, должно проходить согласно основным правилам эксплуатации каждой отдельной машины.

Для изменения данной ситуации требовалось создание современной производственно-технологической базы пищевой и перерабатывающей промышленности на новой основе. Чтобы обеспечить высокую конкурентоспособность продукции национальных производителей, необходимо разработать инновационные технологии, применить ресурсосберегающие виды технологического оборудования. Машины и оборудование, составляющие около 43% общей стоимости основных производственных фондов, срок службы которых различен в зависимости от их вида, требуют постоянного обновления в условиях ускоренной амортизации, как это делается в индустриально развитых странах. Ускоренная амортизация активной части основных производственных фондов обеспечивает высокий уровень конкурентоспособности компаний, выпускающих пищевую продукцию, и позволяет им за счет диверсификации производства занимать новые рынки сбыта своей продукцией в различных странах мира. Модернизация технико-технологической базы предприятий пищевой промышленности на основе применения современных видов оборудования позволит увеличить глубину переработки сельскохозяйственного сырья и тем самым снизить их негативное воздействие на окружающую среду, значительно повысить рентабельность производства [1].

Устойчивое развитие отрасли машиностроения для пищевой и перерабатывающей промышленности обеспечивает возможность расширения ассортимента вырабатываемой продукции с меньшими издержками, расширяет круг отечественных компаний (особенно в части малого и среднего бизнеса), формирует стабильный спрос на научно-исследовательские и конструкторские разработки, поддерживая и стимулируя рост уровня технологического развития экономики. Однако до настоящего времени нет четко сформулированной и установившейся классификации машин и устройств, для снятия корки и разрезания плодов дыни на части. Отсутствие четкости в классификации и выборе

типа данных машин создает определенные трудности для теоретического и расчетного обоснования их при обработке дыни.

Учитывая принципиальные различия в технологиях производства этих изделий, общим для них является процесс очистки дыни, который реализуется на перерабатывающих предприятиях преимущественно с помощью ручного труда или же с помощью достаточно примитивных средств механизации очистки данной культуры. Поскольку выпуск продукции приходится в основном на период созревания дыни, необходимой и актуальной становится задача механизация процесса ее очистки, с целью достижения ряда целей. Такими целями являются: снижение уровня ручного труда, минимизация затрат на производство продукции, уменьшение уровня потерь ценной части мякоти при очистке, снижение уровня потерь сырья при хранении за счет ускорения переработки и отсутствия необходимости накопления в хранилищах, повышение производительности линий.

В данный момент технология удаления наружного покрова с плодов бахчевых культур основана на применении ручного труда, а существующие конструктивно-технологические решения машин по очистке плодов от корки, не обеспечивают эффективной и качественной работы при переработке бахчевых культур [2-3]. Основными вопросами, которые возникают при очистке бахчевых культур, в частности дыни, является обеспечение отделения кожуры (слоя эпидермиса) от мякоти (основной паренхимы), а также удаление внутреннего содержимого (плаценты с семенами) из семенной полости. Также следует отметить, что кроме очистки важной задачей является уменьшение временного промежутка от очистки до нарезания очищенных заготовок, то есть уменьшения времени окисления и потерь сока при переработке. Очистка дыни от кожуры как предварительный и основной этап обработки в настоящее время проводится механическими, химическими и термическими методами. Хотя каждый метод имеет одновременно как преимущества и свои недостатки, то есть недоработки, в большинстве случаев предпочтение отдается механическим методам, поскольку они позволяют сохранять съедобные части продуктов свежими и без повреждений. Основными недостатками механических методов являются довольно низкая гибкость и высокие потери ценной части плодов. Многие исследователи пытались повысить эффективность методов механического пилинга. Несмотря на эти попытки, все еще существуют некоторые ограничения, которые требуют дополнительных исследований [4].

При механической очистке фруктов и овощей наиболее распространенными методами являются абразивные или режущие инструменты. Машины и аппараты, на которых применяются режущие инструменты для снятия кожуры бывают периодического и непрерывного типов. Удаление корки происходит во время вращения валика или цилиндра. Режущие инструменты, то есть ножи широко используются для очистки яблок, моркови и картофеля. Несмотря на высокую производительность, основным ограничением является чувствительность к загрузке и большое количество отходов съедобных частей из-за низкой гибкости [5-6]. Для улучшения способа очистки и определения эксплуатационных и конструктивных параметров машины для очистки дыни необходимо провести модернизацию оборудования, широко используемого повсеместно, а также провести ряд исследований по изучению структурно-механических свойств дынь сорта «Радужная» и «Мырзачульская», и исследование формы и геометрических особенностей.

Методы исследования. Объектом модернизации стала машина по очистке дыни от кожуры марки «ВОЭ.201», собранная на базе ООО «Воплощение» (г. Москва, Российская Федерация). Машина изготовлена в климатическом исполнении УХЛ, категории 4 по ГОСТ 15150-69 (Рисунок 1). Модернизация машины проводилась для очистки сорта дыни «Мырзачульская», выращиваемой в южных регионах Республики Казахстан. На первоначальном этапе машина создавалась для очистки дынь, возделываемых в Краснодарском крае (Россия), в частности для дыни сорта «Радужная». Оба сорта дынь являются производными одного генотипа «Торпедо», однако из-за разности климата, почвы и многих других факторов, сорта имеют различную морфологию.

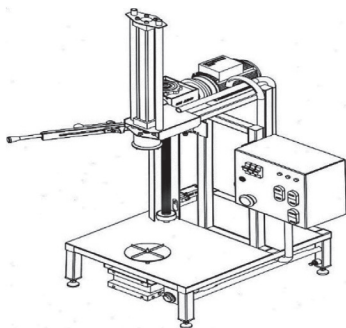


Рисунок 1 – Машина для очистки дыни марки «ВОЭ.201»

Таблица 1 – Кодирование интервалов и уровней варьирования входных факторов

№	Кодированные значения			Натуральные значения		
	x ₁	x ₂	x ₃	А, град	Д, мм	Е, Н/м
1	2	3	4	5	6	7
1	-	-	-	35	6	2369,5
2	-	-	+	35	6	2380,5
3	-	+	-	35	12	2369,5
4	-	+	+	35	12	2380,5
5	+	-	-	45	6	2369,5
6	+	-	+	45	6	2380,5
7	+	+	-	45	12	2369,5
8	+	+	+	45	12	2380,5
9	-1,68	0	0	30	9	2375
10	+1,68	0	0	50	9	2375
11	0	-1,68	0	40	3	2375
12	0	+1,68	0	40	15	2375
13	0	0	-1,68	40	9	2364
14	0	0	+1,68	40	9	2386
15	0	0	0	40	9	2375
16	0	0	0	40	9	2375
17	0	0	0	40	9	2375
18	0	0	0	40	9	2375
19	0	0	0	40	9	2375
20	0	0	0	40	9	2375

Процент потерь кожуры у дыни рассчитывали с использованием веса продукта до и после очистки, как указано ниже [7].

$$y_1 = \frac{W_1 - W_2}{W_1 \cdot t} * 100 \quad (1)$$

где W2 должно быть равно нулю или W1. Все полученные образцы взвешивали до (W1) и сразу после снятия кожуры (W2) на весах с точностью ± 1 г. Далее провели кодировку интервалов и уровней варьирования параметров, которые представлены в таблице 1. Матрица планирования представлена в таблице 2.

Таблица 2 – Матрица проведения опытов по очистке дыни

Факторы		Уровни варьирования					Интервалы варьирования
Натуральные	Кодированные	-1,68	-1	0	+1	+1,68	
А, град	x ₁	30	35	40	45	50	5
Д, мм	x ₂	3	6	9	12	15	3
Е, Н/м	x ₃	2364	2369,5	2375	2380,5	2386	5,5

Эксперименты проводились согласно матрице планирования (таблица 2). В качестве оценочного показателя использовались данные изучения

выходов составляющих при разделке плодов дыни, производимых расчетом по формуле 2. Для получения математической модели технологического процесса по отделению корки от дыни, представляющую собой уравнение регрессии, использовали рототабельный план второго порядка (план Бокса). За основу было взято 3 главных фактора, с проведением 20 опытов, в том числе и 6 опытов в нулевой точке. Технологические показатели процесса отделения корки дыни приняты в качестве критериев оптимальности, определяющие конкретные производственные условия. Поэтому было целесообразно корректировать систему уравнений регрессии в соответствии с этими факторами. Общий вид уравнение регрессии имеет вид:

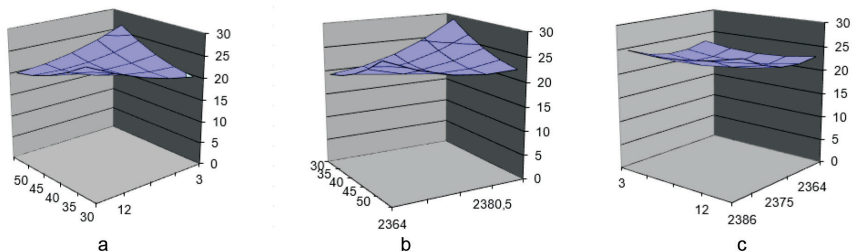
$$y_1 = b_0 + b_1x_1 + b_2x_2 + b_3x_3 + b_{12}x_1x_2 + b_{13}x_1x_3 + b_{23}x_2x_3 + b_{11}x_1^2 + b_{22}x_2^2 + b_{33}x_3^2 \quad (2)$$

В качестве математического аппарата использовали математико-статистические методы и получили систему уравнений регрессии, которые моделирует взаимосвязи наиболее предпочтительного критерия оптимальности с остальными.

Результаты и их обсуждение. На основе данных проведенных экспериментов построена математическая модель (рисунок 2). Также было получено уравнение регрессии, помогающее рассчитать оптимальные параметры показателей, при изменении их значений:

$$y_1 = 21,40118752 - 0,43627x_1 - 0,4187x_2 - 0,17275x_3 - 0,125x_1x_2 - 0,625x_3 - 0,125x_2x_3 - 0,60624x_1^2 + 0,62856x_2^2 + 98136x_3^2 \quad (3)$$

Трехмерная модель дает понять, что каждый фактор равнозначно важен для выполнения технологического процесса очистки дыни.



$x_n = f(A, D, E)$ на $y_n = f(P)$ а - влияние угла заточки ножа (А, град) и расстояние зазора между роликом и ножом (Д, мм), b - влияние угла заточки ножа (А, град) и усилия прилагаемые на резание (Е,Н/м), с – влияние расстояния зазора между роликом и ножом (Д, мм) и усилия прилагаемые на резание (Е,Н/м)

Рисунок 2 – Трехмерная модель в пространстве характеризующая зависимость

В ходе оптимизации параметров, влияющих на эффективную очистку дыни от кожуры, особый интерес представляет угол заточки ножа, как характеристика, определяющая один из основных параметров. Из рисунка 2а видно, что чем острее заточен нож и больше (шире) установлен зазор между роликом и ножом, тем больше потери непосредственно самого важного, то есть мякоти. Здесь показано процентное содержание корки в дыне сорта «Мырзачульская», оно составляет 22,38%. Это значит, что весь процесс оптимизации заточен на достижение этого показателя отделения корки. Если угол заточки будет увеличен до 50° , тогда острота ножа снизится, что приводит к менее эффективному снятию кожуры, оставляя ее внутренние слои. Основной пик потерь пришелся при показателях наточенного ножа до 30° и приложенных максимальных усилий в 2386 Н/м, это обеспечило 30% снятия кожуры (рисунок 2b), а при снятии 22,38% кожуры потери необходимого сырья составили 7,62%. Рисунок 2с показывает влияние усилия и зазора ролика ножа на отделение кожи. При таком сравнении видно, что при максимально приложенных усилиях, несмотря на зазор ролика и его сопротивление, нож устремляется так глубоко в мякоть, срезая его ценную часть, в то время как при минимальных значениях срез кожуры проходит менее эффективно.

Таким образом, из модели на рисунке 2 следует, что оптимальные параметры очистки дыни от кожуры приходится на показатель отделения кожуры равный 22,5%. Оптимальным углом заточки режущего ножа будет 40° при ширине зазора ролика в 9 мм, а также при усредненной силе, приложенной в 1375 Н/м.

Выводы. В ходе выполнения работы получены математическая модель и оптимальные параметры модернизации машины по очистки дыни, для получения высокоэффективного и ровного очищения от кожуры. Отделение корки дыни при оптимальных условиях показали близкие значения эффекта теоретических (исследование составных частей дыни – 22,38% кожуры) и практических (отделение кожуры до 22,5%). Статистические расчеты оптимизированных параметров составляют угол заточки режущего ножа 40° при ширине зазора ролика в 9 мм, а также при усредненной силе, приложенной в 1375 Н/м. Результаты проведенных исследований показали, что способ использования нового ножа с измененным углом заточки при очистке дыни от кожуры – более эффективен, чем предыдущий, за счёт меньших потерь ценной часть продукта – мякоти.

Список литературы

- 1 Radhakrishnaiah Setty, G., Vijayalakshmi, M.R., Usha Devi, A., 1993. Methods for peeling fruits and vegetables: A critical evaluation. Journal of Food Science and Technology 30 (3), 155-162.
- 2 Schmilovitch Z., Alchanatis V., Ignat T. et al. Machinery for Fresh Cut Watermelon and Melon // Chemical engineering transactions. – 2015. – Vol. 44. – P. 277-282.
- 3 Oluwabamiwo F., Adegoke G., Denloye S., Akinoso R. Proximate composition and fatty acid profile of Nigerian melon seeds // Life Science Archives. – 2015. – Vol. 1, Issue 1. – P. 59-65.
- 4 Boyce, 1961; Cailliot, 1988; Couture and Allard, 1979; Emadi et al., 2007; Gardiner, 1963; He and Tardif, 2000; Polk, 1972; Radhakrishnaiah Setty). и др., 1993.
- 5 Adedoyin R.A., Olatunde O.B, Ponle E.A. Design, fabrication and performance evaluation of melon shelling machine // International Journal of Research in Engineering and Technology. – 2015. – Vol. 4, Issue 7. – P. 78-82.
- 6 Davies R.M. Engineering Properties of Three Varieties of Melon Seeds as Potentials for Development of Melon Processing Machines // Advance Journal of Food Science and Technology. – 2010. – №2(1). – P. 63-66.
- 7 Willard, M.J., 1971. A grading system of peeled potatoes. In: Proceedings of 21st Nat. Potato Util. Conference.

Кизатова Маржан Ержановна - PhD, e-mail: marzhany87@mail.ru

Байкенов Алибек Өмірсерікұлы - магистр техники и технологий,
e-mail: alibek_89_89@mail.ru

Байгенжинов Кадырбек Асланбекович - магистр техники и технологий,
e-mail: baigenzhinov@inbox.ru

Есимова Жазира Амангельдықызы - магистр техники и технологий,
e-mail: z.yessimova@rpf.kz

Елеukenова Камарсулу Агимедуллиевна - кандидат технических наук,
e-mail: kamarsulu70@mail.ru

*N.E. Alzhaksina¹, K.A. Baygenzhinov¹, Zh.A. Esimova¹,
A.O. Baykenov¹, T.M. Koptleuova¹, K.A. Eleukenova¹*

¹Kazakh research Institute of Food and Processing Industry, Astana branch,
Nur-Sultan c., Kazakhstan

BALANCED FAT BASES FOR FUNCTIONAL SPREADS

Abstract. The article deals with the aspects of creating a balanced fat base, taking into account the norms of the physiological needs of a modern person in lipids and their structural components. The analysis of the fatty acid composition of natural oils of various fatty acid groups and modified fats has been carried out. The content of polyunsaturated fatty acids is from 10 to 15%, while the ratio between $\omega 6/\omega 3$ fatty acids is 10:1, which corresponds to the normal requirement of a healthy person. When adjusting the optimal ratio, not only the medico-biological requirements for the consumption of one or another essential acid, but also the structural and rheological characteristics of the produced product should be taken into account. The data on the balance of fatty bases, natural and modified vegetable oils and fats provide consumer properties of functional fatty products.

Keywords: balanced fat bases, spreads, functional purpose, fatty acid composition, polyunsaturated fatty acids.

• • •

Аннотация. В статье рассмотрены аспекты создания сбалансированных жировых основ с учетом норм физиологических потребностей современного человека в липидах и их структурных компонентах. Проведен анализ жирнокислотного состава природных масел различных жирнокислотных групп и модифицированных жиров. Содержание полиненасыщенных жирных кислот составляет от 10 до 15%, при этом соотношение между $\omega 6/\omega 3$ жирными кислотами составляет 10:1, что соответствует норме потребности здорового человека. При корректировке оптимального соотношения должны быть учтены не только медико-биологические требования по потреблению той или иной эссенциальной кислоты, но и структурно-реологические характеристики вырабатываемого продукта. Представлены данные по сбалансированности жировых основ, природных и модифицированных растительных масел и жиров обеспечивают потребительские свойства функциональных жировых продуктов.

Ключевые слова: сбалансированные жировые основы, спреды, функциональное назначение, жирно-кислотный состав, полиненасыщенные жирные кислоты.



Түйіндеме. Мақалада қазіргі адамның липидтерге және олардың құрылымдық компоненттеріне физиологиялық қажеттіліктерінің нормаларын ескере отырып, теңдестірілген май базасын құру аспектілері қарастырылады. Әр түрлі май қышқылдары тобы мен модификацияланған майлардың табиғи майларының құрамына талдау жүргізілді. Полиқанықпаған май қышқылдарының мөлшері 10-15% құрайды, ал $\omega 6/\omega 3$ май қышқылдарының қатынасы 10:1 құрайды, бұл сау адамның қалыпты қажеттілігіне сәйкес келеді. Оңтайлы коэффициентті реттеу кезінде сол немесе басқа эфир қышқылын тұтынуға медико-биологиялық талаптарды ғана емес, сонымен қатар өндірілетін өнімнің құрылымдық және реологиялық сипаттамаларын да ескеру қажет. Майлы негіздердің, табиғи және модификацияланған өсімдік майлары мен майларының балансы туралы деректер функционалды майлы өнімдердің тұтынушылық қасиеттерін қамтамасыз етеді.

Түйінді сөздер: теңдестірілген май негіздері, спредтер, функционалды мақсаты, май қышқылдарының құрамы, полиқанықпаған май қышқылдары.

Introduction. Currently, the spread is becoming a new product of higher quality, which gives the right to classify it as a functional product. So in terms of organoleptic and structural-mechanical indicators, they are increasingly approaching butter. The fat base for spreads is selected in such a way as to ensure a balanced fatty acid composition, an optimal content of polyunsaturated fatty acids, a low concentration or complete absence of trans fatty acids; in most cases, spreads are enriched with fat-soluble vitamins A, D, E; due to the prevalence of vegetable oils in the composition, spreads contain a minimum amount of cholesterol; medium and low fat spreads have a reduced calorie content [1]. A person's nutritional balance implies such a state of his diet when the body receives all the ingredients necessary for it in certain proportions that ensure the normal functioning of the body. The balance of substances that are not synthesized in the human body is especially important. Lipids are one of the most important components of food vital for humans, which determine its nutritional, energy value and biological effectiveness. The main factor in the effectiveness of the use of lipids supplied with food is the balance of their fatty acid composition. To maintain health, a person needs a balanced content of ω -3 and ω -6 fatty acids [2].

The range of butter-vegetable spreads is expanded due to the correct regulation of the fatty acid composition of the product by introducing vegetable oils or non-dairy fats compositions into the formulation; reducing calorie content by changing the ratio between fat and non-fat components in favor of the latter; the admissibility and expediency of the use of

fatty base quality improvers, including structure stabilizers, antioxidants and others, the basic principles of the selection of which are primarily focused on functional ingredients. The combination of vegetable oils provides the possibility of mutual enrichment of the ingredients in these products according to one or more factors and allows you to create products with a balanced composition. Thus, the selection of the composition and properties in order to create products that most fully correspond to the balanced nutrition formula predetermines the directions for the development of new technologies. While ω -6 can be obtained from most vegetable oils, ω -3 is found only in flaxseed oil. Therefore, a deficiency of ω -6 in the diet is rare, while ω -3 is sorely lacking. For the normal functioning of the body, their balance is necessary [3].

Materials and methods. The resulting new fat and oil products based on vegetable raw materials must meet the requirements of the Technical Regulations for fat and oil products TR CU 024/2011 in terms of ensuring the quality and safety of edible fats and will be aimed at improving the technologies for the production and processing of oils, ensuring better use of raw materials, high productivity and improving quality products with the simultaneous achievement of their food safety.

