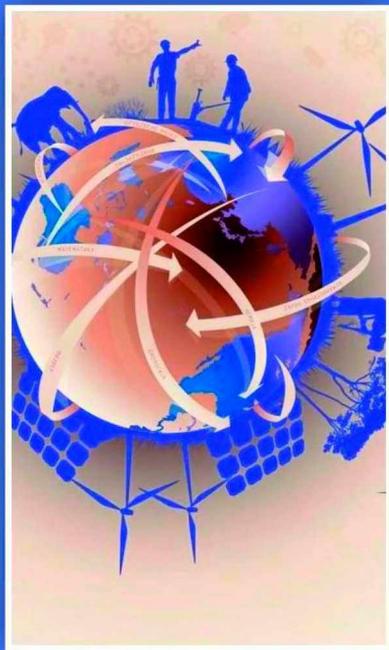


ISSN 1560-5655

НАЦИОНАЛЬНЫЙ ЦЕНТР  
ГОСУДАРСТВЕННОЙ  
НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКОЙ  
ЭКСПЕРТИЗЫ

# НОВОСТИ НАУКИ КАЗАХСТАНА

НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ЖУРНАЛ



2  
2017

**Национальный центр государственной  
научно-технической экспертизы**

---

# **НОВОСТИ НАУКИ КАЗАХСТАНА**

**НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ЖУРНАЛ**

**№ 2 (132)**

Алматы 2017

Научно-технический журнал «Новости науки Казахстана» публикует статьи по следующим направлениям исследований: энергетика, строительство, машиностроение, транспорт, физико-математические, химические, биологические, технические, сельскохозяйственные, экономические, географические науки, науки о Земле, пищевая и перерабатывающая промышленность, кибернетика, информатика.

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

### **РЕДАКЦИОННЫЙ СОВЕТ**

*Т. Ш. Кубиева*, к.б.н. (главный редактор)  
*Ю.Г.Кульевская*, к.х.н. (заместитель главного редактора)  
*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.;  
*С.Е. Соколов*, д.т.н., акад. МАИН;  
*Б.Р. Ракишев*, д.т.н., акад. НАН РК;  
*З.С. Абишева*, д.т.н.  
*Ж.С. Алимкулов*, д.т.н.; *М.Т. Велямов*, д.б.н.; профессор;  
*Ю.А. Юлдашбаев*, д.с.-х.н. (Россия);  
*М.А. Рахматуллаев*, д.т.н. (Узбекистан);  
*М.А. Каменская*, д.б.н. (Россия);  
*А. Сладковски*, д.т.н. (Польша);  
*Д. Пажес* (Франция)

Республика Казахстан, 050026, г. Алматы,  
ул. Богенбай батыра, 221  
Тел./факс: 8 (727) 378-05-52, 378-05-39, (вн.125)  
E-mail: tamara.kubieva@mail.ru, grebtsova\_l@inti.kz  
www.vestnik.nauka.kz, www.nauka.kz

# СОДЕРЖАНИЕ

## ИНФОРМАТИКА

<i>Самигулина Г.А., Нюсупов А.Т., Шаяхметова А.С.</i> Разработка мультиагентной ситемы дистанционнного обучения для людей с ограниченными возможностями зрения .....	9
--	---

## ГЕОГРАФИЯ

<i>Байзаков С., Адильбекова Б.С.</i> Модели государственно-частных партнрств в медицинском туризме .....	16
--	----

## БИОЛОГИЯ

<i>Шайхин С.М., Абитаева Г.К., Молдагулова А.К., Шайхина Д.С., Бекенова Э.Е., Сармурзина З.С., Закарья К.Д., Абжалелов А.Б.</i> Влияние стресса на свойства лактобактерий .....	42
---	----

## СТРОИТЕЛЬСТВО

<i>Бисенов К.А., Монтаев С.А., Нарманова Р.А., Аппазов Н.О.</i> Эколого-экономические перспективы использования нефтешламов в составе керамзита .....	79
---	----