Results and their discussion. Fatty bases of vegetable origin, namely rapeseed and flaxseed oils, are necessary to create new functional fat and oil products - spreads, balanced by the main physiological and biochemical parameters. When choosing the recipe composition of these oils, a number of factors were taken into account: an increased content of polyunsaturated fatty acids of the ω -3 and ω -6 classes, mono-unsaturated fatty acids; the absence of trans isomers of fatty acids, an adequate level of intake of tocopherols in the body. Since flax is one of the oldest plants cultivated by man, the oil is obtained from the reddish-brown seeds of flax, and it has a pleasant brown to golden color, depending on the degree of purification. Flaxseed contains vitamin F and large amounts of vitamins A and E. Flaxseed oil is a valuable food product that differs from most oils in its high content of essential linolenic acid (up to 70%).

Flaxseed oil is an indispensable product in the human diet, participating in many metabolic processes, used for the prevention and treatment of diseases such as coronary heart disease, atherosclerosis, cancer, diabetes and many others. As a result of scientific research, it has been revealed that the lignins contained in flaxseed oil have the ability to destroy estrogen compounds that cause breast cancer. In addition to lignins,

flaxseed oil enters the human body with alpha-linolenic acid, which also has significant anticarcinogenic properties, especially in breast cancer diseases [4]. The density of linseed oil at 15°C is 934 ... 935 kg/m³, the refractive index at 15°C is 1.4858 ... 1.4872, the kinematic viscosity at 20°C is 15.5 × 10⁻⁶ m²/s. The composition of flaxseed oil from seeds of various varieties can vary significantly depending on varietal characteristics, cultivation areas, soil and climatic conditions of plant growth. The most important components of flaxseed oil: α - acid (from 41.4% to 57.5%) oleic acid (from 21.7% to 28.4%), linoleic acid (from 12.2% to 20.7%). Stearic and palmitic acids make up about 10% in total. The oil contains about 40-50 mg% tocopherols. Its characteristic feature is the presence of lignans in the composition. Experimental and clinical studies have shown that lignans have hepatoprotective, antitoxic, antioxidant, antiallergic, anti-tumor effects, inhibiting the multiplication of the human immunodeficiency virus [5]. It should be noted that the consumer properties of flaxseed oil are determined mainly by the high content of linolenic acid. Linolenic acid is irreplaceable, the body is not able to synthesize it on its own, so it must be present in food. For the human body, linolenic acid has a double effect: it is an essential nutrient that maintains the normal functioning of the physiological functions of the body, as well as an important drug for the treatment of many diseases [6].

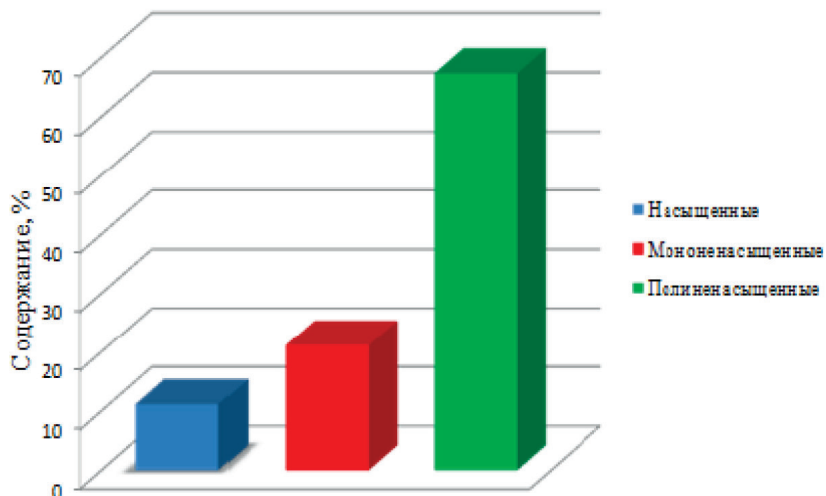


Figure 1 – The content of saturated fatty acids, monounsaturated fatty acids and polyunsaturated fatty acids in linseed oil

As can be seen from Figure 1, in terms of the content of polyunsaturated fatty acids of the ω -3 and ω -6 groups, flaxseed oil surpasses many products. The high proportion of polyunsaturated fatty acids in spreads significantly distinguishes it from butter. Polyunsaturated fatty acids are an important and indispensable component of a fatty product, a necessary initial building material for cell membranes and the biosynthesis of substances - mediators that regulate metabolic processes: prostaglandins and leukotrienes. The share of polyunsaturated fatty acids in spreads can reach 25%, while in butter their level is no more than 3.5%. Thus, the use of vegetable oils, namely flaxseed oil, as a fatty base for spreads is fully justified. The product obtained from the processing of rapeseed is widely used for human consumption. In its unrefined form, it contains erucic acid, which causes disturbances in the development of the body, in particular, slowing down the onset of reproductive maturity. That is why it is recommended to eat only refined rapeseed oil. Useful properties and contraindications are fully contained in its composition. Its benefits for the body are as follows: in terms of biochemical composition, it is superior to olive oil; contains a large amount of vitamin E, polyunsaturated and monounsaturated acids; normalizes the work of all body systems [7].

Much attention is paid to ω -3 polyunsaturated fatty acids as a nutritional element with therapeutic and prophylactic properties. However, to maintain optimal health, a person needs a balance in the diet of the content of ω -3 and ω -6 polyunsaturated fatty acids. Excess amounts of ω -6 polyunsaturated fatty acids and a very high ω -6 / ω -3 ratio contribute to the development of a number of diseases, including cardiovascular, oncological, inflammatory and autoimmune, while elevated levels of ω -3 polyunsaturated fatty acids have an inhibitory effect. The most favorable ratio of these acids for different age groups and different health conditions (diet of a healthy person or diet of preventive and therapeutic orientation) ranges from 10/1 to 1/1 [8].

As can be seen from Figure 2, saturated and unsaturated fatty acids are the main suppliers of energy to the human body. The main sources of saturated fatty acids - palmitic and stearic - are animal oils and cocoa beans. Their content in rapeseed oil is 68-58%. To achieve a healthy balance in the human body, you must adhere to the recommended daily intake of fatty acids and emphasize the diversity of your diet.

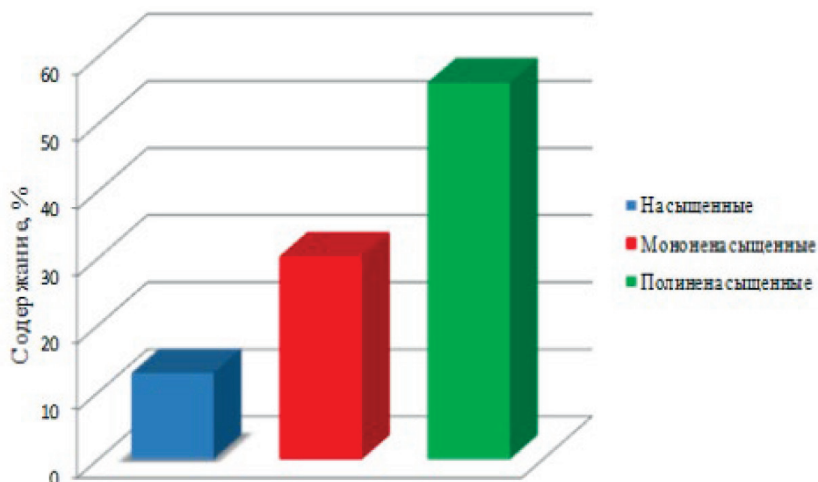


Figure 2 – The content of saturated fatty acids, monounsaturated fatty acids and polyunsaturated fatty acids in rapeseed oil

Conclusions. Thus, when using rapeseed and flaxseed oil as fatty products, special attention should be paid to the main quality indicators. Based on the analysis of the content of saturated fatty acids, monounsaturated fatty acids and polyunsaturated fatty acids in rapeseed and flaxseed oils, it determines the unique properties of these fatty products. Saturated acids are found in food most often: these are sweets of all kinds, and dairy products. It is customary to associate an increased level of cholesterol in the body with their consumption. The negative effect occurs only in the case of abuse of products containing significant amounts of saturated fatty acids. In moderate doses, they are essential for health, since they strengthen the skeletal system, improve the function of the liver and the immune system. The use of rapeseed and flaxseed oil will make it possible to obtain butter-vegetable spreads, optimized in terms of fatty acid composition, with the necessary ratio of ω -3 and ω -6 fatty acids for various population groups. At the same time, the supply of the required amount of tocopherols is achieved, protecting fatty acids from free radical oxidation in the human body with excessive consumption of polyunsaturated fatty acids. From all of the above, it follows that spreads are new products, so choosing the right technology will allow you to preserve all the naturalness of natural oils. For functional spreads, it is advisable to improve the fat base, because the introduction of functional ingredients requires a more

careful selection of the fat base, therefore the second direction is the regulation of the fatty acid composition: reducing and eliminating trans fatty acids, reducing the amount of saturated fatty acids.

References

1 *Mustafaev S.K., Efimenko S.G., Kalienko E.A., Sonina D.V.* Influence of the conditions of pressing flax seeds on the yield and quality of oil // Polythematic network scientific journal of the Kuban State Agrarian University. Krasnodar: KubGAU. – 2014. №100 (06).

2 Functional foods. Introduction to technology [Text] / ed. A.A. Kochetkova. – M.: DeLi Print, 2009. – 288 p.

3 *Tabakaeva O.V.* Functional emulsion products of a new generation [Text] / O.V. Tabakaeva // Oil and fat industry. – 2007. – №3. – P.17-18.

4 Analysis of fatty acid composition of rapeseed oil / A.N. Ostrikov [et al.] // Oil and fat industry. – 2016. – №6. – P. 18-21.

5 *Perkovets M.V.* Low fat spreads for functional purposes [Text] / M. In Perkovets // Oils and fats. – 2007. – №5. – P. 8-9.

6 *Vyshemirsky, F.A.* Aspects of the production of spreads in Russia [Text] / F. A. Vyshemirsky // Cheese making and butter making. – 2008. – №3. – P. 15-16.

7 *Shikov A.N., Makarov V.G., Ryzhenkov V.E.* Vegetable oils and oil extracts: technology, standardization and properties. M.: Russian doctor, 2004. – 264p.

8 *Mustafaev S.K., Efimenko S.G., Moruzhenko E.A.* Influence of peculiarities of new breeding flax varieties on oil quality indicators in seeds during storage // Polythematic network electronic scientific journal of the Kuban State Agrarian University. Krasnodar: KubGAU. – 2014. – №03 (097).

Альжаксина Назым Ерболовна - PhD, e-mail: nazjomka@mail.ru

Байгенжинов Кадырбек Асланбекович - магистр технических наук, e-mail: baigenzhinov@inbox.ru

Есимова Жазира Амангельдыкызы - магистр техники и технологий, e-mail: z.yessimova@rpf.kz

Байкенов Алибек Әмірсерікулы - магистр техники и технологий, e-mail: alibek_89_89@mail.ru

Коптлеуова Толкын Махметовна - магистр техники и технологий, e-mail: koptleuovat@bk.ru

Елеукунова Камарсулу Агимедуллеевна - кандидат технических наук, e-mail: kamarsulu70@mail.ru

СЕЛЬСКОЕ И ЛЕСНОЕ ХОЗЯЙСТВО

МРНТИ 68.39.35

З.В. Псхацьева¹, С.В. Булацева¹, И.К. Джелиева¹, Э.И. Чельдиева¹

¹Горский государственный аграрный университет,
г. Владикавказ, РСО-Алания, Россия

ЭФФЕКТИВНОСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ КОРМОВЫХ ДОБАВОК НА СОДЕРЖАНИЕ ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ В КРОВИ ПОРОСЯТ-ОТЪЕМЫШЕЙ

Аннотация. Вопрос получения экологически чистой продукции животноводства и птицеводства, имеет огромное значение. Важно выяснить наличие тяжелых металлов в организме животных и птицы, особенно в экологически проблемных регионах. Основная опасность тяжелых металлов заключается в накоплении их по пищевой цепочке: изначально они попадают в почву, затем переходят в растения, которые употребляют в пищу, помимо людей, животные и птицы. Накопление тяжелых металлов в организме человека происходит при употреблении мяса животных и птицы. В статье приводятся данные по изучению совместного применения в кормлении поросят-отъемышей пробиотика и сорбента. При комплексном применении нано-сорбента «Ковелос-Сорб» и пробиотика «Споротермин» отмечается снижение содержания в крови поросят таких тяжелых металлов как цинк, кадмий и свинец в 1,1-2,6 раза в опытных группах, по сравнению контрольной группой. Полученные результаты при расчете экономической эффективности также подтверждают целесообразность совместного применения пробиотика и сорбента.

Ключевые слова: тяжелые металлы в крови, сорбент, пробиотик, поросят-отъемыши, кровь, экономическая эффективность.

• • •

Түйіндеме. Экологиялық таза мал мен құс өнімдерін алу мәселесінің маңызы зор. Жануарлар мен құстардың ағзасында, әсіресе экологиялық проблемалы аймақтарда ауыр металдардың бар-жоғын анықтау қажет. Ауыр металдардың негізгі қауіптілігі олардың қоректік тізбек бойында жинақталуында: алдымен олар топыраққа енеді, содан кейін адамдар, жануарлар және құстар тамақ үшін қолданатын өсімдіктерге өтеді. Адам ағзасында ауыр металдардың жиналуы жануарлар мен құстардың етін жегенде пайда болады. Мақалада пробиотик пен сорбентті емізуден шеттетілетін торайларды тамақтандыруда қолдануды зерттеу туралы мәліметтер келтірілген. «Ковелос-Сорб» нано-сорбенті мен «Споротермин» пробиотикасын кешенді қолданған кезде бақылау тобымен салыстырғанда эксперименттік топтардағы торайлардың қанындағы мырыш, кадмий және қорғасын сияқты ауыр металдардың мөлшері

1,1-2,6 есе азаяды. Экономикалық тиімділікті есептеу кезінде алынған нәтижелер пробиотик пен сорбентті бірге қолданудың орындылығын растайды.

Түйінді сөздер: қандағы ауыр металдар, сорбент, пробиотик, емізуден шеттетілген торайлар, қан, экономикалық тиімділік.

• • •

Abstract. The issue of producing environmentally friendly livestock and poultry products is of great importance. It is important to establish if domestic animals and poultry have heavy metals in their systems, especially in region with environmental issues. The main danger of heavy metals is their accumulation along the food chain: initially they fall out onto the soil, then pass into plants, which are consumed, apart from humans, by animals and birds. The accumulation of heavy metals in the human body occurs when consuming meat of animals and poultry. The article presents data on the study of the joint use of probiotic and sorbent in the feeding of weaning pigs. With the complex application of nano-sorbent “Covelos-Sorb” and probiotic “Sporothermin” blood samples are marked by lower levels of heavy metals such as Zinc, Cadmium and Lead down to 1.1...1.3 times within the experimental groups, compared to the control group. The results obtained in the calculation of economic efficiency also confirm the feasibility of joint use of the probiotic and sorbent.

Keywords: heavy metals in the blood, sorbent, probiotic, weaning pigs, blood, economic efficiency.

Введение. Экологическая безопасность продуктов питания является на сегодняшний день актуальной задачей. В последнее время ряд авторов исследовали влияние дешевой и доступной добавки бентонитовой глины в качестве подкормки птице для нейтрализации тяжелых металлов [1].

Среди тяжелых металлов следует отметить особо цинк, кадмий, медь, свинец. Все элементы, находящиеся в организме, могут влиять как отрицательно, так и положительно, в зависимости от концентрации этих элементов в организме [2]. В России более 15% от всей территории являются неблагополучными в экологическом плане [3,4]. В Республике Северная Осетия – Алания фоновая концентрация по цинку превышена до 10 раз, по свинцу - до 10 раз, по кадмию - до 8 раз [5]. Большие концентрации тяжелых металлов в почве снижают и даже блокируют синтез белковых веществ и ферментов, нарушают минеральный обмен. Вследствие чего снижается биологическая ценность и урожайность кормовых растений [6]. Токсины тяжелых металлов, накапливаясь в организме животных и птицы, наносят

колоссальные потери сельскому хозяйству, животноводству, птицеводству: снижение массы тела, выкидыши, повышение расходов на лечение [7,8]. В своем большинстве тяжелые металлы – это биогенные элементы, потому что они и присутствуют в организме и выполняют свойственную только данному элементу, функцию. Опасными тяжелые металлы являются тогда, когда их концентрация становится выше предельно допустимой концентрации. А в остальных случаях они необходимы организму для нормального развития [9].

Все вещества, которые находятся в организме принято делить на три группы:

1. Жизненно необходимые, иначе говоря - эссенциальные. К ним относятся: кальций, фосфор, калий, хлор, натрий, цинк, марганец, молибден, йод, селен, сера, магний, железо, медь, кобальт.

2. Условно необходимые. К ним относятся: фтор, кремний, титан, ванадий, хром, никель, мышьяк, бром, стронций, кадмий, ртуть, бериллий, серебро, сурьма, барий, палладий,

3. Мало изученные. К ним относятся: литий, бор, алюминий, германий, цирконий, олово, церий, уран, радий.

Материал и методы исследования. Исследования на поросятах-отъемышах крупной белой породы проводилась на ОАО свино-комплексе «Кировский» Кировского района РСО-Алания. Комплекс ориентирован на разведение свиней. Группы поросят формировали по принципу пар-аналогов, при этом были учтены пол, живая масса, физиологическое состояние животных [10,11]. Кормление проводили в соответствии с нормами, рекомендованными ВИЖ. Всё поголовье поросят-отъемышей находилось в идентичных условиях содержания и кормления, параметры микроклимата соответствовали зооигиеническим нормам.

Результат исследований. В опыте изучалась эффективность совместного применения сорбента «Ковелос-Сорб» и пробиотика «Споротермин» в рационах поросят. Поросята получали основной рацион хозяйства. Кровь подвергалась исследованию на тяжелые металлы, такие как свинец, кадмий и цинк. Кадмий может поступать в организм в виде дыма и пыли, что приводит к поражению органов дыхания, к нарушению фосфорно-кальциевого обмена, что в свою очередь, ухудшает прочность скелета. Повышенная концентрация свинца в организме приводит к головным болям, ухудшению памяти, подавляется образование гемоглобина, разрушается оболочка эритроцитов (таблица 1).

**Таблица 1 - Содержание тяжелых металлов в крови поросят (мг/кг)
n=3**

Показатель	ПДУ, мг/кг	Группы			
		контрольная	1 опытная	2 опытная	3 опытная
Цинк	22,0	36,11±0,33	26,61±0,38***	24,15±0,86***	19,70±0,66***
Кадмий	0,05	0,11±0,001	0,08±0,01**	0,06±0,01***	0,05±0,01 ***
Свинец	1,2	2,21±0,08	1,98±0,10	1,56±0,04***	0,85±0,17***

Результаты исследования тяжелых металлов следующие: в 1 опытной группе, где поросята подкармливались пробиотиком, содержание цинка, кадмия и свинца снизилось в 1,35, 1,37 и 1,11 раза, соответственно, по отношению к контрольной группе. Во 2 опытной группе, где поросята подкармливались сорбентом, содержание цинка, кадмия и свинца снижалось в 1,49, 1,83 и 1,41 раза, соответственно, относительно поросят контрольной группы. В 3 опытной группе снижение цинка, кадмия и свинца было в 1,83, 2,2 и 2,6 раза, соответственно, относительно контроля. Эта группа подкармливалась пробиотиком и сорбентом совместно. Экономическую эффективность использования сорбента «Ковелос-Сорб» и пробиотика «Споротермин» в кормлении поросят-отъемышей рассматривали по следующим показателям: себестоимость, прибыль, чистый доход, рентабельность (таблица 2).

Таблица 2 - Экономическая эффективность выращивания поросят. n=30

Показатель	Группа		
	контрольная	2 опытная	3 опытная
Живая масса в конце опыта, кг	44,6	47,2	49,2
Цена реализации 1 кг, руб.	140,00	140,00	140,00
Выручено, руб.	6244	6608	6888
Всего затрат, руб.	5552,0	5781,1	5801,6
Себестоимость 1 кг живой массы, руб.	124,4	122,5	117,9
Прибыль, руб.	692,0	826,9	1086,4
Уровень рентабельности, %	12,46	14,30	18,72

При применении в кормлении поросят-отъемышей сорбента «Ковелос-Сорб» и пробиотика «Споротермин», как в отдельности, так и совместно снижается себестоимость продукции - на 5,2% и 3,75% на 1 кг живой массы, относительно поросят, принимавших основной

рацион хозяйства. Рентабельность производства: во 2 и 3 опытных группах возросла – на 4,42% и 6,16%, соответственно, что позволяет сделать вывод о том, что целесообразно подкармливать поросят и пробиотиком и сорбентом одновременно.

Вывод. На основании полученных данных, можно заключить, что при подкормке поросят-отъемышей пробиотиком и сорбентом наблюдается наибольшая степень нейтрализации тяжелых металлов в крови.