## СЕЛЬСКОЕ И ЛЕСНОЕ ХОЗЯЙСТВО

<i>Жапар К.К., Дауров Д.Л., Жамбакин К.Ж., Шаменова М.Х.</i> Устойчивость сладкого картофеля к различным стрессовым факторам ...	90
<i>Малмаков Н.И., Адилай Е.</i> Влияние времени отбора овцематок в охоте на результаты ягнения после лапароскопического осеменения замороженной спермой .....	113
<i>Бабкенова С.А.</i> Генетические ресурсы устойчивости сортообразцов яровой пшеницы к септориозу .....	123

## Содержание

---

<i>Турметова Г.Ж., Нурпашова Т.Р., Юсупов Б.Ю., Бабаева Г.А.</i> Эффективность применения инсектицидов в борьбе против дынной мухи в условиях Туркестанского района .....	131
<i>Нуралин Б.Н., Олейников С.В.</i> Методика аналитического проекти- рования поверхности ромбовидного корпуса плуга .....	139

### **РЫБНОЕ ХОЗЯЙСТВО**

<i>Федоров Е.В., Жаркенов Д.К.</i> Экономическая эффективность формирования и эксплуатации маточных стад сиговых рыб - Планктофагов в озерах Северного Казахстана .....	160
---	-----

### **ОХРАНА ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ, ЭКОЛОГИЯ ЧЕЛОВЕКА**

<i>Ибрагимова Н.А., Косякова А.А., Тайсарина А.С.</i> Оценка загрязнения воздуха в Алматы с использованием косвенных методов .....	175
--	-----

# МАЗМҰНЫ

## ИНФОРМАТИКА

<i>Самигулина Г.А., Нюсупов А.Т., Шаяхметова А.С.</i> Көру мүмкіндігі шектеулі жандар үшін қашықтықтан оқытудың мультиагенттік жүйесін құру .....	9
---	---

## ГЕОГРАФИЯ

<i>Байзаков С., Адильбекова Б.С.</i> Медициналық туризмның мемлекеттік – жекешілік әріптестіктердің түрлері .....	16
---	----

## БИОЛОГИЯ

<i>Шайхин С.М., Абитаева Г.К., Молдагулова А.К., Шайхина Д.С., Бекенова Э.Е., Сармурзина З.С., Закарья К.Д., Абжалелов А.Б.</i> Лактобактериялардың қасиеттеріне стресстің әсері.....	42
---	----

## КҰРЫЛЫС

<i>Бисенов Қ.А., Монтаев С.А., Нарманова Р.А., Аппазов Н.О.</i> Керамзит құрамында мұнай шламын пайдаланудың эколого-экономикалық перспективасы .....	79
---	----

## АУЫЛ ЖӘНЕ ОРМАН ШАРУАШЫЛЫҒЫ

<i>Жапар К.К., Дауров Д.Л., Жамбакин К.Ж., Шамекова М.Х.</i> Тәтті картоптың әртүрлі стресс факторларына төзімділігі .....	90
--	----

<i>Малмаков Н.И., Адилай Е.</i> Мұздатылған шәуетпен лапароскопиялық ұрықтандыру нәтижесіне күйлеген саулықтарды таңдау уақытының әсері.....	113
--	-----

<i>Бабкенова С.А.</i> Жаздық бидай сорт - үлгілерінің септориозға қарсы төзімділігінің генетикалық ресурстары.....	139
--	-----

<i>Турметова Г.Ж., Нурпашова Т.Р., Юсупов Б.Ю., Бабаева Г.А.</i> Түркістан өңірі жағдайында қауын шыбынымен күресуде инсектицидтердің тиімділігі .....	131
--	-----

<i>Нуралин Б.Н., Олейников С.В.</i> Ромб тәріздес корпустың бетін аналитикалық жобалау методикасы.....	139
--	-----

**БАЛЫҚ ШАРУАШЫЛЫҒЫ**

*Федоров Е.В., Жаркенов Д.К.* Солтүстік Қазақстан көлдеріндегі  
планктофаг - ақсаха балығының аналық үйірін пайдалануы мен  
қалыптасуының экономикалық тиімділігі ..... 160

**ҚОРШАҒАН ОРТАНЫ ҚОРҒАУ. АДАМ ЭКОЛОГИЯСЫ**

*Ибрагимова Н.А., Косякова А.А., Тайсарина А.С.* Жанама  
әдістерді пайдалана отырып, Алматы қаласында ауаның ласта-  
нуын бағалау ..... 175