Список литературы

1 Кочиш, И.И., А. Лукашенко Нейтрализация тяжелых металлов в организме бройлеров // Животноводство России. – 2006. – №1. – 19 с., [Kochish, I.I., A. Lukashenko Nejtralizatsiya tyazhelykh metallov v organizme brojlerov // ZHivotnovodstvo Rossii. – 2006. – №1. – 19 s]

2 Клиценко, Г.Т. Минеральное питание сельскохозяйственных животных / Г.Т. Клиценко. Киев: Урожай, 1975. – 184 с., [Klitsenko, G.T. Mineral'noe pitanie sel'skokhozyajstvennykh zhyvotnykh / G.T. Klitsenko. Kiev: Urozhaj, 1975. – 184 s]

3 Грибовский, Г.П. Ветеринарно-санитарная оценка основных загрязнителей окружающей среды на Южном Урале / Челябинск. – 1996. – 225 с., [Gribovskij, G.P. Veterinarно-sanitarnaya otsenka osnovnykh zagryaznitelej okruzhayushhej sredy na YUzhnom Urale / CHelyabinsk. – 1996. – 225 s]

4 Донник, И.М. Оценка иммунологического статуса КРС из районов экологического неблагополучия / Экол. прод. патологии, фармакологии и терапии животных: Международное коринационное совещание (г. Ворон). ВНИИ-ВИПФиТ. 1997. – С. 78–79., [Donnik, I.M. Otsenka immunologicheskogo statusa KRS iz rajonov ehkologicheskogo neblagopoluchiya / EHkol. prod. patologii, farmakologii i terapii zhyvotnykh: Mezhdunarodnoe korinatсионное soveshhanie (g. Voron). VNIIVIPFiT. 1997. – S. 78–79]

5 Каиров, В.Р. Зоотехническое и экологическое обоснование норм А витаминного питания свиней в зависимости от концентрации кадмия в кормах / В.Р. Каиров: автореф. дисс. ... канд. с.-х. наук. Краснодар. 2001. – 51 с., [Kairov, V.R. Zootekhnicheskoe i ehkologicheskoe obosnovanie norm A vitaminного pitaniya svinej v zavisimosti ot kontsentratsii kadmiya v kormakh / V.R. Kairov: avtoref. diss. ... kand. s.-kh. nauk. Krasnodar. 2001. – 51 s]

6 Церлинг, В.В. Диагностика питания сельскохозяйственных культур [Текст]: Справочник / М.: Агропрмиздат, 1990. – 234 с., [Tserling, V.V. Diagnostika pitaniya sel'skokhozyajstvennykh kul'tur [Tekst]: Spravochnik / M.: Agropmizdat, 1990. – 234 s]

7 Аргунов М.Н., Сафонова, В.В. Василенко и др. Токсикозы животных и меры борьбы с ними / Мат. 2-й регион. конф. Актуальные проблемы ветеринарной медицины мелких домашних животных на Северном Кавказе. 2003 - [Электронный ресурс]. http://vets.al.ru/doc/vet_doc/nc_99-2003/html/, [Argunov

M.N., Safonova, V.V. Vasilenko i dr. Toksikozы zhivotnykh i mery bor'by s nimi / Mat. 2-j region. konf. Aktual'nye problemy veterinarnoj meditsiny melkikh domashnikh zhivotnykh na Severnom Kavkaze. 2003 - [Elektronnyj resurs]. http://vets.ai.ru/doc/vet_doc/nc_99-2003/htm

8 Слащилина Т.В. Ветеринарно-санитарное состояние кормов, кормоцехов свиноводческих комплексов и разработка мероприятий по его улучшению: автореф. дисс...канд.с.-х. наук:06.02.04, 16.00.16 / Воронеж, 2006. – 24с., [Slashhilina T.V. Veterinarno-sanitarnoe sostoyaniye kormov, kormotsekhov svinovodcheskikh kompleksov i razrabotka meropriyatij po ego uluchsheniyu: avtoref. diss...kand.s.-kh. nauk:06.02.04, 16.00.16 / Voronezh, 2006. – 24s]

9 Кебеков, М.Э., Гасиева, В.А. Гасиева, А.Н. Поляков Пути повышения физико-химических и технологических свойств молока коров в условиях техногенной зоны // Материалы Международной научно-практической конференции «Новые направления в решении проблем АПК на основе современных ресурсосберегающих инновационных технологий». – Владикавказ: Издат. Горского ГАУ. – 2011. – С. 86–87., [Kebekov, M.Eh., Gasieva, V.A. Gasieva, A.N. Polyakov Puti povysheniya fiziko-khimicheskikh i tekhnologicheskikh svojstv moloka korov v usloviyakh tekhnogennoj zony // Materialy Mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoj konferentsii «Novye napravleniya v reshenii problem APK na osnove sovremennykh resurssoberegayushhikh innovatsionnykh tekhnologij». – Vladikavkaz: Izdat. Gorskogo GAU. – 2011. – S. 86–87]

10 Овсянников, А.И. Основы опытного дела в животноводстве / М.: Колос, 1976. – 303 с., [Ovsyannikov, A.I. Osnovy opytnogo dela v zhivotnovodstve / M.: Kolos, 1976. – 303 s]

11 Викторов, П.И., Менькин. М. Методика и организация зоотехнических опытов / Агропромиздат, 1991. – 113 с., [Viktorov, P.I., Men'kin. M Metodika i organizatsiya zootekhnicheskikh opytov / Agropromizdat, 1991. – 113 s]

Псхациева Земфира Владимировна - кандидат сельскохозяйственных наук, докторант ГГАУ, e-mail: zzz-ppp432@mail.ru

Булацева Светлана Владимировна - кандидат сельскохозяйственных наук, доцент, e-mail: sss-bbb55@mail.ru

Джелиева Инна Казбековна - кандидат биологических наук, e-mail: z-p432@mail.ru

Чельдиева Эльвира Исламовна - кандидат биологических наук, e-mail: z-p432@mail.ru

Ж.С. Тилеубаева¹, Н.А. Сапарбаева¹, М.О. Айтжанова¹

¹Қазақ ұлттық қыздар педагогикалық университеті, Алматы қ., Қазақстан

КҮЗДІК БИДАЙ СОРТТАРЫНЫҢ ТАТҚА (*PUCCINIA STRIIFORMIS F.SP. TRITICI*) ТОЛЕРАНТТЫЛЫҒЫН ЗЕРТТЕУ

Түйіндеме. Мақалада инфекциялық жағдайда және аурудан фунгицидпен қорғалған бидай сорттарын салыстыру арқылы төзімділігін бағалауға зерттеу жүргізілді. Нәтижесінде қоздырғыштарға төзімді сорттар анықталды. Зерттелген сорттар арасынан Бермет, Богарная 56, Қарасай, Түркменбашы, Янбош, Сопраг және Фох сорттары сары татқа толеранттылығымен ерекшеленді. Толеранттылық дегеніміз, өсімдіктердің ауру қоздырғыштармен залалданғанымен қалыпты өнім беруге қабілеттілігі. Сондай-ақ, залалданған вегетативті мүшелерінің тез қалпына келуімен де сипатталады. Астық дақылдары ауруларымен күресудің басты жолы – иммунитет селекциясы. Сондықтан селекцияда тек қарсылық көздерін іздеп қана қоймай, сонымен қатар негізгі биотикалық факторларға төзімділігі жоғары үлгілерді қолданған жөн. Әсіресе сорт үлгілерінің ауру қоздырғыштарға төзімділігінің (толеранттылығы) болғаны дұрыс. Сондықтан селекцияда негізгі биотикалық факторларға төзімділік көздерін іздестірумен қатар кенбіс сорт үлгілерін пайдалануда тиімді. Тат саңырауқұлақтары бидайды өніп-шығу кезеңінен балауызданып-пісіп жетілу кезеңіне дейінгі барлық вегетативті кезеңдерде залалдайды. Ауру салдарынан өсімдіктердің ассимиляциялық қызметі, ондағы физиологиялық үдерістері бұзылады, астық дақылдарының суыққа төзімділігі азаяды, дән сапасы кемиді, егін түсімі көрсеткіштері төмендейді. Патоген қолайлы ауа-райы жағдайында өнімді, дән сапасын төмендетеді, 100%-ға дейін егін түсімін кемітеді.

Түйінді сөздер: бидай, сары тат, эпифитотия, өнімділік.

• • •

Аннотация. В статье проведена оценка толерантности, путём сравнения одних и тех же сортов пшеницы на инфекционном фоне и защищённых от поражения болезнью фунгицидом. В результате выявлено толерантные сорта к патогену. Среди изученных сортов высокой степенью выносливости к желтой ржавчине отличались сорта Бермет, Богарная 56, Қарасай, Түркменбашы, Янбош, Сопраг и Фох. Толерантность – способность растений выдерживать повреждения вредителями или поражение возбудителями болезней без существенного снижения продуктивности. Может также определяться способностью к быстрому восстановлению пораженных вегетативных органов. Важнейшим путем преодоления вредоносности заболеваний зерновых

культур является селекция на иммунитет. Поэтому в селекции целесообразен не только поиск источников устойчивости, но и использование образцов с высокой выносливостью к основным биотическим факторам. Особенно важно наличие у образцов толерантности к повреждению возбудителями. Ржавчинные грибы поражают пшеницу на протяжении всего периода вегетации, начиная с фазы всходов до восковой спелости зерна. Вредоносность ржавчины заключается в уменьшении ассимиляционной деятельности растений, нарушении физиологических процессов в них, ухудшение зимостойкости зерновых культур.

Ключевые слова: пшеница, желтая ржавчина, эпифитотия, урожайность.

• • •

Abstract. The article assesses tolerance by comparing the same varieties against an infectious background and protected from disease by a fungicide. As a result, tolerant varieties to pathogens were identified. Among the studied varieties, the varieties Bermet, Bogarnaya 56, Karasai, Turkmenbashy, Yanbosh, Compair and Fox were distinguished by a high degree of resistance to yellow rust. Tolerance is the ability of plants to withstand damage from pests or pathogens without significantly reducing productivity. It can also be determined by the ability to quickly recover the affected vegetative organs.. The most important way to overcome the harmfulness of diseases of grain crops is selection for immunity. Therefore, in breeding, it is advisable not only to search for sources of resistance, but also to use samples with high endurance to the main biotic factors. It is especially important that the samples have a tolerance to damage by pathogens. Rust fungi affect wheat throughout the entire growing season, from the germination phase to the waxy ripeness of the grain. The harmfulness of rust lies in a decrease in the assimilation activity of plants, disturbances in physiological processes in them, and a deterioration in the winter hardiness of grain crops.

Keywords: wheat, yellow rust, epiphytity, productivity.

Кіріспе. Бидай сорттарының сары татпен залалдануы егін түсімінің кемуіне және дән сапасының төмендеуіне әкеледі [1,2]. Ауру салдарынан өсімдіктің бойы, сабағының жуандығы және масақ ұзындығы қысқарады, масақтағы масақша саны, дән саны, дән масассы кемиді. Физиологиялық процестерінің бұзылуынан өсімдіктің қысқа төзімділігі кемиді, дәнде молекулалық массасы төмен глютейіндік компоненттер түзіледі, синтез процесінің және крахмалдың жиналуы азаяды, сонымен қатар эндоспермде протеин мөлшері төмендейді [3,4]. Күзде сары таттың қатты дамуы сорттардың қыстап шығуына кері әсер береді, жапырағы қоздырғыш мицелийімен залалданған бидайдың суыққа төзімділігі төмендейді, күз кезінде аурудың төзімсіз сорттарда

пайда болуы және споралардың жақсы қыстап шығуы егін түсімінің 1/3 бөлігінің жоғалуына әкелеліп соғады [5]. Эпифитотия болған жылдары егін түсімі 80-100% дейін кеміп, өнім шығыны катастрофалық мөлшерге дейін барады [6,7]. Дәннің өнім түсімі көрсеткіштерінің қатты кемуі сары таттың сабақты залалдануынан туындайды. Әдетте бұл жапырақтың, жапырақ түтікшесінің, масақ қабықшасының және масақ қылтанағының залалдануынан басталады. Әсіресе, масақ астындағы сабақ залалданғанда, патоген егін түсімінің жойылуына дейін апарады. Сары тат індеті неғұрлым қатты дамығанда, залалданған жапырақ күні бұрын тіршілігін тоқтады, өсімдіктің өсуі баяулайды және дән түзілуі кемиді [8,9].

Бидайдың аса қауіпті патогені сары татпен күресудің тиімді жолы – төзімді гендермен қамтамасыз ететін, өнімділіктің төмендеуін тоқтатын және дән сапасын артыруға мүмкіндік беретін сорттардың жаңа гермоплазмасын, яғни ауруларға иммунды және өнімділігі жоғары бидай сорттарын шығару [10,11]. Алайда, төзімді сорт уақыт өте келе аурумен залалдана бастайды. Төзімділік белгісінің өзі ауру қатты және орташа дамуы кезінде, өнімнің сақталуына кепілдік бермейді. Бидай сорттарының ауруға төзімділігі жағынан ауруға өзіндік көнбістік ретінде көрінуі мүмкін [12,13]. Сары тат қоздырғышына бидай сорттарының толеранттылығы – ауру жаппай дамыған кезде олардың қанағаттанарлық өнім беруге қабілетті болуы. Көнбіс сортта сары татпен қатты залалданғанымен өнімділік деңгейі, аурумен бірдей залалданған екінші қатарда өскен өсімдіктен жоғары болады [14]. Бидай дақылының сары тат ауруына көнбістігі бірнеше жолдармен орындалады:

- Кейбір сорттар аурудың асқынуы жоғары болғанына қарамастан, қоректі заттарды өсімдіктің дамып келе жатқан дәндеріне бағыттап отырады;

- Жекелеген сорттар залалдануымен патогеннің спора түзу арасындағы уақытты ұзартады. Төзімділікті қамтамасыз етудің бұл механизмі қазіргі кезде «таттың баяу дамуы» («*slow rusting*») деп аталады;

- Патоген спораларын жылдам телейтоспораларға ауыстыратын сорттар. Бұл сорттардың жапырақтары қоздырғыштың өсімдікке қайта жұғуға қажетті уредоспораларының түзілуін тежеп, оларды қара түсті, дикариотты, бидайда белсенділігі жоқ, тыныштық күйдегі телейтоспораларға айналдырады. Ауруға көнбіс сорттар жасушаларында хлорофилл мөлшерінің кемуі байқалады, бірақ төзімсіздермен салыстырып қарағанда төмен болады [15,16].

Зерттеу мақсаты. Күздік бидай сорттарының сары татқа толеранттылығын анықтау. Міндеттері: Танапта орналасқан аурумен залалданған сорттар мен залалданбаған сорттардың өнімділік көрсеткіштерін салыстырмалы түрде зерттеу. Өнім түсімі көрсеткіштерінің салыстырмалы талдауын статистикалық өңдеу. Тарихы: Ғалымдар зерттеулері бойынша өндірісте эпифитотия жылдары толеранттылығы жоғары расаға тән емес, төзімді күзді бидай сорттары төзімсіз сорттармен салыстырып қарағанда мол егін түсімін және сапалы дән сапасын береді. Көнбіс сорттарды өндірісте кеңінен қолдану сары тат эпифитотия деңгейіне дейін дамығанда егін түсімі шығынының алдын алуға мүмкіндік береді.

Зерттеу әдістері. Толеранттылық деңгейін анықтау үшін бір танапта орналасқан аурумен залалданған өсімдік пен ауырмаған өсімдіктің өнімділік көрсеткіштері салыстырмалы түрде зерттелді. Күздік бидай сорттарының сары татқа толеранттылығын анықтау залалданған өсімдік пен залалданбаған өсімдіктің жалпы өнім түсімін және 1000 дән салмағын салыстыру арқылы жүргізілді. Бұл үшін танап жағдайында тәжірибе екі нұсқамен (вариантпен) жасалды. Бір вариантында індет ортасы жасалынып, екінші варианты фунгицидпен (Тилт 250, 0,5 л/га) өңделді. Жинау және бастырудан кейін күздік бидай сорттарының егін түсімі және 1000 дән салмағы өлшенді. Сыналған сорттар 1000 дән массасының кемуіне қарай топтарға бөлінді: 0,5-15,0 пайыз, 15,1-18,0 пайыз, 18,6-20,7 пайыз аралығындағылар.

Зерттеу нәтижелері. Селекцияда алынған алғашқы материалды жан-жақты зерттеу, тиімсіздерін тиімділерімен алмастыру ауру қоздырғыштың даму қарқынын басуға және эпифитотияның алдын алуға мүмкіндіктер береді. Зерттелінген сорттар арасынан Бермет, Богарная 56, Қарасай, Түркменбашы, Янбош, Compair, Fox сорттары ауруға көнбіс болып табылды. Олардың залалдануы жоғары болғанымен, салмағының кемуі 0,5-15%-дан асқан жоқ. Сары татқа өте төзімсіздік білдіріп, 40-80% аралығында залалданған Безостая 1, Көксу, Chinese 166 сорттарында 1000 дән салмағының кемуі 15,90-20,79% аралығында болды. Залалданған сорттардың өнім түсімінің төменгі көрсеткіші 8,42 ц/га, орташасы 24,79 ц/га, жоғары көрсеткіші 40,0 ц/га, ал 1000 дән салмағында төменгісі 30,8 г, орташасы 35,3 г, жоғары көрсеткіші 45,5 г жетті. Дегенмен, Фунгицидпен өңделінген варианттағы сорттарда, бұл көрсеткіштер жоғары болды (1 кесте).

**1 Кесте – Күздік бидай сорттарының сары тат қоздырғышына
толеранттылығы**

Сорттың атауы	Сары таттың дамуы, балл/%	Тат жұқтырылған			Фунгицидпен өңделінген	
		Өнім түсімі, Ц/га	1000 дән массасы, г	1000 дән массасының, кемуі, %	Өнім түсімі, Ц/га	1000 дән массасы, г
Айчурек	2/10	40,0	39,5	4,81	46,6	41,5
Безостая 1	4/40	14,26	40,0	18,69	18,16	49,2
Бермет	3/50	8,42	30,0	9,09	8,90	33,0
Богарная 56	4/50	12,73	39,5	3,65	14,71	41,0

Сорттың атауы	Сары таттың дамуы, балл/%	Тат жұқтырылған			Фунгицидпен өңделінген	
		Өнім түсімі, Ц/га	1000 дән массасы, г	1000 дән массасының, кемуі, %	Өнім түсімі, Ц/га	1000 дән массасы, г
Дербес	2/20	15,96	38,5	11,49	17,77	43,5
Көксу	4/80	20,63	37,0	15,90	21,16	44,0
Қарасай	3/60	18,17	40,5	13,85	28,33	47,0
Одесская 66	3/40	9,24	31,6	15,05	9,69	37,2
Таза	0	26,66	44,8	2,22	26,70	45,0
Түркменбашы	3/30	8,80	36,5	5,44	10,84	38,6
Скифиянка	4/20	8,61	35,3	3,28	12,84	36,5
Уманка	3/20	31,0	39,5	9,19	45,0	43,5
Янбош	3/20	11,30	33,7	3,71	12,30	35,0
Chinies 166	4/60	12,7	32,0	20,79	12,37	40,4
Compair	4/40	9,42	31,7	3,93	12,37	33,0
Clement	2/10	22,21	39,5	9,40	24,71	43,6
Fox	3/40	11,42	39,3	0,50	20,53	39,5
Мороссо	4/40	24,79	30,8	15,38	14,29	36,4
Орташа	-	24,79	35,3	-	26,70	43,6
Максимум	-	40,0	45,5	-	46,66	54,5
Минимум	-	8,42	30,8	-	8,90	33,0
ЕАЕА ₀₉₅ (%)	-	5,26	-	-	5,72	-

Селекция міндеттерінің бірі – донор сорттарының төзімділік деңгейін анықтау және эпифитотиялық қаупі бар сорттардың болмауын немесе сирек кездесуін қадағалау. Тат ауруларына төзімсіз сорттарды төзімділермен ауыстырғанмен, сорттардың уақыт өте келе төзімділік қасиеттерін жоғалтуы мүмкін. Сондықтан, зерттеу нәтижесінде

анықталған толерантты сорттарды пайдалану патоген әсерінен егін түсімінің жоғалуының алдын алуға мүмкіндік береді. Танаптық жағдайдағы аурумен залалданған өсімдік пен ауырмаған өсімдік өнімділігінің салыстырмалы көрсеткіштері, сондай-ақ зерттеу нәтижелері төменде көрсетілген (1 сурет).