# CONTENT

## INFORMATICS

<i>Samigulina G.A., Nuysupov A.T., Shayakhmetova A.S.</i> Development of the multi-agent system of distance learning for visually impaired people .....	9
---	---

## GEOGRAPHY

<i>Bayzakov S., Adilbekova B.S.</i> Public-Private Partnership Models in Medical Tourism .....	16
--	----

## BIOLOGY

<i>Shaykhin S.M., Abitayeva G.K., Moldagulova A.K., Shaykhina D.S., Bekenova E.E., Sarmurzina Z.S., Zakaria K.D., Abzhalelov A.B.</i> Effect of stress on the Lactobacillus properties .....	42
--	----

## CONSTRUCTION

<i>Bisenov K.A., Montaev S.A., Narmanova R.A., Appazov N.O.</i> Ecological and economic perspectives of using oil-slime as a part of expanded clay .....	79
--	----

## AGRICULTURE AND FORESTRU

<i>Zhapar K.K., Daurov D.L., Zhambakin K.Zh., Shamekova M.H.</i> Resistance of sweet potato to different stress factors .....	90
<i>Malmakov N.I., Adilay E.</i> Effect of drafting time of ewes in heat on lambing results after laparoscopic insemination with frozen semen .....	113
<i>Babkenova S.A.</i> Genetic resources of resistance variety samples spring wheat to septoria .....	123
<i>Turmetova G.Zh., Nurpashova T.R., Yusupov B.Y., Babayeva G.A.</i> Efficiency of insecticides application in a melon musca control in the conditions of the turkestan district .....	131

*Content*

---

*Nuralin B.N., Oleynikov S.V.* Methodology of analytical design surface of the bombase hull ..... 139

**FISHERIES**

*Fedorov E.V., Zharkenov D.K.* The economical effectivelly of forming and exploatation the brood stocks of planlton eating white fishes on the lakes of North Kazakhstan ..... 160

**ENVIRONMENT PROTECTION. HUMAN ECOLOGY**

*Ibragimova N.A., Kossyakova A.A., Taysarinova A.S.* Evaluation of air pollution in Almaty city (Kazakhstan) using indirect methods ... 175

# ИНФОРМАТИКА

---

---

МРНТИ 50.07.03

Г.А.Самигулина<sup>1</sup>, А.Т.Нюсупов<sup>1</sup>, А.С.Шаяхметова<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Ақпараттық және есептеуіш технологиялар институты,  
Алматы қ-сы, Қазақстан

## КӨРУ МҮМКІНДІГІ ШЕКТЕУЛІ ЖАНДАР ҮШІН ҚАШЫҚТЫҚТАН ОҚЫТУДЫҢ МУЛЬТИАГЕНТТІК ЖҮЙЕСІН ҚҰРУ

---

---

**Аннотация.** Статя посвящена разработке мультиагентной системы дистанционного обучения с использованием платформы Java Agent Development Framework для людей с ограниченными возможностями зрения с целью получения качественного инженерного образования в лабораториях коллективного пользования на современном оборудовании. Рассмотрены наиболее распространенные проблемы дистанционного обучения людей с ограниченными возможностями зрения. Предложены методы исследования, учитывающие главные зрительные и психофизические характеристики людей с ограниченными возможностями зрения на основе комплексного подхода с использованием различных интеллектуальных методов. Приведены результаты исследования, включающие структурную схему мультиагентной системы дистанционного обучения людей с ограниченными возможностями зрения и представлено описание функции агентов.

**Ключевые слова:** дистанционное обучение, мультиагентная система, интеллектуальные технологии.



**Түйіндеме.** Мақала Java Agent Development Framework платформасын қолдану арқылы ұжымдық қолданыстағы зертханадағы заманауи құрылғыда көру мүмкіндігі шектеулі жандардың сапалы инженерлік білім алу мақсатында қашықтықтан оқытудың мультиагенттік жүйесін құруға арналған. Көру мүмкіндігі шектеулі жандарды қашықтықтан оқытудың кең таралған мәселелері қарастырылған. Өртүрлі интеллектуалды әдістерді қолданып ке-

шенді тәсіл негізінде көру мүмкіндігі шектеулі жандарды негізгі көру және психофизикалық сипаттамаларын ескеретін зерттеудің әдістері ұсынылды. Көру мүмкіндігі шектеулі жандарды қашықтықтан оқытудың мульти-агенттік жүйесінің құрылымды сызбасынан тұратын және агенттердің қызметін сипаттайтын зерттеу нәтижелері келтірілді.

**Түйінді сөздер:** қашықтықтан оқыту, мультиагенттік жүйе, интеллектуалды технология.



**Abstract.** The article is devoted to the development of multi-agent system of distance learning using the platform Java Agent Development Framework for visually impaired people with purpose of receiving quality engineering education in the laboratories of collective use on modern equipment. The most widespread problems of distance learning for visually impaired people are considered. The research methods considering the main visual and psychophysical characteristics of visually impaired people on the basis of an integrated approach using various intellectual methods are offered. The results of the research are presented, including the structural diagram of multi-agent system of distance learning for visually impaired people and the description of function of agents.

**Key words:** distance learning, multi-agent system, intelligent technologies.

**Кіріспе.** Қазіргі уақытта қашықтықтан оқыту (ҚО) білім берудің маңызды бағыттарының бірі болып табылады. Икемділікпен әмбебаптық тәсілінің арқасында ҚО заманауи телекоммуникациялық құрылғылар мен есептеуіш техниканың соңғы жетістіктері мен жаңа технологияларды қолдану арқылы білім беру саласында жаңа әдістерді жаңғыртуды ұсына отырып, оқытудың дәстүрлі жүйесімен бәсекелесетін болды [1]. Білім алудың жоғарғы деңгейін қамтамасыз ететін кең мүмкіндікке ие интеллектуалды жүйелер негізіндегі ҚО келешекті болып отыр [2].

Білім берудің бұл түрі компьютердің алдында ұзақ жұмыс істеуге әкелетіндіктен, көру аппаратына айтарлықтай ауыртпашылық түсіріп, оқу мәліметін қабылдау деңгейін төмендететіндіктен, маңызды тапсырмалардың бірі көру мүмкіндігі шектеулі жандар (КМШЖ) үшін ҚО арнайы қолжетімді ортасын ұйымдастыру болып табылады. Бұл санаттағы адамдар қарапайым білім беру мекемелері мен ҚО дәстүрлі жүйелерінде білім алуда бірқатар қиындықтарға тап болатындықтан олар арнайы жүйелерді қа-

жет етеді. Берілген тапсырмаларды мультиагенттік жүйелер (МАЗ) негізінде жүзеге асыру әлдеқайда ыңғайлы. Агент деп аталатын мақсатты бағытталған программалық модульдердің дербес жиындарының өзара байланысының нәтижесінде МАЗ шешімі автоматты түрде шығады [3]. Қашықтықтан оқытуда мұндай агент-тер әртүрлі интеллектуалды тәсілдерге негізделген көптеген қызметтерді орындай алады.