1 Сурет – Танаптық жағдайдағы аурумен залалданған өсімдік пен ауырмаған өсімдік өнімділігінің салыстырмалы көрсеткіштері

Зерттеулер нәтижелерін талдау. Зерттелген сорттардың өнім түсімі ауруға төзімділік байқатқанымен, өнім түсім көрсеткіші көнбіс сорттардан төмен болды. Ауруға иммунды таза сорты ғана, екі вариантта бірдей өнім түсімін берді. Бұл сары тат қоздырғышының әсерінен сорттардың егін түсімінің және 1000 дәндік салмағының кемітінін көрсетеді. Ғалымдардың пікірінше, тат уредоспоралары санының бидай егістігінде күрт өсіп кетуі және олардың таралу жылдамдығының артуы төзімсіз сорттардың болуымен тікелей байланысты [15, 16].

Қорытынды. Зерттелген сорттар арасынан Бермет, Богарная 56, Қарасай, Түркменбашы, Янбош, Соnраір және Fox сары татқа толерантты сорттарды ауру жаппай дамыған кезде, өнім түсімінің кемуін алдын алу шараларында пайдалануға болады. Төзімсіз сорттар таттың кеңінен таралуына және дамуына мүмкіндік жасап, вирулентті патотиптер спораларының көбею ортасы болғанымен, төзімділік бел-

гісінің өзі ауру қатты және орташа дамуы кезінде, өнімнің сақталуына кепілдік бермейді. Сондықтан ауруға толерантты сорттарды пайдалану өнім түсімін шығынсыз сақтап қалудың негізгі кепілі.

Әдебиеттер

1 Raeder J.M., Bever W.E. Spore germination of *Puccinia glumarum* with notes on related species // *Phytopathology* – 1931. – V.21. N.5 – P.767-789.

2 Hendrix X., Walter J. The influence of stripe rust on the strength of wheat straw. *Proceedings of the European and Medit // Phytopathology* – 1939. – V.32. N.7 – P. 2-15.

3 Tollenaar H., Byron R. Houston effect of temperature during uredospore Production and of light on in vitro germination of uredospores from *Puccinia striiformis* // *Phytopat. Nobogy* – 1966. – Vol 56. №7. –P. 787-790.

4 Гулкянн В.О. Материалы к изучению желтой ржавчины – *Puccinia glumarum Erikss. et Henn* // *Естественные науки*. – 1945. №1. – С.19-29., [Gulkanyan V.O. Materialy k izucheniyu zheltoj rzhavchiny – *Puccinia glumarum Erikss. et Henn* // *Estestvennyye nauki*. – 1945. №1. – S.19-29]

5 Анпилогова Л.К. Изучение генетических особенностей устойчивости сортов пшеницы к желтой ржавчине // *Биологические науки* – 1978. – №6. – С.108-118., [Anpilogova L.K. Izuchenie geneticheskikh osobennostey ustojchivosti sortov pshenitsy k zheltoj rzhavchine // *Biologicheskije nauki* – 1978. – №6. – S.108-118]

6 Шумилов Ю.В., Волкова Г.В. Желтая ржавчина пшеницы требует особого внимания // *Защита и карантин растений* –2013. №5. – С. 13-14., [Shumilov YU.V., Volkova G.V. Zheltaya rzhavchina pshenitsy trebuet osobogo vnimaniya // *Zashhita i karantin rastenij* –2013. №5. – S. 13-14]

7 Жангазиев А.С., Нурбеков С.И., Сарбаев А.Т., Баймагамбетова К.К. Селекция озимой пшеницы на устойчивость к желтой ржавчине в условиях предгорной зоны Казахстана // *Материалы 1-Центрально-Азиатской конференции по пшенице*. – Алматы. - 2003. – С.278., [Zhangaziev A.S., Nurbekov S.I., Sarbaev A.T., Bajmagambetova K.K. Seleksiya ozimoy pshenitsy na ustojchivost' k zheltoj rzhavchine v usloviyakh predgornoj zony Kazakhstana // *Materialy 1-TSentral'no-Aziatskoj konferentsii po pshenitse*. – Almaty. - 2003. – S.278]

8 Жангазиев А.С. Создание толерантных к болезням сортов пшеницы как фактор экологической чистой технологии // *ҚазҰУ ХАБАРШЫСЫ, экология сериясы*, № 1 (27) 2010 ж. –Б.57-60., [Zhangaziev A.S. Sozdanie tolerantnykh k boleznyam sortov pshenitsy kak faktor ehkologicheskoy chistoy tekhnologii // *ҚазҰУ Хабаршысы, ehkologiya seriyasy*, № 1 (27) 2010 zh. –Б.57-60]

9 Сарбаев А.Т. Кудыров А.К. Основные направления иммунологических исследований на современном этапе // *Биологические основы селекции и генотипа растений*. –Алматы, 2005. – С.215-218., [Sarbaev A.T. Kudyrov A.K. Osnovnye napravleniya immunologicheskikh issledovanij na sovremennom ehtape // *Biologicheskije osnovy seleksii i genofonda rastenij*. –Almaty, 2005. – S.215-218]

10 *Shapalov Sh.K., Tileubayeva Zh.S., Kurmanbayeva M.S., Sarbaev A.T., Hidirov K.R., Naukenova A.S., Alpamysova G.B* Efficiency Of Resistant Types Of Soft Spring Wheat Grades To Leaf Rust // Scopus. Biosciences Biotechnology Research Asia An international, open access, peer reviewed research journal – 2016. Vol.13(1). – P.123-127.

11 *Сарбаев А.Т. Кыдыров А.К. и др.* Иммуитет сортов как фактор снижения экологического риска в агроценозе //Материалы Международной конференции «Проблемы экологии АПК и охраны окружающей среды» Кызылорда, 2008 - С.200-201., [Sarbaev A.T. Kydyrov A.K. i dr. Immunitet sortov kak faktor snizheniya ehkologicheskogo riska v agrotsenoze //Materialy Mezhdunarodnoj konferentsii «Problemy ehkologii APK i okhrany okruzhayushhej sredy» Kyzylorda, 2008 - S.200-201]

12 *Сейтхожаев А.И* Устойчивость пшеницы к трем видам ржавчины // Вестник науки Казахского агротехнического университета им. С. Сейфуллина (междисциплинарный). – 2015. - №1 (84). – С.25-30., [Sejtkhozhaev A.I Ustojchivost' pshenitsy k trem vidam rzhavchiny // Vestnik nauki Kazakhskogo agrotekhnicheskogo universiteta im. S. Sejfullina (mezhdistsiplinarynyj). – 2015. - №1 (84). – С.25-30]

13 *Дьяков Ю.Т.* Типы устойчивости растений и их практическое использование // Материалы научного семинара. – Санкт-Петербург. - 2003. – С. 5-7., [D'yakov YU.T. Tipy ustojchivosti rastenij i ikh prakticheskoe ispol'zovanie // Materialy nauchnogo seminar. – Sankt-Peterburg. - 2003. – S. 5-7.]

14 *Негулеску Флоаре, Саулеску Н.Н., Цацу К.Л.* Толерантность сортов озимой мягкой пшеницы к листовым болезням // Теоретические и прикладные аспекты селекции и семеноводства пшеницы, ржи, ячменя и тритикале. – 1981. – 168 с., [Negulesku Floare, Saulesku N.N., TSatsu K.L. Tolerantnost' sortov ozimoy myagkoj pshenitsy k listovym boleznyam // Teoreticheskie i prikladnye aspekty selektsii i semenovodstva pshenitsy, rzhi, yachmenya i tritikale. – 1981. – 168 s]

15 *Schafer J.F.* Tolerancetoplanddisease // AnnalsRev. Phytopathology. – 1971. – V 9. – P.235-252.

16 *Watson I.A., Butler F.C.* Wheat rust control in Australia // National Conferences and other Initiatives and Developments. The University of Sydney.– Sydney, 1984. – P.80-89.

Сапарбаева Нурзипа Абубакировна - кандидат биологических наук, и.о. асс. Профессор, e-mail: nurzipa2576@mail.ru

Тилеубаева Жанар Слямхановна - кандидат биологических наук, и.о. асс. Профессор, e-mail: tileubayeva_kz@mail.ru

Айтжанова Мира Онланбековна - кандидат биологических наук, e-mail: mira@gmail.com

ЭКОЛОГИЯ

МРНТИ 87.21.03

С.О. Ахметова¹, Г.С. Султангазиева¹

¹Алматинский технологический университет, г. Алматы, Казахстан

ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ПРИМЕНЕНИЯ МИНЕРАЛЬНЫХ УДОБРЕНИЙ ПРИ ВЫРАЩИВАНИИ СОИ

Аннотация. В статье рассмотрены вопросы снижения плодородия почв, показано, что одной из проблем является загрязнение почв тяжелыми металлами, остаточными количествами пестицидов, минеральных удобрений. Целью исследования явилось изучение экологических аспектов применения минеральных удобрений на посевах сои, возделываемой по ресурсосберегающей технологии, и их влияние на продуктивность культуры. Показано, что характерной особенностью сои является неравномерное потребление питательных элементов по фазам развития растений. Для обоснования питательного режима почвы проведена сравнительная оценка нескольких вариантов дозы минеральных удобрений при ресурсосберегающей и традиционной технологиях возделывания сои. Проведена экологическая оценка загрязнения почвы тяжелыми металлами при применении минеральных удобрений. Полученные данные показали, что при ресурсосберегающей технологии возделывания сои внесение минеральных удобрений в дозах Р60К30 и N30Р60К30 не оказывает существенного влияния на повышение содержания тяжелых металлов в почве.

Ключевые слова: соя, питательный режим почвы, минеральные удобрения, тяжелые металлы в почве.

• • •

Түйіндеме. Мақалада топырақ құнарлылығының төмендеу мәселелері қарастырылған, негізгі мәселелердің бірі топырақтың минералды тыңайтқыштармен, пестицидтердің қалдық мөлшерімен, ауыр металдармен ластануы көрсетілген. Зерттеудің мақсаты қорды үнемдеу технологиясы бойынша өсірілген май бұршақ дақылдарына минералды тыңайтқыштарды қолданудың экологиялық аспектілеріне және дақылдардың өнімділігіне әсерін зерттеу болып табылады. Май бұршақ дақылына тән ерекшелігі өсімдіктердің даму кезеңдерінде қоректік заттардың біркелкі тұтынылмауы болып табылады. Қор үнемдейтін және дәстүрлі технологиялары бойынша май бұршақ дақылдарын өсіру кезінде топырақтың қоректік режимін негіздеу үшін, минералды тыңайтқыштар мөлшерінің бірнеше нұсқаларына салыстырмалы бағалау жүргізілді. Минералды тыңайтқыштарды қолдану кезінде топырақтың ауыр металдармен ластануына экологиялық бағалау жүргізілді. Алынған мәлімет-

тер көрсеткішінде, қор үнемдеу технологиясы бойынша май бұршақты өсіру кезінде минералды тыңайтқыштар P60K30 және N30P60K30 мөлшерде енгізілгенде, топырақтағы ауыр металдардың құрамының артуына айтарлықтай әсер етпейді.

Түйінді сөздер: май бұршақ, топырақтың қоректену режимі, минералды тыңайтқыштар, топырақтағы ауыр металдар.

• • •

Abstract. The article addresses the issues of reducing soil fertility; it is shown that one of the problems is pollution of soils with heavy metals, residual amounts of pesticides, and mineral fertilizers. The purpose of the study was to study the environmental aspects of mineral fertilizers on soybean crops cultivated using resource-saving technology and their impact on crop productivity. It has been shown that a characteristic feature of soybean is the uneven consumption of nutrient elements according to the phases of plant development. To justify the nutritional regime of the soil, a comparative assessment of several versions of the dose of mineral fertilizers with resource-saving and traditional soybean cultivation technologies was carried out. Environmental assessment of soil contamination with heavy metals by mineral fertilizers was carried out. The established data showed that using resource-saving technology of soy cultivation, the introduction of mineral fertilizers in doses of P60K30 and N30P60K30 does not significantly affect the increase in the content of heavy metals in the soil.

Keywords: soybean, nutritional regime of soil, mineral fertilizers, heavy metals in the soil.

Введение. Аграрное производство, представляющее собой механизм устойчивого культивирования природных богатств, отличается от других отраслей более тесным соединением общественных и природных факторов. Достижения науки вызывают существенные материально-технические изменения в отрасли. Параллельно интенсифицируется и обратный процесс – рост “давления” на природные комплексы. Результатом этого “давления” является снижение плодородия почвы – уменьшение содержания в ней гумуса (в течение XX века запасы гумуса в черноземах уменьшились почти в 2 раза, в течение последнего десятилетия потери гумуса достигли 0,64 т); гибель полезной микрофлоры; загрязнение компонентов биосферы, особенно загрязнение почв тяжелыми металлами, остаточными количествами пестицидов, минеральных удобрений [1]. Экономическое развитие Республики Казахстан в 1960-1990 гг. прошлого столетия сопровождалось экстенсивной эксплуатацией природных

ресурсов [2]. Грубые нарушения научно-экологических принципов использования почв и охраны их экологии привели к застою и значительному снижению урожаев. Именно поэтому нет должной отдачи от удобрений и технологий в целом.

В связи с тем, что наблюдается резкое ухудшение экологической ситуации в мировом масштабе, в современных условиях производства получить абсолютно чистую продукцию невозможно. Поэтому правильно и профессионально необходимо говорить об экологически безопасной продукции [3]. В условиях современного сельского хозяйства особое внимание заслуживают приемы биологизации земледелия, позволяющие экономно и рационально использовать минеральное и органическое удобрение и повышать плодородие почвы на основе разработки рациональных систем земледелия. Системы земледелия должны быть энергосберегающими, экологически безопасными как в отношении агропродуктов, так и окружающей среды [4-5]. На современном этапе сельскохозяйственное производство Казахстана, удерживая лидирующие позиции на зерновом рынке, активно наращивает производство перспективных масличных культур, одной из которых является соя [6,7]. Наиболее благоприятной природно-климатической зоной для возделывания этой культуры является юго-восточный регион республики, где урожайность этой ценной культуры в среднем за последние годы составила – 17,5 ц/га при низких показателях качества зерна, хотя при оптимальных показателях пищевого режима почв эта культура обеспечивает урожай зерна до 30-35 ц/га с высоким содержанием жира и белка [8].

Вопросы технологии возделывания сои разрабатывались многими учеными как Казахстана, так и зарубежных стран, где данные о водопотреблении, режиме питания культуры и т.д., полученные в разных почвенно-климатических условиях не сходятся, особенно по минеральному питанию сои. Соя отличается специфичностью питания, потребляя на формирование урожая больше питательных веществ, чем многие другие культуры, неравномерно поглощая элементы пищи по фазам развития растений. При выборе режима питания сои особое значение имеет уровень обеспеченности почвы азотом, фосфором, калием и микроэлементами. По обобщенным данным многих исследователей на формирование 1 т урожая семян требуется 80-100 кг азота, 20-35 кг фосфора и 30-45 кг калия. Оптимальной нормой внесения удобрений под сою является $N_{60}P_{60}$ [9]. В условиях орошаемой зоны юго-востока Казахстана рост производства сои мо-

жет быть обеспечен за счет разработки и внедрения такой технологии возделывания, которая бы отвечала требованиям ресурсосбережения, адаптивности, экологической безопасности и принципам рационального использования ресурсов агроландшафта.

Цель и задачи работы: изучение экологических аспектов применения минеральных удобрений на посевах сои, возделываемой по ресурсосберегающей технологии в условиях орошения юго-востока Казахстана, и их влияние на продуктивность культуры; экологическая оценка загрязнения почвы тяжелыми металлами при применении минеральных удобрений.

Объекты и методы исследований. *Объект исследования:* агроэкосистема, Стационарный опыт «Система севооборотов в условиях УОС «Агроуниверситет» Енбекшиказахского района Алматинской области».

Экологические условия и методика проведения экспериментов. Экспериментальные исследования проводились в учебно-опытной станции Казахского национального аграрного университета, расположенной на предгорной равнине Северного склона Заилийского Алатау, в зоне поливного земледелия, в северо-западной части Енбекшиказахского района Алматинской области, в 37 км от г. Алматы и 18 км от г. Иссык. Территория данного хозяйства представляет собой предгорную равнину, расчлененную руслами горных рек и оврагов. Почвообразующие породы – суглинистые и глинистые аллювиально-пролювиальные отложения. Общий уклон местности в сторону долины р. Или составляет 0,06-0,07 м [10-11]. Распределение почв и формирование особенностей климата в регионе подчинено закону вертикальной зональности, которая наиболее четко выражена в центральной части Северного Тянь-Шаня, образованной хребтом Заилийского Алатау в междуречье Каскелен-Чилик. Эта часть открыта для влажных воздушных течений и имеет мощный задерживающий барьер высот - более 4 - 4,5 тыс.м. Абсолютные отметки высот территории 550-700 м над уровнем моря. Полевые опыты заложены на лугово-каштановых почвах тяжелого механического состава, которые являются характерным типом предгорной сазовой полосы.

Климат региона резко континентальный с большими суточными и годовыми колебаниями температуры воздуха, неодинаковой суммой осадков – от 509 мм (МС Алматы, Аэропорт) до 669 мм (метеопост «Александровка»). Район относится к предгорной пустынно-степной

зоне с абсолютными отметками 550-700 м над уровнем моря. Характерными признаками климата территории являются – короткая, но холодная зима, продолжительное жаркое и сухое лето, поздневесенние и раннеосенние заморозки, большая атмосферная сухость, сочетающаяся с длительным периодом высоких температур воздуха, интенсивное испарение влаги, низкой влажностью воздуха, обилием солнечного света, при общем недостатке атмосферных осадков.

Почвенные условия. В основном, почвенный покров территории хозяйства характеризуется большим разнообразием почвенных разновидностей. Поэтому в соответствии со сложностью почвенного покрова и влияния грунтового увлажнения распространены следующие типы почв: светло-каштановые, лугово-каштановые, луговые, лугово-сероземные и сероземы обыкновенные. Полевые опыты проводились на лугово-каштановой почве тяжелого механического состава, которая является характерным типом предгорной сазовой полосы. Эти почвы практически все распаханы. На них возделываются зерновые, технические и овощные культуры.

Ниже приводится описание морфологических признаков лугово-каштановой почвы опытного участка.

- | | |
|------------|--|
| 0-35 см | - темно-бурый увлажненный, рыхлый, комковато-порошистый тяжелый суглинок. Встречаются корни. В нижней части уплотнен /плужная подошва/. Переход в следующий горизонт резкий. |
| 35-58 см | - серовато-бурый, увлажненный, уплотненный, комковатый тяжелый суглинок. Встречаются корни. Переход в следующий горизонт постепенный по цвету. |
| 58-87 см | - темнее предыдущего, с коричневатым оттенком, увлажненный, плотный, комковатый тяжелый суглинок. |
| 87-130 см | - серовато-бурый с палевым оттенком, увлажненный плотный, комковато-глыбистый тяжелый суглинок. Переход в следующий горизонт ясный по цвету. |
| 130-160 см | - желтовато-серый, влажный, глыбистый, средний суглинок. Переход в следующий горизонт постепенный. |
| 160-200 см | - палево-желтый, влажный, плотный, глыбистый, тяжелый суглинок |

Анализ климатических условий за годы проведения исследований показывает, что зона в целом обладает благоприятными погодными условиями для возделывания почти всех сельскохозяйственных культур, в том числе и сои, нивелируя отдельные отклонения орошением на фоне соблюдения рекомендуемой зональной технологии.

Методика проведения исследований. Исследования проводились общепринятыми приемами научной агрономии: экспериментом и наблюдением.