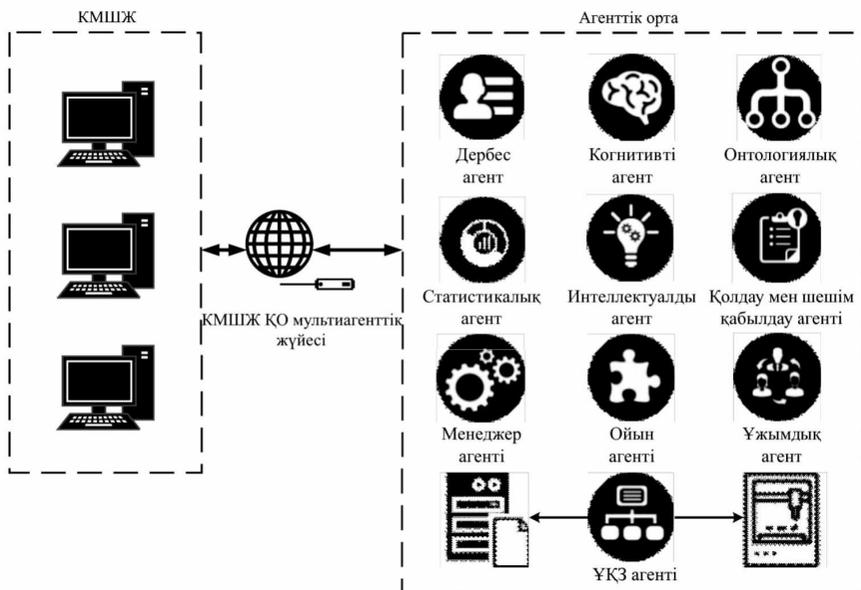
Қашықтықтан оқыту саласында агентті-бағытталған тәсіл негізінде құрылған қосымшалар мен заманауи зерттеулер инновациялық тәсілдер мен шешімдер жиынын ендірумен сипатталады. Соның ішінде [4] жұмыста HADEL (Hyperspace Agent-based E-Learning) жаңа тәсілінің көмегімен қолданушы жайлы ақпаратты құпия сақтап және агенттер желісін пайдаланып көпөлшемді мәліметтерді өңдеуді ұсынады. [5] мақалада топтағы студенттердің қатысуын бақылайтын, топтағы рөлі мен серіктестік дәрежесін анықтайтын агенттер қарастырылады. Топтың іс-әрекеті идеалды жағдайдан өзгерген кезде топтағы ролдерді қайта үлестіру жүзеге асады.

**Зерттеу әдістері.** Көру мүмкіндігі шектеулі жандар үшін оқытудың қолжетімді ортасын ұйымдастыруда әртүрлі интеллектуалды әдістер қолданылады. Интеллектуалды әдістер (жасанды нейрондық желілер, жасанды иммунды жүйелер, нейро-анық емес логика және т.б.) мен статистикалық тәсілдерді үйлестіру нақты уақыт ауқымында көпөлшемді мәліметтерді өңдеуде КМШЖ ҚО жүйесі қызметінің мүмкіндіктерін кеңейтеді. Сондай-ақ КМШЖ мәліметті қабылдау мен ұғыну ерекшеліктерін анықтауда когнитивті тәсілді қолдану өзекті болып табылады [6].

Көру мүмкіндігі шектеулі жандарды ҚО тәуелсіз және кешенді тапсырмаларды жүзеге асыруда JADE (Java Agent Development Framework) мультиагенттік платформасы қолайлы болып табылады. Агентті-бағытталған тәсіл негізінде қосымшалар құруда JADE [7] платформасы қолайлы құралдың бірі. JADE программалық ортасы Java тіліндегі әртүрлі қосымшалармен бірігеді. JADE агенттерінің құрылымы әртүрлі – енді ғана әсер ететін - қарапайымнан, күрделі- менталды ауқымда түрленеді.

**Нәтижелер менталқылаулар.** Көру мүмкіндігі шектеулі жан-

дарды ҚО мультиагенттік жүйесін жобалауда келесі агенттер құрылады: дербес, когнитивті, онтологиялық, статистикалық, интеллектуалды, қолдау мен шешім қабылдау, менеджер, ойын, ұжымдық. Құрылған агенттерден тұратын КМШЖ ҚО мультиагенттік жүйесінің құрылымы келесі сурет 1-де келтірілген.



КМШЖ ҚО мультиагенттік жүйесінің құрылымы

Қашықтықтан оқытудағы әрбір агент белгілі бір қызметті орындайды:

- дербес агент КМШЖ жайлы дербес мәліметтерді тіркейді және жеке сипаттамаларын (белгілер) жинайды, КМШЖ көру ақауын ескеріп оқу траекториясын ұйымдастырады және қажет оқу материалын ұсынады;
- когнитивті агент КМШЖ ақпаратты қабылдау деңгейін анықтайды, сондай-ақ когнитивті оқу әдісін жүзеге асырады;
- онтологиялық агент КМШЖ OWL моделін құруды жүзеге

асырады, сондай-ақ жүйенің кіріс және шығыс мәліметтерін құрылымдайды;

- статистикалық агент ҚО пайдаланушысының динамикасын ескеріп, оқиғалар легін жазып, жүйелік қателер мен факторлық талдау негізінде КМШЖ ақпараттық белгілерін анықтауды жүзеге асырады;