Схема опыта

Варианты	Технология	Основная обработка почвы	Междурядная обработка почвы
1-вариант	Традиционная технология	Основная обработка почвы на гл.20-22 см (ПГН-2,2)	2 разовая междурядная обработка почвы на гл. 6-8 и 10-12 см
2-вариант		Основная обработка почвы на гл.16-18см (КПП-2,2)	2 разовая междурядная обработка почвы на гл. 6-8 и 10-12 см
3-вариант	Ресурсосберегающая технология	Основная плоскорезная обработка почвы на гл.20-22 см (КПП-2,2)	Первая междурядная обработка почвы на гл. 6-8 и внесение гербицидов
4-вариант			До и после всходов внесение гербицидов
5-вариант			Первая междурядная обработка почвы на гл. 6-8 и внесение гербицидов
6-вариант			До и после всходов внесение гербицидов

Опыты заложены в 4-кратной повторности по двум севооборотам. Варианты размещены рендомизированным методом. Размер делянки 100,8 м² (14,0 м x 7,2 м). Учетная площадь делянки 52 м². Заложенные опыты методически выдержаны и обоснованы для решения поставленных задач. На фоне данного опыта изучены экологические аспекты применения минеральных удобрений: без удобрений, рекомендованная доза N₆₀P₁₈₀K₉₀ (ОАО «Вита») - Нитрагин, -N₃₀, -P₆₀, -P₆₀K₃₀, -N₃₀P₆₀K₃₀. В качестве минеральных удобрений использованы: азотные - аммиачная селитра с содержанием 34% N; фосфорные - суперфосфат простой с содержанием 19% P₂O₅ и калийные - сульфат калия с содержанием 50% K₂O. В течение вегетации отмечали следующие фазы: всходы (появление семядолей на поверхности почвы), образование первого тройчатого листа, ветвление, бутонизация, цветение, формирование бобов, налив семян и созревание семян. Цветение и плодообразование в пределах одного растения происходят не одновременно. Была произведена закладка полевых опытов (разбивка делянок), отбор почвенных образцов перед посевом и произведен посев в опытах. Посев произведен с учетом закладки изучаемых и

контрольных вариантов полевых и производственных опытов. Также были проведены вегетационные поливы, учитывающие варианты изучения по установлению оптимальных водосберегающих режимов орошения сои. Проводились фенологические наблюдения над ростом и развитием сои в зависимости от предшественников, обеспечивающие различные экологические условия для развития культуры и формирования агрофитоценозов. Произведен учет засоренности полей сорными растениями.

Результаты исследований и их обсуждение. *Питательный режим почвы и экологические аспекты применения минеральных удобрений при выращивании сои.* Характерная особенность сои - неравномерное потребление питательных элементов по фазам развития растений. Можно выделить три периода по интенсивности потребления питательных веществ:

- От всходов до начала цветения растения сои (40 дней) потребляют азота 5-8%, фосфора 4-7% и калия 7-10% общего количества за вегетацию.

- От начала цветения до начала налива семян (49 дней) - соответственно 57,9-59,7%; 59,4-64,7%; 66,0-70,7%;

- В третий период - от начала налива семян до конца созревания (22 дня) - 33,7-36,3; 30,6-36,0; 18,9-26,4%.

Согласно рекомендации ОАО «Вита» в различных почвенно-климатических зонах Алматинской области рекомендовано внесение минеральных удобрений, более продолжительное время при возделывании сои под основную зяблевую вспашку путем разбрасывания перед лущением стерни из расчета 320-350 кг/га, доза которых составляет $N_{60}P_{180}K_{90}$. В хозяйственных условиях района исследований при возделывании сои вносят только 130 кг/га сульфата аммония, где доза азота составляет 30 кг/га действующего вещества. В условиях данных исследований в лугово-каштановой почве содержание валового азота и валового фосфора высокое – 0,251 и 0,212%, соответственно. По обеспеченности доступными элементами питания почвы опытного участка характеризуются как высокообеспеченные азотом (138 мг/кг $N_{дг}$ и 24 мг/кг $N-NO_3$) и обменным калием. Содержание подвижного фосфора низкое – 21 мг/кг почвы. Учитывая вышеизложенное, для обоснования питательного режима почвы и экологических аспектов применения минеральных удобрений при ресурсосберегающей и традиционной технологии возделывания сои была проведена сравнительная оценка по двум вариантам дозы минеральных удобрений. При традицион-

ной технологии возделывания сои изучены варианты без удобрений и доза длительного применения $N_{60}P_{180}K_{90}$ согласно рекомендации ОАО «Вита». При ресурсосберегающей технологии, также два варианта: - внесение $P_{60}K_{30}$ при обработке семян с нитрагином и - внесение N_{30} на фоне $P_{60}K_{30}$ без обработки семян с нитрагином.

Полученные результаты динамики подвижных форм питательных элементов по периодам роста и развития сои показывают, что при ресурсосберегающей технологии с внесением $N_{30}P_{60}K_{30}$ складываются оптимальные питательные режимы (таблица 1). В фазу ветвления сои в 0-20 см и 20-40 см слое почвы содержится наибольшее количество подвижных форм нитратного азота, соответственно 28,3 мг/кг и 22,9 мг/кг почвы и фосфора - 24,8 мг/кг и 14,5 мг/кг (рисунок 1). При этом максимальное содержание подвижных форм питательных элементов $N-NO_3$ в слое 0-40 см - 25,6 мг/кг и P_2O_5 - 6 мг/кг, отмечено на вариантах ресурсосберегающей технологии, что на 25,5 - 85,4% больше, чем в контрольном варианте при традиционной технологии возделывания сои. На контроле в фазу ветвления сои содержание нитратного азота в слое 0-40 см 11,8 мг/кг, что оценивается как средние и подвижного фосфора - 13,7 мг/кг - низкое. При ресурсосберегающей технологии, где проводится плоскорезная обработка почвы, отмечено более резкое снижение содержания азота от верхних горизонтов к нижним, от 18,7 мг/кг в слое 0-20 см до 9,6 мг/кг в слое 20-40 см. Такая закономерность объясняется результатом ослабления процесса нитрификации, так как при ежегодной мелкой плоскорезной обработке почве большая часть органической массы остается в слое 0-10 см.

Таблица 1 – Влияние минеральных удобрений на содержание подвижных форм питательных веществ в лугово-каштановой почве

Технология	Внесение дозы удобрений	Слой почвы, см	Содержание подвижных форм, мг/кг почвы			
			N-NO ₃		P ₂ O ₅	
			В фазу ветвление	Перед уборкой	В фазу ветвление	Перед уборкой
Традиционная	без удобрений	0-20	14,9	7,1	18,3	8,7
		20-40	8,8	6,9	12,5	10,6
	Средняя	0-40	11,8	7,0	15,4	9,6
Ресурсосберегающая	$P_{60}K_{30}$	0-20	19,7	11,1	24,8	18,3
		20-40	9,6	13,8	17,7	14,9
	Средняя	0-40	14,6	12,4	21,2	16,6
	$N_{30}P_{60}K_{30}$	0-20	28,3	18,9	20,2	13,5
		20-40	22,9	12,8	14,5	12,4
Средняя	0-40	25,6	15,8	17,4	12,9	

При ежегодной и периодической вспашке равномерно распределяется по 20 см слое почвы. В этом варианте традиционной технологии возделывания сои в период уборки отмечено снижение запасов нитратного азота и по обеспеченности оценивается как очень низкое (от 6,9 до 7,1 мг/кг), независимо от системы обработки почвы.

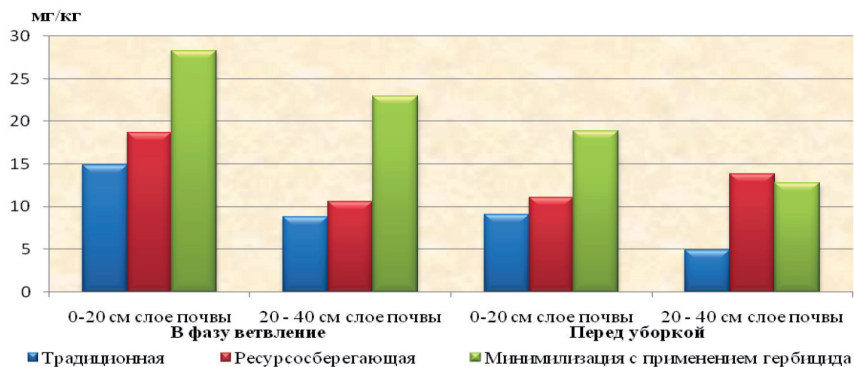


Рисунок 1 – Содержание подвижных форм N- NO₃ в 0-20 см и 20-40 см слое почвы по фазам вегетации, мг/кг

При изучаемых вариантах содержание подвижного фосфора в фазу ветвление сои, в 0-20 см слое составляет 20,2-24,8 мг/кг, а 20-40 см 17,7-14,5 мг/кг почвы. В результате проведенных исследований выявлено, что при внесении фосфорных удобрений обеспеченность подвижным фосфором растений сои складывалась на повышенном и высоком уровне (рисунок 2).

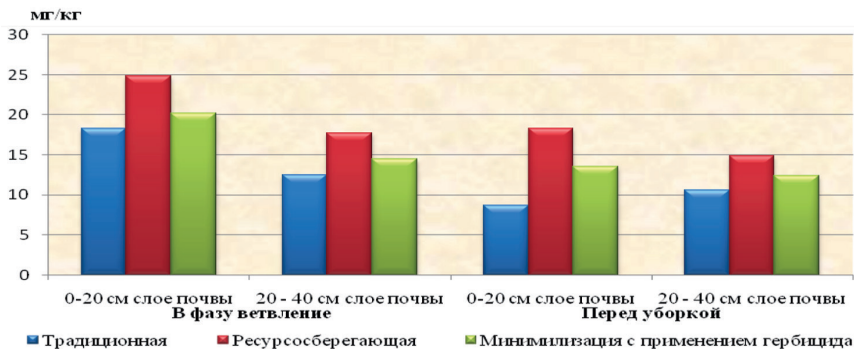


Рисунок 2 – Содержание подвижных форм P₂O₅ в 0-20см и 20-40 см слое почвы по фазам вегетации, мг/кг

Наибольшее содержание подвижного фосфора отмечено в фазу ветвления сои (28,3-22,9 мг/кг почвы), что на 85,4% больше по сравнению с вариантом традиционной технологии. Так же на этом варианте отмечен максимальный вынос фосфора растением соя, к уборке он снизился до 13,5-12,4 мг/кг почвы. Анализ результатов по содержанию питательных элементов в период вегетации сои дает возможность заключить, что данный показатель оказывает весомое влияние на величину урожая. Урожайность сои на контроле при естественном фоне без удобрений составляет 21,2 ц/га (таблица 2).

Таблица 2 – Урожайность сои в зависимости от внесения минеральных удобрений, ц/га

Технология возделывания	Применение удобрений	Урожайность, ц/га	Прибавка в	
			ц/га	%
Традиционная	Контроль - без удобрений	21,2	-	-
	Нитрагин	23,0	1,8	8,5
	N ₃₀	22,9	1,7	8,0
	P ₆₀	23,5	2,2	10,4
Ресурсосберегающая	P ₆₀	25,3	4,2	19,8
	P ₆₀ K ₃₀	26,8	5,6	26,4
	N ₃₀ P ₆₀ K ₃₀	28,7	7,3	35,4
	НСР ₀₅ , ц/га = 1,73			

На этом фоне, когда семена сои перед посевом были обработаны нитрагином, урожайность сои повышается только на 1,8 ц/га. Внесение дозу азотного удобрения 30 кг действующего начало - N₃₀ не оказала существенного влияния на урожайность сои и дополнительная прибавка урожая составила всего лишь 1,7 ц/га. Соя хорошо реагирует на внесение фосфорных удобрений, особенно на фоне низкого содержания в почве подвижного фосфора, как в наших условиях исследований. При внесении фосфорных удобрений в норме P₆₀ урожайность сои повышается до 23,5 ц/га при обычной технологии. А на фоне обработки семян нитрагином при ресурсосберегающей технологии урожайность сои повышается до 25,3 ц/га, где прибавка составляет 19,8%. Применение нитрагина оказывает на симбиотическую активность, увеличивает количество и массу клубеньков на корнях растений сои, которые улучшают азотное питание посевов. Поэтому, в этом варианте при совместном внесении фосфорно-калийного удобрения урожайность сои повышается до 26,8 ц/га, что составляет 26,4%. Полное внесение удобрения

($N_{30}P_{60}K_{30}$) при изучаемой ресурсосберегающей технологии способствовало дополнительному повышению прибавки урожая на 7,3 ц/га, величина урожайности составила 35,4 ц/га.

Сравнительная оценка отзывчивости сои на уровень минерального питания показала, что в силу своих физиологических особенностей, соя отчетливо реагирует на изменения питательного режима почвы. При внесении фосфорных удобрений урожайность сои повышается от 2,2 до 7,5 ц/га. Таким образом, по результатам исследований доказано, что минеральные удобрения являются одним из главных факторов стабилизации экологического состояния почвы, обеспечивающие повышение продуктивности сои при ресурсосберегающей технологии возделывания в условиях орошения юго-востока Казахстана.

Экологическая оценка загрязнения почвы тяжелыми металлами при применении минеральных удобрений. Почва, как компонент биосферы весьма специфична, поскольку она выступает как буфер, контролирующий перенос химических элементов и соединений в атмосферу, гидросферу и живое вещество. Различные элементы, поступающие из разных источников, попадают в конечном итоге на поверхность почвы, и их дальнейшая судьба зависит от ее химических и физических свойств [12]. При анализе схем возделывания сельскохозяйственных культур в конце XX - и начале XXI - века выявляется, что применялись интенсивные технологии, с повышенными дозами минеральных удобрений. При возделывании сои по традиционной технологии для рекомендуемой дозы $N_{60}P_{180}K_{90}$ в данном случае были использованы сульфат аммония, суперфосфат и калийная соль.

Сульфат аммония ($(NH_4)_2SO_4$) - средняя соль серной кислоты, содержит до 21 % азота и до 24% серы. Сульфат аммония вносится в почву в качестве удобрений, по степени опасности являются умеренно опасными веществами по степени воздействия на организм, относятся к 3 классу опасности. Растения из внесенной нормы удобрения усваивают катион NH_4^+ сульфата аммония гораздо интенсивнее, чем анион SO_4^- так как азот требуется растениям в значительно большем количестве, чем сера. Этот процесс сопровождается разрушением содержащихся в почве соединений основного характера, что приводит к повышению ее кислотности, особенно заметному при длительном применении сульфата аммония на одних и тех же участках. Таким образом, сульфат аммония является типичным представителем физиологически кислых удобрений. При исследовании выяснялось, что

лугово-каштановая и темно-каштановая почвы имеют достаточную щелочную среду, поэтому сульфат аммония, который имеет кислую среду, считается наиболее оптимальным видом азотных удобрений. В составе сульфата аммония из тяжелых металлов содержатся: кадмий - не более 0,5 мг/кг (при ПДК_{п.з.} 0,01/0,005 мг/м³), кобальт - 5,0 мг/кг (0,05/0,01 мг/м³), мышьяк - не более 2,0 мг/кг (0,04/0,01 мг/м³), никель - не более 4,0 мг/кг (0,05 мг/м³), свинец - не более 32 мг/кг (0,01/0,005 мг/м³), медь - не более 33 мг/кг (1/05 мг/м³), цинк - не более 55 мг/кг.

Суперфосфат простой (Ca(H₂PO₄)₂) - высокоэффективное гранулированное фосфорное удобрение. Производится из апатитового концентрата, серной и фосфорной кислот и аммиака. Применяется для основного, предпосевного внесения, при посеве и в подкормку под все культуры на всех типах почв. Простой суперфосфат производится в трех марках. В них тяжелые металлы содержатся в следующих пределах: свинец (Pb) - не более 20 мг/кг, кадмий (Cd) - не более 0,5 мг/кг, мышьяк (As) - не более 2 мг/кг, хром (Cr⁶⁺) - не более 6 мг/кг. Известно, что в первый год из внесенных удобрений растениями используются около 30-50%, остальная часть остается в почве как последствия удобрений. Поэтому необходимо проводить мониторинг на содержание ТМ [13-15].

Согласно рекомендации для различных почвенно-климатических зон юго-востока Казахстана, на примере Алматинской области вносились минеральные удобрения под основную зяблевую вспашку путем разбрасывания из расчета 320-350 кг/га. При соотношении 1:3:2 доза видов минеральных удобрений соответствует следующей норме N₆₀P₁₈₀K₉₀, что считается достаточно высокой нормой для разновидности плодородной предгорной каштановой почвы.

С учетом вышеизложенного, была проведена сравнительная оценка влияния применения четырех вариантов внесения минеральных удобрений при обычной и ресурсосберегающей технологиях возделывания сои на содержание тяжелых металлов (ТМ). При обычной технологии возделывания сои изучен абсолютный контрольный вариант без удобрений и N₆₀P₁₈₀K₉₀ рекомендуемая доза для зоны исследований. При ресурсосберегающей технологии возделывания сои внесение фосфорных удобрений в норме P₆₀, P₆₀K₃₀ и полное N₃₀P₆₀K₃₀. При этой технологии семена сои обрабатывались «Нитрагином». По результатам исследований содержание ТМ в 0-20 см слое почвы было различным по изучаемым вариантам. При традиционной технологии без внесения минеральных удобрений почва характеризуется низким содержанием

практически всех тяжелых металлов, в особенности меди - 0,123 мг/кг и цинка - 0,422 мг/кг, что соответственно в 24,4 и 54,5 раз ниже уровня ПДК, которая равно 3,0 и 23,0 мг/кг. Это связано с отсутствием вносимых минеральных удобрений и количеством осадков, что оказывает влияние как на распределение исследуемых элементов по профилю почвы, так и на интенсивность поглощения и вынос их растениями. Необходимо также отметить тенденцию некоторого повышения содержания ТМ в 0-20 см слое почвы на вариантах внесения минеральных удобрений ресурсосберегающей технологии. Особенно обращает на себя внимание повышенное содержание тяжелых металлов в 0-20 см слое почвы при внесении $N_{60}P_{180}K_{90}$ - рекомендуемой дозы для зоны исследований. При длительном внесении такой дозы удобрений содержание Cr в этом слое повышается от 0,586 до 2,78 мг/кг почвы (таблица 3).

Таблица 3 – Влияние минеральных удобрений на содержание тяжелых металлов в 0-20 см слое почвы в зависимости от технологии возделывания сои

Тяжелые металлы	При традиционной технологии		При ресурсосберегающей технологии		ПДК, мг/кг
	без удобрений	$N_{60}P_{180}K_{90}$	$P_{60}K_{30}$	$N_{30}P_{60}K_{30}$	
Cr	0,58	2,78	0,54	0,62	6,0
Pb	0,49	2,34	0,514	0,539	6,0
Zn	0,422	0,46	0,377	0,462	23,0
Cu	0,123	0,37	0,125	0,209	3,0
Cd	0,049	1,18	0,62	0,85	20,0

По характеру накопления исследованных ТМ в лугово-каштановой почве можно отметить, что содержание Pb колеблется от 0,49 до 2,34 мг/кг, Zn - 0,422-0,46 мг/кг, Cu менялось в пределах 0,123-0,37 мг/кг, Cd - 0,049-1,18 мг/кг почвы и было значительно ниже ПДК в 17,6; 50,0; 8,1; 16,9 раз соответственно. Таким образом, по содержанию в слое 0-20 см почвы при традиционной технологии на варианте без удобрений ТМ образуют ряд в порядке убывания: Cr>Pb>Zn> Cu>Cd. Иная картина складывается при внесении полного набора минеральных удобрений с достаточно завышенными дозами ($N_{60}P_{180}K_{90}$), где ряд по содержанию ТМ выглядит в следующем порядке Cr>Pb> Cd>Zn>Cu. В распределении Cd по профилю почвы наблюдалась следующая закономерность: наибольшее количество Cd отмечено в пахотном горизонте в слое 0-20 см - 0,62-0,85 мг/кг на варианте с применением

$P_{60}K_{30}$ и полного набора минеральных удобрений - $N_{30}P_{60}K_{30}$ при почвоохранной плоскорезной обработке почвы. Наибольшее содержание Cd – 0,54-0,62 мг/кг в вариантах применения минеральных удобрений ($P_{60}K_{30}$ и $N_{30}P_{60}K_{30}$) при ресурсосберегающей технологии намного ниже уровня ПДК (т.е. в 11,1 и 9,7 раз). На этом же варианте содержания Cd было более завышенным и составляет 0,62 и 0,82 мг/кг, что, однако, ниже ПДК в 32,2 и 23,5 раз. Нужно отметить, что содержание в почве подвижной формы тяжелых металлов динамично во времени. Причины изменений могут быть разные, в большинстве случаев колебания объясняются возрастными изменениями растений в интенсивности поглощения химических элементов.

Выводы. Научно-обоснованное применение минеральных удобрений при выращивании сои не приводит к накоплению содержания тяжелых металлов в пахотном слое почвы. Полученные данные показали, что при ресурсосберегающей технологии возделывания сои внесение минеральных удобрений в дозе ($P_{60}K_{30}$ и $N_{30}P_{60}K_{30}$) не оказывает существенного влияния на повышение содержания тяжелых металлов в почве. При ресурсосберегающей технологии с внесением $N_{30}P_{60}K_{30}$ складываются оптимальные питательные режимы, которые обеспечивают получение дополнительного урожая до 7,3 ц/га. При этом, в вариантах применения минеральных удобрений в дозе $P_{60}K_{30}$ и $N_{30}P_{60}K_{30}$ содержание ТМ значительно ниже ПДК, для Cd - в 9,7-11,1 раза, Pb - в 17,6 раз, Zn - в 50,0 раз, Cu - в 8,1 и Cd - в 16,9 раза, соответственно. Установлено, что применение минеральных удобрений в дозе $N_{30}P_{60}K_{30}$ под посевом сои не приводит к накоплению содержания тяжелых металлов в пахотном слое почвы.

Список литературы

1 Черников В.А., Алексахин Р.М., Голубев А.В. и др. Агроэкология /М.: Колос, 2000. - 536 с., [Chernikov V.A., Aleksakhin P.M., Golubev A.V. i dr. Agroekologiya /M.: Kolos, 2000. - 536 s.]

2 Filipova M. V. Methodological aspects of cumulative effects analysis in the evaluation of environmental impact Association Scientific and Applied Research 2012.- P.319-326.

3 Suleimenova N.Sh, Filipova Margarita, Zharaspayeva S.M. Environmental and economic problems of agro-ecosystem under agricultural intensification in conditions of southeastern Kazakhstan// Journal Scientific And Applied Research.-2014.- № 6.- P. 54-59.

4 Козыбаева Ф.Е. Прошлое, настоящее и будущее почвенной науки Республики Казахстан // Экологический курьер INT. 16-31 августа 2014.-

С. 5., [Kozybaeva F.E. Proshloe, nastoyashhee i budushhee pochvennoj nauki Respubliki Kazakhstan // EHkologicheskij kur'er INT. 16-31 avgusta 2014.- S. 5]

5 Козыбаева Ф.Е. Прошлое, настоящее и будущее почвенной науки Республики Казахстан // Экологический курьер INT. 1-15 августа 2014.- С. 5, [Kozybaeva F.E. Proshloe, nastoyashhee i budushhee pochvennoj nauki Respubliki Kazakhstan // EHkologicheskij kur'er INT. 1-15 avgusta 2014.- S. 5]

6 Черников В.А., Соколов О.А. Экологически безопасная продукция (системы получения экологически безопасной продукции) (интерактивный курс): Учебно-практическое пособие/ В.А. Черников, О.А. Соколов. М.:Изд-во РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева, 2010. -164 с., [CHernikov V.A., Sokolov O.A. EHkologicheski bezopasnaya produktsiya (sistemy polucheniya ehkologicheski bezopasnoj produktsii) (interaktivnyj kurs): Uchebno-prakticheskoe posobie/ V.A. CHernikov, O.A. Sokolov. M.:Izd-vo RGAU-MSKHA imeni K.A. Timiryazeva, 2010. -164 s.,]

7 Селицкий С.А. Ресурсосберегающая технология возделывания сои при орошении в условиях Ростовской области: диссертация ... кандидата сельскохозяйственных наук: 06.01.02.- Новочеркасск, 2002.- 214 с., [Selitskij S.A. Resursosberegayushhaya tekhnologiya vzdelyvaniya soi pri oroshenii v usloviyakh Rostovskoj oblasti: dissertatsiya ... kandidata sel'skokhozyajstvennykh nauk: 06.01.02.- Novocherkassk, 2002.- 214 s]

8 Гутриц Л.С. Рациональные режимы орошения и удобрения сои в центральной зоне Кубани: диссертация...канд. с.-х. наук: 06.01.02 Новочеркасск, 2007.- 197 с. , [Gutrits L.S. Ratsional'nye rezhimy orosheniya i udobreniya soi v tsentral'noj zone Kubani: dissertatsiya...kand. s.-kh. nauk: 06.01.02 Novocherkassk, 2007.- 197 s.]

9 Сулейменова Н.Ш., Райымбекова И.К. Экологические и экономические аспекты ресурсосберегающей технологии сои. Ж. «Исследования, результаты», Алматы, №4 (052), 2011. - С. 107-111., [Sulejmenova N.SH., Rajymbekova I.K. EHkologicheskie i ehkonomicheskie aspekty resursosberegayushhej tekhnologii soi. ZH. «Issledovaniya, rezul'taty», Almaty, №4 (052), 2011. - S. 107-111]

10 Сулейменова Н.Ш., Жараспаева С.М., Абилдаев Е.С. Минимальная обработка почвы как прием ресурсосберегающей технологии возделывания сои // Матер. межд. науч.-практ. конф. «Новая стратег научно-образ.Приор. в контексте развития АПК», посвящ. 85 л-ю КазНАУ.- Алматы, 2015.-Т.2. - С 97-101., [Sulejmenova N.SH., ZHaraspaeva S.M., Abil'daev E.S. Minimal'naya obrabotka pochvy kak priem resursosberegayushhej tekhnologii vzdelyvaniya soi // Mater. mezhd. nauch.-prakt. konf. «Novaya strateg nauchno-obraz.Prior. v kontekste razvitiya APK», posvyashh. 85 l-yu KazNAU.- Almaty, 2015.-Т.2. - S 97-101]

11 Райымбекова И.К. Возделывание сои в Казахстане. Материалы международной научно-практической конференции «Агроенеркәсіп кешенінің индустриалды-инновациялық дамуы; қазіргі жағдайы және келешегі», посвященной 80-ти летию КазНАУ. Алматы, «Агроуниверситет»- 2010. - С. 202-203., [Rajymbekova I.K. Vozdelyvanie soi v Kazakhstane. Materialy mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoy konferentsii «Agroenerkәсіp kesheniniң industrialdy-innovatsiyalық damuy; қазіргі zhardajy zhәne keleshegi», posvyashhennoj 80-ti

letiyu KazNAU. Almaty, «Agrouniversitet»- 2010. - S. 202-203]

12 Почвенные карты. – Чиликского, Эмбекши-Казахского, Талгарского районов, М 1:100000, 2018 г., [Pochvennyye karty. – CHilikskogo, EМnbekshi-Kazakhskogo, Talgarskogo rajonov, M 1:100000, 2018 g]

13 *Клебанович Н.В., Ефимова И.А., Прокопович С.Н.* Почвы и земельные ресурсы Казахстана: учеб. материалы для студентов спец. 1-56 02 02 «Геоинформационные системы» / Минск: БГУ, 2016. – 46 с., [Klebanovich N.V., , Efimova I.A., Prokopovich S.N. Pochvy i zemel'nyye resursy Kazakhstana: ucheb. materialy dlya studentov spets. 1-56 02 02 «Geoinformatsionnye sistemy» / Minsk: BGU, 2016. – 46 s]

14 *Алексеев Ю.В.* Тяжёлые металлы в агроландшафте / Ю.В. Алексеев. – СПб.: Изд-во ПИЯФ РАН, 2008. -216 с., [Alekseev YU.V. Tyazhyolye metally v agrolandshafte / YU.V. Alekseev. – SPb.: Izd-vo PIYAF RAN, 2008. -216 s]

15 *Возна, Л. И.* Почвы и удобрения / Л.И. Возна. - М.: Кладезь, Кладезь, 2015. - 222 с., [Vozna, L. I. Pochvy i udobreniya / L.I. Vozna. - M.: Kladez', Kladez', 2015. - 222 s]

Ахметова Сауле Оспандияровна - кандидат технических наук, доцент,
e- mail: sunrise_kz@mail.ru

Султангазиева Гулбарам Сапина - магистр почвоведение - агрохимия,
e- mail: gul-2012-61@mail.ru

М. Т. Баймуканов¹, К. Б. Исбеков², А. У. Шагилбаев¹,
Е. Рыскулов¹, А. М. Баймуканова¹

¹Институт гидробиологии и экологии, пос. Иргели, Казахстан

²Научно-производственный центр рыбного хозяйства, г. Алматы, Казахстан

ПРИРОДНЫЙ РЕЗЕРВАТ ДЛЯ СОХРАНЕНИЯ КАСПИЙСКОГО ТЮЛЕНЯ (*PUSA CASPICA*)

Аннотация. Цель исследований, проведенных в течение 2015-2020 гг., поиск и оценка местообитаний, распределения, численности, структуры залежек каспийского тюленя и оценка факторов беспокойства на них в периоды залегания. Приведены основные доводы для организации особо охраняемой природной территории (ООПТ), в казахстанской части Каспийского моря, в виде государственного природного резервата, связанного в одну сеть с существующими ООПТ. В составе резервата должны функционировать реабилитационные центры для больных, ослабленных и травмированных тюленей. В данную сеть, на основе межгосударственных соглашений, могут быть включены в последующем и ООПТ других Прикаспийских стран, что послужит основанием для создания трансграничного резервата для сохранения популяции каспийского тюленя. Создание сети ООПТ будет способствовать постоянному и целенаправленному мониторингу всех Прикаспийских стран за состоянием каспийского тюленя – трансграничного вида, являющегося индикатором состояния экосистемы Каспийского моря.

Ключевые слова: каспийский тюлень, особо охраняемая природная территория, государственный природный резерват, залежка, лежбище, линька, размножение, сохранение.

• • •

Түйіндеме. 2015-2020 жылдар ішінде жүргізілген зерттеулердің мақсаты Каспий итбалығы шоғырларының мекендеу орындарын, таралуын, санын, құрылымын іздеу және бағалау және олар жатақтарда жатқан кезеңдерде оларға алаңдаушылық факторларын бағалау болды. Осы жұмыста қолданыстағы ЕҚТА-мен бір желіге байланысты Каспийдің қазақстандық бөлігінде мемлекеттік табиғи резерват түрінде ерекше қорғалатын табиғи аумақты (ЕҚТА) ұйымдастыру үшін негізгі дәлелдер келтірілген. Резерват құрамында ауру, әлсіреген және жарақаттанған итбалықтарға арналған Оңалту орталықтары жұмыс істеуі керек. Бұл желіге мемлекетаралық келісімдер негізінде кейіннен Каспий маңы елдерінің ЕҚТА-сы да енгізілуі мүмкін, бұл Каспий итбалығының

популяциясын сақтау үшін трансшекаралық резерват құруға негіз болады ЕҚТА желісін құру Каспий теңізі экожүйесінің жай – күйінің индикаторы болып табылатын Каспий итбалығының-трансшекаралық түрдің жай-күйіне барлық Каспий маңы елдерінің тұрақты және мақсатты мониторингінге ықпал ететін болады.

Түйінді сөздер: Каспий итбалығы, ерекше қорғалатын табиғи аумақ, мемлекеттік табиғи резерват, шоғыр, жатақ, түлеу, көбею, сақтау.

• • •

Abstract. The purpose of the research provided during 2015-2020 was the search and assessment of caspian seal's habitats, the number of haul-outs, its distribution and structure, as well as assessment of the disturbance factors during the hauling out periods. This work presents the main arguments for the organization of a specially protected natural area (SPNA) in the Kazakhstani part of the Caspian Sea in the form of a state nature reserve, connected in one network with the existing SPNA. There should be organized rehabilitation centers for sick, weakened and injured seals. In this network, on the basis of intergovernmental agreements, other Caspian countries' SPNAs can also be included in the future, which will serve as the basis for the creation of a transboundary reserve to preserve the population of the caspian seal. The creation of a network of protected areas will contribute to the constant and targeted monitoring of the status of the caspian seal in all the Caspian countries – a transboundary species that is an indicator of the state of the ecosystem of the Caspian Sea.

Keywords: caspian seal, specially protected natural area, state nature reserve, haul-out, rookery, moulting, breeding, preservation.

Введение. Каспийский тюлень (*Pusa caspica*) – единственное млекопитающее, эндемик Каспийского моря. Включен в Красный список МСОП как вид, находящийся под угрозой исчезновения [1]. Занесен в Перечень редких и находящихся под угрозой исчезновения видов животных Казахстана (Постановление Правительства Республики Казахстан от 9 ноября 2020 г. № 746). Аналогичный статус вид имеет и в других Прикаспийских странах. Прежде всего, негативно на состояние популяции тюленя повлиял неумеренный промысел, а также: загрязнение моря, накопление токсикантов в организме животных, приводящее к снижению иммунитета и, как следствие, к эпидемиям и увеличению бесплодия самок, развитие судоходства в местах островных и ледовых лежбищ, прилов в рыболовные сети [2]. До сих пор о современной численности популяции каспийского тюленя среди специалистов нет единого мнения – по разным оценкам, численность тюленей с начала XX века сократилась от 3-4 до 10 раз и составляет

от 100 до 270 тыс. особей. Легальный промысел на тюленя не ведется во всех прикаспийских странах с 90-х годов прошлого века, но серьезной угрозой выживанию вида представляет утрата основных местобитаний является прилов в рыболовные сети и браконьерство [3]. В настоящее время экологическая ситуация на Каспии нестабильна [4] и вызывает тревогу в связи с продолжающимся ростом антропогенного воздействия, регрессией моря, сокращением ледового покрова в Северном Каспии, что в совокупности создает неблагоприятные условия для жизни тюленей [5].

В 2007 г. на основе исследований Международной группы исследователей тюленей, проводимых совместно с казахстанскими учеными, и в рамках Каспийской экологической программы, был разработан План Действий по Охране Каспийского Тюленя [6], носящий рекомендательный для Прикаспийских стран характер. Среди основных мероприятий предлагалось создание сети особо охраняемых природных территорий, охватывающих места размножения на ледовых полях Северного Каспия, лежбища на суше и места нагула в море. Позже была проведена оценка возможности выделения таких территорий для казахстанской зоны моря, с учетом законодательных норм, потенциальных противоречий с интересами нефтегазового освоения шельфа Каспийского моря и развития рыбной промышленности [7]. Но о местах современного залегания тюленей на Каспии были к тому времени разрозненные сведения. Систематические исследования еще не были проведены, поэтому обоснованность выделения тех или иных территорий была недостаточна. Каспийский тюлень – животное полуводное, часть жизни морское млекопитающее проводят в воде, питаясь и мигрируя, а при размножении, линьке и предзимье образует залежки на льдах, прибрежных островах и мелях. Поэтому целью исследований, начатых в 2015 г., стал поиск и оценка местобитаний, распределения, численности, структуры залежек каспийского тюленя и оценка факторов беспокойства на них в периоды залегания. В итоге основным результатом к 2020 г. стала оценка значимости тех или иных районов в казахстанской части моря для существования каспийского тюленя. В настоящей работе предлагается рассмотреть основные доводы для организации ООПТ для сохранения исчезающего вида на основе имеющихся результатов исследований.

Материалы и методы. Методы поиска и оценки численности залежек тюленей изложены в следующих работах [8,9]. В настоящей работе приводятся учетные данные максимального количества одно-

временно залегающих животных в день на лежбищах. Авиачет проводился согласно установленному методу (Приказ Министра окружающей среды и водных ресурсов Республики Казахстан от 4 апреля 2014 г. № 104-Ө «Об утверждении Правил подготовки биологического обоснования на пользование животным миром»). На полуострове Тубкараган, островах Тюленьи и прилегающем мелководье в сентябре 2019 и 2020 гг. производилась оценка количества запутанных в брошенных рыболовных сетях трупов тюленей и их останков.

Результаты и обсуждение. Сохранение мест воспроизводства – одно из определяющих критериев создания особо охраняемых природных территорий. Каспийское море – частично замерзающий водоем, и ежегодно устойчивый ледовый покров образуется только в северной части. Хотя, в умеренно холодные зимы кромка льда может продвигаться на Средний Каспий приблизительно на уровень южной оконечности полуострова Тубкараган, а в исключительно суровые – образуется далее вдоль побережья, частично заходя и в южную часть моря. В мягкие зимы ледовый покров покрывает преимущественно восточную часть Северного Каспия. Стоит отметить, что потепление климата (за отрезок времени с 1941 по 1977 гг. температура воздуха над северной частью моря повысилась на 0,6—0,8°, а зимняя на 2°) отражается на ледовитости Северного Каспия, которая за период с 1941-1982 гг. уменьшилась на 11 %, [10], и эта тенденция сохраняется [11].

Каспийский тюлень – животное пагофильное, размножение и спаривание происходит на льдах. По результатам авиаучетов за 2005-2012 гг. районы размножения каспийского тюленя относительно ледовых условий представлены на рисунке 1 [12].



а) мягкая зима
(2006-2007 гг.)

б) умеренная зима
(2005-2006 гг.)

в) относительно суровая зима
(2011-2012 гг.)

Рисунок 1 – Районы размножения каспийского тюленя в различные по состоянию ледового покрова зимы (желтый цвет – район размножения, голубой цвет – ледовый покров)

В мягкую зиму тюлени концентрируются на самом востоке Северного Каспия. В умеренную – места размножения тюленей располагаются в районе Уральской Бороздины, к северо-востоку от границы между Северным и Средним Каспием. В более суровые зимы – расширяются в южном и западном направлении, но ограничиваясь в целом Северным Каспием. Таким образом, расположение зимних лежбищ тюленей имеет зависимость от площади ледового покрова, характерного для разных типов зим. Стоит также учесть, что в течение зимы под воздействием ветра происходит многократный взлом припая, подвижка льда, дрейф и образование полыней – обширных пространств чистой воды. Протяженность полыньи может достигать 200 км, а ширина от сотен метров до 20 км [13] (рисунок 2).

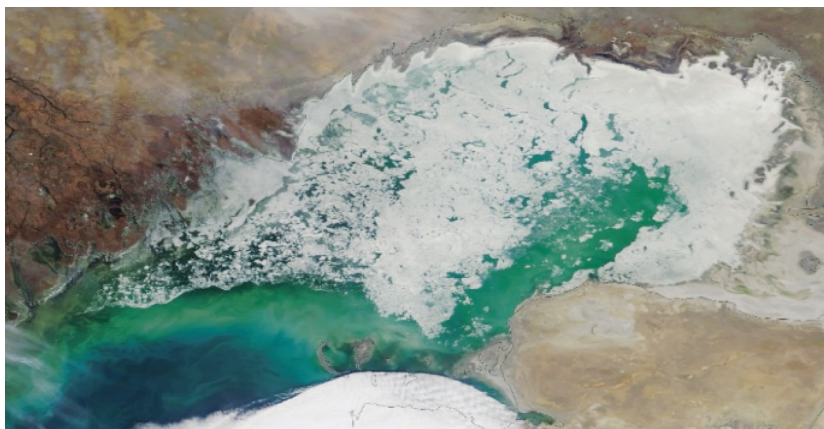


Рисунок 2 – Полынья в восточной части Северного Каспия
(Спутниковый снимок NASA Worldview от 12.02.2021)

Все указанные факторы, несомненно, затрудняют выбор особо охраняемой территории для сохранения мест воспроизводства тюленей на ледовых полях казахстанской части моря. По всей видимости, только район Уральской Бороздины может рассматриваться как наиболее постоянное место, где происходит размножение тюленей в умеренные и суровые зимы. Расширение добычи углеводородного сырья в Северном Каспии предполагает строительство искусственных островов и развитие зимнего судоходства для обслуживания инфраструктуры морских нефтегазовых разработок. Исследования показывают, что прохождение ледоколов вблизи зимних скоплений

тюленей приводит к разрушению льда в местах размножения, разлучению матерей и щенков, случается гибель тюленей при их столкновении с судами [14]. В целом, это негативно влияет на воспроизводство тюленей и, следовательно, увеличивает угрозу существования вида. Северный Каспий в пределах Казахстана относится к одному из видов особо охраняемых природных территорий республиканского значения – государственной заповедной зоне (Закон РК «Об особо охраняемых природных территориях»). Среди экологических требований при осуществлении хозяйственной и иной деятельности в заповедной зоне определено, что нефтяные операции должны осуществляться не ближе 1 морской мили от концентраций тюленей в период размножения – с октября по май месяцы (Экологический Кодекс РК). В экологическом законодательстве Казахстана заложена основа гибкого режима охраны зимних скоплений тюленей. Но для его реализации рекомендуется дополнить это требование необходимостью разработки и утверждения уполномоченным органом специального порядка осуществления указанной деятельности. В этом порядке должны быть учтены предварительная и периодическая авиаразведка, корректировка маршрутов движения судов, рассмотрение альтернативных сроков доставки грузов и других хозяйственных работ для снижения или исключения воздействия на воспроизводство каспийских тюленей.

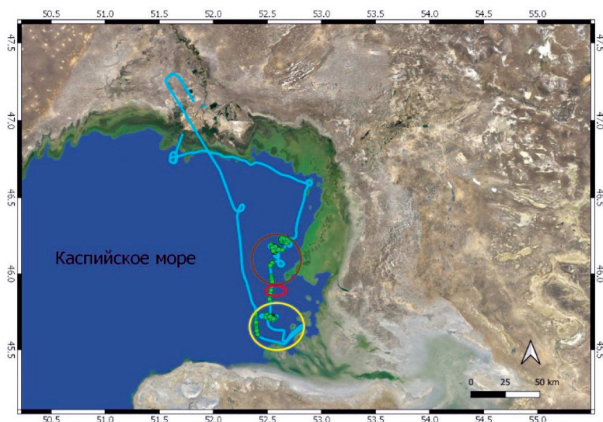
Сохранение мест весенних и осенних залежек тюленей должно стать также приоритетной задачей будущей особо охраняемой природной территории. После распаления льда тюлени продолжают линять, распределяясь на прибрежных островах. Крупные залежки тюлени образуют и осенью, когда после нагула в море вновь концентрируются на севере в преддверии образования ледового покрова. Архипелаг, раскинувшийся на севере залива Мангистау и состоящий из ряда островов: Кулалы, Морской, Рыбачий, Подгорный, Новый и Долгий не зря был назван Тюленьим, поскольку играл большую роль в качестве лежбищ каспийских тюленей. Залежки насчитывали сотни тысяч особей. Еще во второй половине XIX в. отмечалось, что в результате усиленного боя тюленей, развития рыболовства и судоходства у островов архипелага, последние все меньше и меньше посещаются тюленями [15]. С течением времени, указанные негативные антропогенные факторы не ослабевали, а, напротив, возрастали [16,17]. В итоге, в последний раз залежка численностью около 160 особей была зафиксирована осенью 2010 г. [9]. На побе-

режье острова Кулалы и полуострова Тубкараган, расположенного южнее архипелага острова Тюленьи, обнаруживается большое количество брошенных рыболовных сетей (приблизительно 786 кг/км²). Отметим, что значительная часть из них относится к сетям из мононитей (около 30 %) и крупноячеистым (около 44%), которые ставятся для незаконного отлова осетровых рыб [18]. Но именно они также наиболее губительны для тюленей, так как животные легко запутываются в такого рода сетях и/или погибают сразу, или носят сети или их обрывки на себе, что в впоследствии также приводит к гибели животных. Результаты обследования обнаруженных трупов и останков тюленей показывают, что рыболовные сети служат одной из основных причин их гибели.

Следовательно, ограничение или запрет рыболовства и судоходства у лежбищ может способствовать тому, что данные участки могут снова посещаться тюленями. Важно ввести ограничения на отлов рыб сетными орудиями лова, на первоначальном этапе – объявить запрет на применение крупноячеистых сетей и сетей из мононитей по всему Каспийскому морю. Конфликт с рыболовством при сохранении тюленей неизбежен. Ввиду этого рекомендуется проводить поиск эффективных методов и сроков селективного лова промысловых рыб для выпуска тюленей в живом виде при их прилове в орудия рыболовства. Исследования показали, что в казахстанской части Каспия наиболее крупные залежки тюленей образуются в последние годы только в северо-восточной части моря – у северных островов Дурнева, на морском участке Прорва и Ремонтных шалыгах [9]. Данные свидетельствуют, что места залегания в связи с регрессией моря смещаются вглубь северо-восточного участка Каспия на вновь образующиеся острова (рисунок 3). Авиачет, проведенный 8 марта 2020 г., показал наличие около 60 тысяч тюленей, залегавших именно на таких островках.

Результаты мечения продемонстрировали [19] (рисунок 4), что залив Кендишли лежит на путях миграций каспийского тюленя. В заливе располагаются небольшие островки, на которых залегали тюлени (рисунок 4). Это было уникальное лежбище, поскольку при миграции для размножения в осенний период с юга на север Каспия и в весенний после линьки – для нагула тюлени перемещались обратно и образовывали здесь скопления, насчитывающие сотни особей: в осенний период 2009 г. – до 700, 2016 г. – 479 особей [9]. Кендишлинское лежбище служило, по-видимому, своеобразным перевалочным пунктом

при миграциях – одни тюлени, отдохнув, отправлялись дальше в путь, освобождая место другим. Эти острова использовались весной и для линьки тюленей, присутствовали они на островах и в летнее время. Следовательно, залив Кендирли относится к важному местообитанию тюленей в Среднем Каспии. Косвенно это подтверждается и исследованиями кормовой базы рыб, служащих пищей для тюленей [20,21].



а)



б)

(а) – маршрут авиаучета с указанием участков моря, где обнаружены многочисленные залегания тюленей; желтый круг – Дурнева, красный – Прорва, коричневый – Ремонтные шалыги;
б) вновь образующиеся острова и шалыги – лежбища тюленей

Рисунок 3 – Места образования залежек тюленей в северо-восточной части Каспийского моря

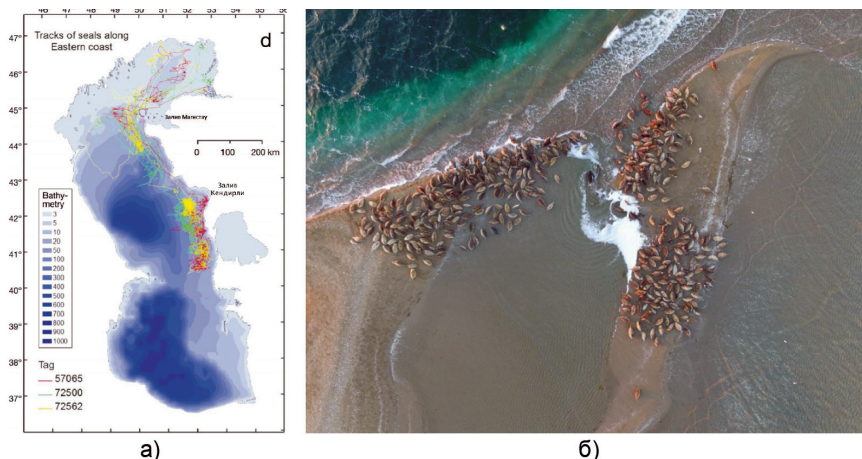


Рисунок 4 – Пути миграций каспийских тюленей (цветные линии) (а) [18], залежка тюленей на кендирлинском лежбище 4 октября 2016 г. (б).

Но начиная с осени 2018 г. тюлени на кендирлинском лежбище перестали залегать (за исключением весны 2019 г., когда зарегистрирована была всего 41 особь) из-за усилившегося воздействия со стороны рыбаков, охотников, диких туристов [22]. Кроме рыболовных сетей, преграждающих путь тюленям на лежбище, постоянное курсирование моторных лодок отпугивает животных во время миграций, препятствует образованию залежек тюленей. Наиболее действенной мерой для сохранения каспийских тюленей в казахстанской части Каспия рекомендуется создание государственного природного резервата (ГПР). Именно этот вид ООПТ, согласно законодательству Казахстана, предназначается не только для сохранения, но и для восстановления утраченных местообитаний и численности вида. При этом территория резервата подразделяется на две зоны – с заповедным режимом, где запрещается любая хозяйственная деятельность, и буферную, где могут быть сохранены и осуществляться различные формы хозяйственной деятельности с определенными ограничениями. К зоне с заповедным режимом могут быть отнесены те районы моря и острова, которые наиболее значимы для тюленей в периоды размножения и залегания, и в то же время могут не терять эту значимость в течение длительного времени при продолжающейся регрессии моря. К примеру, акватория Каспия на Уральской Бороздине, остров Кулалы и острова в заливе Кендирли.

В буферной зоне возможно проведение работ по восстановлению утративших свое былое значение лежбищ каспийских тюленей, где должны быть исключены рыболовство и судоходство во время залегания тюленей, в то же время должны проводиться работы по сбору рыболовных сетей, брошенных или утерянных рыбаками в море, а также выносимых на мелководные пространства у лежбищ. Особую важность приобретает строительство реабилитационных центров в составе ГПР для больных, ослабленных и травмированных тюленей, которых в популяции в настоящее время много. Хотя основной задачей реабилитации является забота о диких животных, реабилитологи также должны хорошо разбираться в законодательных нормах, которые влияют на их способность действовать на законных основаниях [23]. В экологическом и природоохранном законодательстве Казахстана до сих пор не заложены правовые основы, которые регулируют деятельность реабилитационных центров. Такое положение дел необходимо исправлять и совершенствовать законодательство в области охраны редких и находящихся под угрозой исчезновения видов животных.

Таким образом, учитывая, что лежбища тюленей распределены от Северного Каспия до Среднего, резерват рекомендуется организовать мозаичного типа, состоящего из различных пространственно-разделенных участков: в Северном Каспии – участок Прорва (объединяющий острова Дурнева, Прорва и Ремонтные шалыги) и острова Тюленьи, в Среднем Каспии – участок залива Кендирли с островами у косы Ада. Учитывая миграционные пути тюленей, необходимо также утвердить между этими участками экологический коридор, ограничивающийся в Среднем Каспии 200 м изобатой, с особым режимом хозяйственной деятельности, и связать с существующими ООПТ (с заповедной зоной Северного Каспия, с государственным природным резерватом «Акжайык», в одну сеть (рисунок 5). Принятие специальных Правил хозяйственной деятельности в заповедной зоне Северного Каспия позволит обеспечивать охрану мест зимнего залегания тюленей в гибком режиме. К сожалению, несмотря на то, что острова Зюйд-вестовые шалыги, располагающиеся в предустьевом пространстве р. Урал, входят в буферную зону ГПР «Акжайык», тюлени на них не залегают, что также связано с развитым на этом участке моря нелегальным ловом рыб и судоходством. На указанных островах ранее располагались многочисленные залежки и следует усилить охрану потенциального лежбища тюленей.

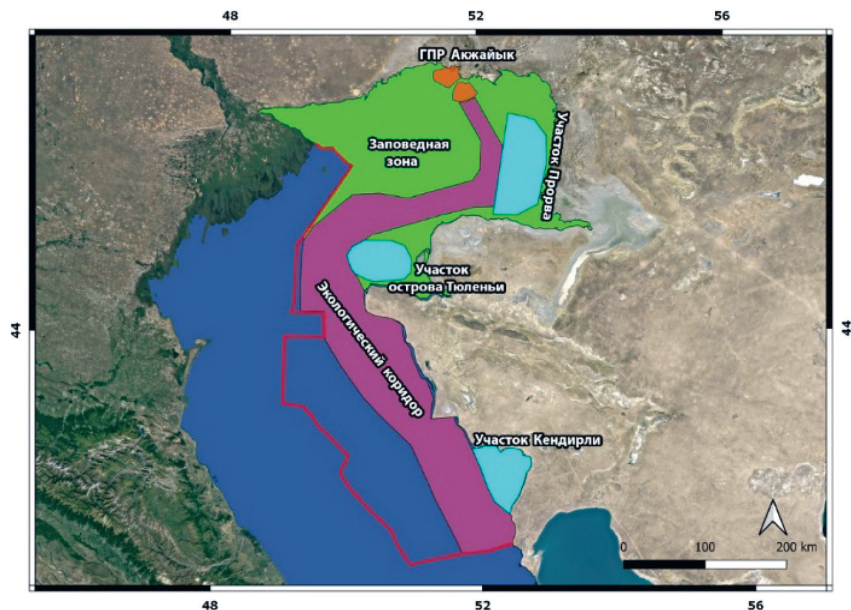


Рисунок 5 – Карта-схема рекомендуемой особо охраняемой природной территории для сохранения популяции каспийского тюленя в казахстанской части Каспийского моря

В данную сеть на основе межгосударственных соглашений могут быть включены в последующем и ООПТ других прикаспийских стран, что послужит основанием создания трансграничного резервата для сохранения популяции каспийского тюленя.

Выводы. Несомненно, что рекомендуемый государственный природный резерват в казахстанской части Каспия и сеть ООПТ, включая и экокоридоры, будут важны не только для сохранения одного вида – каспийского тюленя, но и сыграет роль для сохранения осетровых рыб, будет охватывать и водно-болотные угодья для охраны редких видов птиц и защищать в целом биоразнообразие Каспийского моря. Именно на основе этого резервата станет возможным организовывать экотуризм, центральным объектом которого станет уникальный вид Центрально-Азиатского региона – каспийский тюлень. И сохранение вида при восстановлении местообитаний и увеличения численности станет экономически оправдано [24]. Стоит особо подчеркнуть, что создание сети ООПТ будет способ-

ствовать постоянному и целенаправленному мониторингу [5] всех прикаспийских стран за состоянием каспийского тюленя – трансграничного вида, являющегося индикатором состояния экосистемы Каспийского моря. Настоящая статья основана на исследованиях Учреждения «Институт гидробиологии и экологии», проводимых совместно с Научно-производственным центром рыбного хозяйства РК по государственному заказу Министерства сельского хозяйства РК и Министерства экологии, геологии и природных ресурсов РК, а также по проекту сохранения каспийского тюленя, финансируемого ТОО «Тенгизшевройл».

Настоящая статья основана на исследованиях Учреждения «Институт гидробиологии и экологии», проводимых совместно с Научно-производственным центром рыбного хозяйства РК по государственному заказу Министерства сельского хозяйства РК и Министерства экологии, геологии и природных ресурсов РК (Грант №BR10264205), а также по проекту сохранения каспийского тюленя, финансируемого ТОО «Тенгизшевройл».

Список литературы

1 Goodman, S. & Dmitrieva, L. *Pusa caspica*. The IUCN Red List of Threatened Species 2016: e.T41669A45230700. <http://dx.doi.org/10.2305/IUCN.UK.2016-1.RLTS.T41669A45230700.en>. Downloaded on 11 August 2017.

2 Баймуханов М.Т. Как сохранить каспийского тюленя (*Pusa caspica*)? // Известия НАН РК Института биологии и биотехнологии растений. Серия Биологическая и медицинская 6(324). Алматы, 2017. - С.100-111., [Bajmukanov M.T. Kak sokhranit' kaspijskogo tyuleny (Pusa caspica)? // Izvestiya NAN RK Instituta biologii i biotekhnologii rastenij. Seriya Biologicheskaya i meditsinskaya 6(324). Almaty, 2017. - S.100-111]

3 Сволкина Л., Ермолин И.В., Суворков П. Э., Холмс Д., Гудман С. Количественная оценка смертности тюленей в ННН-промысле Каспийского водного бассейна и объём нелегального рынка продуктов из дериватов каспийского тюленя, реализуемых через потребительские сети // Сборник тезисов XI-ой Международной конференции «Морские млекопитающие Голарктики». - 2021. - С.83., [Svolkinas L., Ermolin I.V., Suvorkov P. E.H., KHolms D., Gudman S. Kolichestvennaya otsenka smertnosti tyulenej v NNN-promysle Kaspijskogo vodnogo bassejna i ob»yom nelegal'nogo rynka produktov iz derivatov kaspijskogo tyuleny, realizuemykh cherez potrebitel'skie seti // Sbornik tezisov XI-oj Mezhdunarodnoj konferentsii «Morskije mlekopitayushhie Golarktiki». - 2021. - S.83]

4 Шустов А.И., Огарь Н.П., Кысыков В.А., Попов Н.Н., Горбунова Н.Ф. необходимости разработки концепции глобальных экологических проблем Каспийского моря // Новости науки Казахстана. № 4 (142). – 2019. - С.201-

214., [SHustov A.I., Ogar' N.P., Kysykov V.A., Popov N.N., Gorbunova N.F. neobkhodimosti razrabotki kontseptsii global'nykh ehkologicheskikh problem Kaspijskogo morya//Novosti nauki Kazakhstana. № 4 (142). – 2019. - S.201-214]

5 Баймуканов М.Т. О перспективах развития учета численности, мечения и сопутствующих прижизненных исследований каспийских тюленей (*Pusa caspica*)//Сборник научных трудов Научно-производственного центра рыбного хозяйства. Алматы. – 2019. – С. 188-197., [Bajmukanov M.T. O perspektivakh razvitiya ucheta chislennosti, mecheniya i sopushtvuyushhikh prizhiznennykh issledovaniy kaspijskikh tyulenej (*Pusa caspica*)//Sbornik nauchnykh trudov Nauchno-proizvodstvennogo tsentra rybnogo khozyajstva. Almaty. – 2019. – S. 188-197.]

6 План Действий по охране каспийского тюленя//Каспийская Экологическая Программа. - 2007. - 15 с., [Plan Dejstvij po okhrane kaspijskogo tyuleny//Kaspijskaya EHkologicheskaya Programma. - 2007. - 15 s.]

7 Тимирханов С. Р. Создание ООТ по сохранению каспийского тюленя в Казахстане//Астраханский вестник экологического образования. №1 (19). 2012. - С. 117-124., [Timirkhanov S. R. Sozdanie OOT po sokhraneniyu kaspijskogo tyuleny v Kazakhstane//Astrakhanskij vestnik ehkologicheskogo obrazovaniya. №1 (19). 2012. - S. 117-124]

8 Баймуканов М. Т., Жданко Л. А., Баймуканов Т. Т., Дауенев Е. С., Рыскулов С. Е., Баймуканова А. М. Метод учета и определения линейных размеров каспийских тюленей (*Pusa caspica*) на лежбищах с помощью мультикоптеров// Зоологический журнал – 2020. - Т. 99.- № 2. - С. 215–222., [Bajmukanov M. T., Zhdanko L. A., Bajmukanov T. T., Dauenev E. S., Ryskulov S. E., Bajmukanova A. M. Metod ucheta i opredeleniya linejnykh razmerov kaspijskikh tyulenej (*Pusa caspica*) na lezhbishhakh s pomoshh'yu mul'tikopterov//Zoologicheskij zhurnal. – 2020. - Т. 99.- № 2. - S. 215–222.,]

9 Баймуканов М.Т., Баймуканова А.М., Баймуканов Т.Т., Искеков К.Б., Дауенев Е.С., Рыскулов С.Е. Результаты учета численности каспийских тюленей (*Pusa caspica*) на островных залежках в казахстанской зоне Каспийского моря в 2015–2018 гг.// Сборник тезисов «Морские млекопитающие Голарктики», посвященная памяти А.В. Яблокова. – 2020. – Т. 2. – С. 48-59., [Bajmukanov M.T., Bajmukanova A.M., Bajmukanov T.T., Isbekov K.B., Dauenev E.S., Ryskulov S.E. Rezul'taty ucheta chislennosti kaspijskikh tyulenej (*Pusa caspica*) na ostrovnykh zalezhhkakh v kazakhstanskoj zone Kaspijskogo morya v 2015–2018 gg.// Sbornik tezisov «Morskie mlekopitayushhie Golarktiki», posvyashhennaya pamyati A.V. Yablokova. – 2020. – Т. 2. – S. 48-59]

10 Каспийское море: Гидрология и гидрохимия. - М.: Наука, 1986. - С. 111-117., [Kaspijskoe more: Gidrologiya i gidrokhimiya. - M.: Nauka, 1986. - S. 111-117]

11 Ежегодный бюллетень мониторинга изменения климата Казахстана: 2014// Республиканское государственное предприятие «Казгидромет». Астана, 2015.- 53 с.

12 Дмитриева Л.Н., Баймуканов М.Т., Касымбеков Е.Б., Вилсон С., Гу-

дман С. Распространение каспийского тюленя//Атлас Атырауской области. Алматы, 2014. - С. 94-95., [Dmitrieva L.N., Bajmukanov M.T., Kasymbekov E.B., Vilson S., Gudman S. Rasprostranenie kaspjiskogo tyuleny//Atlas Atyrauskoj oblasti. Almaty, 2014. - S. 94-95]

13 Бухаринцев П.И. Исследования каспийских льдов. – 2019. – 122 с.

14 Wilson, S., Trukhanova I., Dmitrieva L., Dolgova E., Crawford I., and Baimukanov M., Baimukanov T., Ismagambetov B., Pazyzbekov M., Jussi M., and Goodman S. Assessment of impacts and potential mitigation for icebreaking vessels transiting pupping areas of an ice-breeding seal. Biological Conservation. – 2017. - Vol. 214. P. 213-222.

15 Карелин Г. С. [Путешествия Г.С. Карелина по Каспийскому морю]. Записки имп. рус. геогр. о-ва по общей географии - СПб. Тип. Имп. Акад. Наук. - 1883. – т. 10. -VI - 497 с.

16 Бадамшин Б.И. 1950. Некоторые данные об островных залежках тюленя в северном Каспии// Труды каспийского бассейнового филиала ВНИРО, Астрахань. Т. XI, Астрахань. – 1950. - С. 201-221.

17 Бадамшин Б.И. Биология и промысел каспийского тюленя//Рыбные ресурсы водоемов Казахстана и их использование. – 1966. - Вып.5. С. 94-124.

18 Отчет о научно-исследовательской работе «Сохранение популяции каспийского тюленя. Сбор брошенных рыболовных сетей и морского мусора». Иргели, 2019. - 92 с.

19 Dmitrieva L., Jüssi M., Jüssi I., Kasymbekov Y., Verevkin M., Baimukanov M., Wilson S., Goodman S. Individual variation in seasonal movements and foraging strategies of a land-locked, ice-breeding pinniped. Marine Ecology Process Series. – 2016. - Vol. 554. P. 241–256.

20 Баймуканова Ж.М. Зообентос мелководной зоны залива Кендирили (Средний Каспий)//Понт Эвксинский – 2019. Материалы XI Всероссийской научно-практической конференции молодых ученых по проблемам водных экосистем. Севастополь, 2019. - С.15-16., [Bajmukanova ZH.M. Zoobentos melkovodnoj zony zaliva Kendirli (Srednij Kaspij)//Pont EHvksinskij – 2019. Materialy XI Vserossijskoj nauchno-prakticheskoj konferentsii molodykh uchenykh po problemam vodnykh ehkosistem. Sevastopol', 2019. - S.15-16]

21 Баймуканова Ж.М. Зообентос глубоководной зоны залива Кендирили (Средний Каспий)//Материалы международной научной конференции студентов и молодых ученых «Фараби Әлемі».Алмат, 2020. - С. 21., [Bajmukanova ZH.M. Zoobentos glubokovodnoj zony zaliva Kendirli (Srednij Kaspij)//Materialy mezhdunarodnoj nauchnoj konferentsii studentov i molodykh uchenykh «Farabi Әлемі».Almat, 2020. - S. 21]

22 Баймуканова А., Жданко Л., Баймуканов Т., Баймуканов М. Сохранение лежбища каспийского тюленя (*Pusa caspica*) в заливе Кендирили//Сборник тезисов IX Международной конференции «Морские млекопитающие Голарктики». Астрахань, 2016 - С. 8., [Bajmukanova A., ZHdanko L., Bajmukanov T., Bajmukanov M. Sokhranenie lezhbishha kaspjiskogo tyuleny (Pusa caspica)

v zalive Kendirli//Sbornik tezisov IX Mezhdunarodnoj konferentsii «Morskie mlekopitayushhie Golarktiki». Astrakhan', 2016 - S. 8]

23 Johnson A.N. Detailed Discussion of Wildlife Rehabilitation Laws// Animal Legal & Historical Center, 2012 - / <https://www.animallaw.info/article/detailed-discussion-wildlife-rehabilitation-laws>

24 Баймуканов М.Т., Баймуканова А.М., Рыскулов С.Е., Исбеков К.Б., Асылбекова С.Ж. Пути сохранения кендирлинского лежбища и развития экологического туризма на основе наблюдений за каспийскими тюленями (Pusa caspica)//Информационно-аналитический журнал «Эко сфера». г.Усть-Каменогорск, 2020 г - № 4.- С. 37-40., [Bajmukanov M.T., Bajmukanova A. M., Ryskulov S. E., Isbekov K. B., Asylbekova S. Zh. Puti sokhraneniya kendirlinskogo lezhbishha i razvitiya ehkologicheskogo turizma na osnove nablyudenij za kaspijskimi tyulenyami (Pusa caspica)//Informatsionno-analiticheskij zhurnal «ENko sfera». g.Ust'-Kamenogorsk, 2020 g - № 4.- S. 37-40]

Баймуканов М.Т. – кандидат биологических наук, institute_he@ihe.kz
Исбеков К.Б. – кандидат биологических наук, ассоциированный профессор (доцент), isbekov@mail.ru
Шагилбаев А.У. – младший научный сотрудник, a_shagilbayev@ihe.kz
Рыскулов С.Е. – специалист по информационным технологиям и анализу, s_ryskulov@ihe.kz
Баймуканова А.М. – научный сотрудник, a_baimukanova@ihe.kz

Г.М. Изтлеуов¹, Б. Шынғысбаев¹, Е.Амирбеков²,
А.А. Абдуова², А.Досбаева²

¹Шымкент университеті, Шымкент қ., Қазақстан

²Оңтүстік Қазақстан мемлекеттік университеті. М. Әуезов,
Шымкент қ., Қазақстан

БАЛДЫРЛАРДЫҢ БИОСОРБЦИЯЛЫҚ ҚАСИЕТІ

Түйіндеме. Мақалада кәдімгі хара балдырды пайдаланып қоршаған ортадағы ауыр металдармен болған ластануды биосорбциялау қасиеті жан-жақты зерттелді. Кәдімгі хара балдыр (*Ch. vulgaris* L.) – орташа температуралы су ортасында, арна жағалауындағы таяз суларды мекендейтін, жоғары сатылы өсімдіктермен бірге доминантты қауымдастықты құрайтын гидрофиттік өсімдік. Өсімдіктің вегетативтік массасының басым бөлігі су ортасына батып өседі. Балдырларды пайдаланып, құрамында металл иондары бар ластанған ағынды суларды тазалау дәрежесіне ерітіндідегі ауыр металдардың концентрациясы, балдырдың салмағының, тәжірибе жүргізу ұзақтығының әсері зерттелді. Бұл әдістің көптеген басқа әдістермен салыстырғанда артықшылықтары бар: балдырларды пайдаланып, ағызынды суларды тазалау әдісі ешқандай электр энергиясын, реагенттерді, күрделі аппаратураларды қажет етпейді. Тәжірибе кезінде ластанған су қосымша реагенттермен ластанбайды, металды тұнбаға түсіру, бөліп алуды керек етпейді, қосымша өнім шлам түзілмейді.

Түйінді сөздер: балдыр, биосорбция, хром ионы, ластанған су, тазарту дәрежесі, ауыр металдар.

• • •

Аннотация. В статье рассмотрены и исследованы биосорбционные свойства загрязненных тяжелыми металлами через окружающую среду водорослей *Ch. Vulgaris* L.. Водоросли *Ch. Vulgaris* L. - гидрофитные растения, обитающие на мелководье канала в среднетемпературной водной среде, образующие доминирующее сообщество с высшими растениями. Большая часть вегетативной массы растения произрастает в водной среде. Изучено влияние на степень очистки от ионов тяжелых металлов таких параметров как: концентрация тяжелых металлов в растворе, массы водорослей, продолжительности эксперимента. В конце исследования определены оптимальные параметры очистки сточных вод от ионов тяжелых металлов. Предложенный биологический метод имеет преимущества перед многими другими методами: метод очистки сточных вод с использованием водорослей не требует расхода электроэнергии, реагентов, сложного оборудования, в процессе эксперимента загрязненная вода не загрязняется дополнительными реагентами, не требует осаждения металла, отделения металлов и продукта.

Ключевые слова: водоросли, биосорбция, ион хрома, загрязненная вода, степень очистки, тяжелые металлы.

Abstract. The article considers and studies the biosorption properties of the algae *Ch. Vulgaris L.* polluted with heavy metals in the environment.. Algae *Ch. Vulgaris L.*-hydrophytic plants that live in the shallow water of the channel in a medium-temperature water environment, forming a dominant community with higher plants. Most of the vegetative mass of the plant grows in an aquatic environment. The influence of such parameters as the concentration of heavy metals in the solution, the mass of algae, and the duration of the experiment on the degree of purification from heavy metal ions was studied. At the end of the study, the optimal parameters of wastewater treatment from heavy metal ions were determined. The proposed biological method has advantages over many other methods: the method of wastewater treatment using algae does not require electricity, reagents, complex equipment, during the experiment, the contaminated water is not contaminated with additional reagents, does not require metal deposition, separation of metals and products.

Keywords: algae, biosorption, chromium ion, polluted water, degree of purification, heavy metals.

Кіріспе. XX ғасырда – үлкен ғылыми техникалық революция ғасырында, өндірістің өсу қарқыны жоғары болғанда, сыртқы ортаның ластануы глобальды масштабты алып, үлкен экологиялық проблемаларды туғызып отыр. Қоршаған ортаның: ауаның, топырақтың ластанып, сулар өнеркәсіптердің әсерінен өте қатты ластанып жатыр. Фототрофты өсімдіктер сияқты балдырлар органикалық емес заттардан органикалық заттар жасайды да су жануарлар дүниесінің алғашқы қорегі және панасы болып табылады. Фотосинтез процесі кезінде бөлініп шыққан оттегін су организмдері тыныс алу үшін пайдаланады [1-3]. Топырақтағы кейбір көк-жасыл балдырлар сақырауқұлақпен селбесіп балдыр түзеді. Ол басқа өсімдік өспейтін жартастарды мекендеп, онда шірінділер түзіліп, келешекте басқа өсімдіктердің сол жерге таралуына мүмкіндік береді. Сондықтан олар өсімдіктердің «пионерлері» болып есептеледі. Кейбір топырақта кездесетін көк-жасыл балдырлардың күріш өндіру шаруашылығында маңызы ерекше. Олар ауадағы азотты бойына сіңіріп, топырақты азот тұздарымен байытып, өсімдіктің қабылдауына қолайлы етеді. Сонымен қатар, ассимиляция кезінде өсімдіктің өсуіне қажетті оттегін бөліп шығарады. Егер күріш даласына су жайылған кезде балдыр болмаса, азрацияның нашарлауы нәтижесінде күріш түрлі ауруларға бейім келеді және өнімді нашар береді (К.Мусаев, 1960).

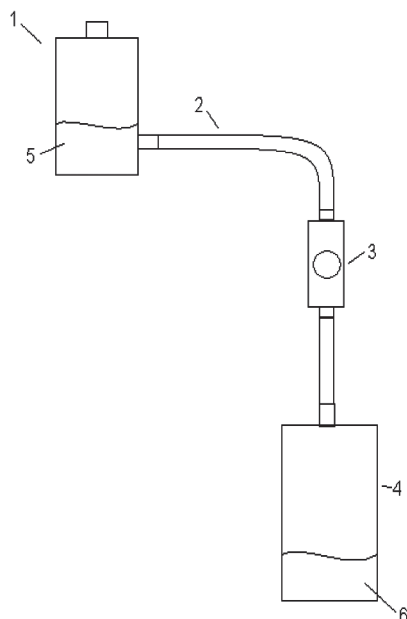
Эксперимент жүргізу методикасы. Құрамында хром (VI) иондары бар ағынды суды биологиялық әдіспен тазалауды жүргізу үшін лабораториялық жағдайда 1-суретте көрсетілген қондырғыны жинадық. Бұл

қондырғы құрамында алты элементі бар: 1-ішінде ластанған суы бар ыдыс, 2-түтік, 3-ішінде балдыр орналасқан ыдыс, 4-ішінде тазартылған суы бар ыдыс, 5-құрамында металл иондары бар ерітінді, 6- металл иондарынан тазартылған ерітінді. Осы қондырғының бірінші ыдысына жасанды жолмен дайындалған, құрамында металл иондарының 5-100 мг/л аралығында концентрациясы бар ерітіндіні орналастырдық. Табиғи жағдайда өндірістен шыққан ағынды сулардың құрамында металл концентрациясы болғандықтан, осындай ерітінді дайындалды. Дайындалған ерітіндіні бірінші ыдысқа құйып, нәтижесінде алынған ерітіндіні түтік арқылы (2) ішінде балдырлар орналасқан ыдыстан өткіздік. Осы балдыры бар ыдыстан өткізілген тазартылған ерітінді келесі ыдысқа (4) келіп құйылады да ерітіндідегі металл иондарына анализ жасалады.

Анализдің методикасы. Ерітіндідегі металдардың концентрациясы полярографиялық әдіспен анықталды. Полярографиялық анықтаулар жүргізу үшін, анықталатын заттың депольаризациясы жүзеге асатын электрод – микроэлектрод болғаны жөн. Бұл, жоғары ток тығыздығымен және максималды концентрациялық поляризациямен қамтамасыз етеді. Келесі қарсы электрод керісінше, үлкен беттік ауданға ие болуы керек. Бұл кезде концентрациялық поляризация тежеліп, системадағы ток тек катодтағы электрохимиялық құбылыстарға ғана тәуелді болады. Микроэлектрод ретінде беттік ауданы кішкентай, кез келген электродты, мысалы, қалыпты потенциалы $E_{Me}^{0\ n+}/Me$ жоғары мәнге ие болатын, металдан жасалып, жан-жағы изоляцияланған металл сымның ұшы пайдаланылады. Мұндай металл микроэлектродтармен салыстырғанда, тамшылайтын сынап электроды өте көп жетістіктерге ие. Қатты металдардан өлшемдері және беттік жағдайы бірдей екі электродты жасау іс жүзінде мүмкін емес. Сынап тамшысы диаметрі бірдей екі капиллярдан тамғанымен, олардың беттік аудандары бірдей болады. Сол себептен тамшылайтын сынап электроды полярографияда кеңінен қолданылады. Анықталған металдардың концентрациясын тазалауға дейінгі және кейінгі концентрациясын есепке ала отырып тазалану дәрежесін анықтайды:

$$\alpha = \frac{C_1}{C_2} * 100 \%$$

α - тазалану дәрежесі, %; C_1 - тазалануға дейінгі хром (VI) иондарының ерітіндідегі мөлшері, мг/л; C_2 - тазаланудан кейінгі хром (VI) иондарының ерітіндідегі мөлшері, мг/л.



(1-ішінде ластанған суы бар ыдыс, 2 - түтік, 3 - ішінде балдырлар орналасқан ыдыс, 4 - ішінде тазартылған суы бар ыдыс, 5 - құрамында хром (VI) иондары бар ерітінді, 6 - хром (VI) иондарынан тазартылған ерітінді)

1 Сурет – Құрамында металдары бар ағынды суларды балдырларды биологиялық сорбент ретінде қолдана отырып тазалау.

Негізгі нәтижелер мен талқылаулар. Кәдімгі хара балдыр (*Ch. vulgaris L.*) – орташа температуралы су ортасында, арна жағалауындағы таяз суларды мекендейтін, жоғары сатылы өсімдіктермен бірге доминантты қауымдастықты құрайтын гидрофиттік өсімдік. Өсімдіктің вегетативтік массасының басым бөлігі су ортасына батып өседі. Түсі қанық жасыл, кейде қылаң жасыл болып кездеседі. Өзіне тән жағымсыз иісі бар, түрі өзгерген талломдары ұзын және топтамалы түрде орналасқан, қылқан жапырақтарды еске салады. Ағымы баяу және таяз суларда кәдімгі хара балдыр (*Ch. vulgaris L.*) жаппай, бір шаршы метрге шаққанда $3,5-4,5 \pm 0,32$ кг биомасса түзеді. Кәдімгі хара балдыр (*Ch. Vulgaris L.*), сизаро тәріздес сужелкен (*S. sizaroideum DC.*), сірне бөденешөбі (*V. beccabunga L.*) және шоғыргүлді жүрекшөбімен (*C. leucantha Tausch*) O.E. Schulz) бірлесіп, ерекше қауымдастық құрайды. Көптеген мәліметтер көрсеткендей-ақ, балдырлардың ағынды суларды тазалауы-

на: Балдырлардың массасы қатты әсер етеді. Кестедегі балдырлардың массасы өскен сайын тазалау шамасы да өседі. Ең үлкен шама балдырлардың массасы 16 гр. кезінде 10 мг/л хром (VI) ионын қосқанда (0,05 м) 60% жетті. Балдырлардың тазалау дәрежесіне ерітіндідегі хром (VI) ионына мөлшерінің әсері, біз әсерін кестеден көруімізге болады. Тәжірибе нәтижесі көрсеткендей, әрбір балдырлардың массасында ерітіндінің өте аз мөлшерін қосқанда тазалау дәрежесі үлкен мәнге ие болады. Мысалы: 16 гр балдырларда 10 мг/л ерітіндіде 60 пайызға жетті.

Кесте 1– Ағызынды судың хром (VI) иондарынан тазалану дәрежесіне балдырларың саламағының әсері

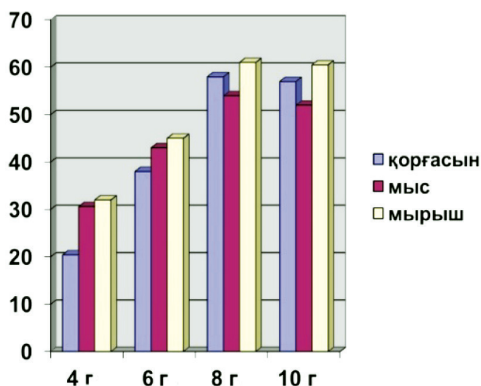
Балдырлардың салмағы, гр	4	8	12	16
Тазалану дәрежесі, %	14.5	32	47	60

Кесте 2 – Ағызынды судың хром (VI) иондарынан тазалану дәрежесіне ерітіндінің көлемінің әсері

Ерітіндідегі хром (VI) ионын мөлшерінің әсері, мг/л	6	8	10	12
Тазалану дәрежесі, %	34	46	60	53

Кесте 3 – Ағызынды судың хром (VI) иондарынан тазалану дәрежесіне уақыттың әсері

Уақыт, мин	6	9	12	15
Тазалану дәрежесі, %	68	70	57	49



1 Сурет – Балдырлардың салмағының ауыр металл иондарын сіңіру динамикасы

Құрамында хром (VI) ионы бар ағынды суларды тазалау дәрежесіне балдырлардың массасы мен ерітіндінің көлемін өзгерткенде 60 пайыздан аспағанымен, тәжірибе жүргізу уақытын өзгерте отырып, ең үлкен тазалау дәрежесі 70 пайызға (8 гр балдырлардың 9 минутта) жетеді. Келесі зерттеу жұмыстарымызда ауыр металл иондарынан; қорғасын, мыс, мырыш иондарынан тазалану дәрежесін зерттедік. Балдырлардың салмағының ауыр металл иондарын сіңіру динамикасын қарастырған кезде, балдырлардың массасы өскен сайын тазалау шамасы да өседі. Ең үлкен шама балдырлардың массасы 16 гр кезінде қорғасын- 57%, мыс-52%, мырыш-60,5%-ға жетті.

Қорытынды. Балдырларды пайдаланып, құрамында металл иондары бар ластанған ағынды суларды тазалау туралы мәлімет жоқ десе де болады. Біз тек балдырлардың құрамында ауыр металл иондары бар ағынды суларды тазалау үшін қолдандық. Бұл әдістің көптеген басқа әдістермен салыстырғанда артықшылықтары бар:

1. Балдырларды пайдаланып, ағынды суларды тазалау әдісі ешқандай электр энергиясын, реагенттерді, күрделі аппаратураларды қажет етпейді.

2. Тәжірибе кезінде ластанған су қосымша реагенттермен ластанбайды.

3. Металды тұнбаға түсіру, бөліп алуды керек етпейді, қосымша өнім шлам түзілмейді.

4. Ең негізгісі тәжірибе кезінде алынған балдырлар сирек кездесетін, бір жерде өсетін балдырлар емес, салқын ылғалды, өндірісте өсіруге болатын балдырлар.

Ал бұл артықшылықтар, бұл әдісті бірнеше есе арзандатып, қаншама пайда келтіреді. Міне, сондықтан, бұл әдісті қазіргі экономикалық қиын жағдайда өте тиімді, өте қолайлы әдіс деп есептеуге болады.

Әдебиеттер

1 Iztleuov G. M., Abduova A., Baibatyrova B., Dairabaeva A., Dusenova S., Askerbekova A., SAMPLING WASTE WATER Materialy XV Miedzynarodowej naukowi-praktycznej konferencji , «Strategiczne pytania światowej nauki - 2019» , 07 -15 lutego 2 roku po sekcjach: Biologiczne nauki. Ekologia. Medycyna. Fizyczna kultura i sport. Chemia i chemiczne technologie. 2019, 12 p

2 Zholdasova N., Iztleuov G. M., Dairabaeva A. Zh., Orazova M.M., Doltaeva B.Z. Biological methods of refining oil cleaning Materialy VI mezhdunarodnoj nauchnoj konferentsii molodykh uchenykh i studentov, «Perspektivy razvitiya biologii, meditsiny i farmatsii» YUKMA, 2019, g. SHymkent, c 15

3 Iztleuov G. M., Abduova A., Baibatyrova B., Dairabaeva A., Dusenova S. , Askerbekova A., Waste water recycling Materialy XV Miedzynarodowej naukowo-praktycznej konferencji , «Strategiczne pytania światowej nauki - 2019» , 21 p

Изтлеуов Ф.М. - доценті, химия ғылымдарының кандидаты

Шынғысбаев Б. - доценті, химия ғылымдарының кандидаты

Досбаева А. - Экология кафедрасының аға оқытушысы

Абдуова А.А. - Экология кафедрасының аға оқытушысы

Амирбеков Е. - Экология кафедрасының аға оқытушысы

Регистрационное свидетельство № 7528-Ж
от 01.08.2006 г.
выдано Министерством культуры и информации
Республики Казахстан

Отв. редактор *Л.Н. Гребцова*
Редактор текста на казахском языке *Т.Т. Садырова*
Редактор текста на английском языке *Е. Бердыкулов*
Компьютерная верстка и дизайн *Н.Т. Раймкулова*
Обложка *Е.С. Кадырова, Л.Н. Гребцовой*

Подписано в печать 15.09.2021.
Формат 60x84/16. Печать офсетная. Бумага офсетная.
Усл. п. л. 11,0. Тираж 350 экз. Заказ 160.

Редакционно-издательский отдел НЦ ГНТЭ.
050026, г. Алматы, ул. Богенбай батыра, 221