- интеллектуалды агент анық емес логика негізінде оқу деңгейін анықтайды және нейро-анық емес логика көмегімен КМШЖ оқу нәтижелерін болжамдайды;

- қолдау мен шешім қабылдау агенті білім алушыға ақпаратты ұсыну және кеңестер мен ескертулер көмегімен оқу материалдарын таңдауға көмектеседі;

- менеджер агенті КМШЖ көру ақауын, интеллект деңгейі мен білімін ескеріп оқу материалын ұсынады;

- ойын агенті КМШЖ оқыту үдерісі кезінде оқу материалын жақсы қабылдау үшін мультипликацияны қолданып ойын әдістерін жүзеге асырады;

- ұжымдық агент оқытудың ұжымдық ортасын қалыптастырады, сондай-ақ КМШЖ өзара бірлесіп оқудың әсерін анықтайды;

- ұжымдық қолданыстағы зертхана агенті КМШЖ ұжымдық қолданыстағы зертханаға (ҰҚЗ) қосу мен заманауи құрылғыларға қатынауға рұқсат беруді жүзеге асырады.

Агенттер КМШЖ жүйедегі іс-әрекетінен үнемі өзгеріп отыратын есептеуіш ортада қызмет етеді. Құрылған агенттердің құрылымын программалау үшін JADE платформасының класстары мен кітапханасынан тұратын орта қолданылады. Программалық қамтамасыз ету Java тілінде IDE Eclipse біріктірілген ортасында құрылды.

**Тұжырым.** Сонымен, көпфункционалды агенттер негізінде құрылған КМШЖ ҚО жүйесінің артықшылығына:

- кешенді тәсіл негізінде әртүрлі интеллектуалды және статистикалық әдістерді қолдану;

- көп функционалды, жүйелік қателерге орнықтылығы мен осындай жүйелерді құруға арналған икемді құралдары бар JADE заманауи мультиагенттік платформасының көмегімен құрылған

МАЖ құрамдас бөліктерінің (агенттер) өзара ұйымдасқыштығы;

- арнайы қажет программалық қамтамасыз етуді құру мен заманауи құрылғыда КМШЖ сапалы инженерлік білім беру. Мысал ретінде, Қ.И. Сәтбаев атындағы ҚазҰТЗУ жанындағы "Ақпараттық және ғарыштық технологиялар" Ұлттық ҰҚЗ "Ақпараттық жүйелерді жобалау" курсы ұсынылды. Көру мүмкіндігі шектеулі жандарды ҚО МАЖ құруда жүйенің бірқатар модулдері қолданылды [8].

Зерттеуді қаржыландыру көзі. Жұмыс Қазақстан Республикасының Білім және ғылым Министрлігі ғылым Комитеті № ГР0215РК01472 (2015-2017жж.) гранты бойынша "Параметрлік белгісіздік жағдайында күрделі объектілерді басқарудың интеллектуалды жүйелері үшін алгоритмдер, программалық – аппараттық қамтамасыз ету мен ақпараттық технологияларды құру" тақырыбы бойынша орындалды.

### Әдебиеттер

1 *Hong Yan Z., Ji Kui W.* Study on Learning Performance Evaluation of Distance Continuing Education // *Advanced Technology in Teaching*. – Berlin: Springer – Heidelberg, 2013. – P. 255-260.

2 *Samigulina G.A., Samigulina Z.I.* Intelligent System of Distance Education of Engineers, based on Modern innovative Technologies: Proceedings of the II International Conference on Higher Education Advances, HEAd'16 // *J. Social and Behavioral Sciences*. – Valencia, Spain. Elsevier, 2016. – № 228. – P. 229-236.

3 *Duan W.S., Ma Y., Liu L.P., Dong T.P.* Research on an Intelligent Distance Education System Based on Multi-agent // Proceedings of the International Conference on Information Engineering and Applications (IEA) 2012. – London: Springer – Verlag, 2013. – P. 579-586.

4 *Messina F., Pappalardo G., Rosaci D., Santoro C., Same G.* A Distributed Agent-Based Approach for Supporting Group Formation in P2P e-Learning // *AI\*IA 2013: Advances in Artificial Intelligence*. – Switzerland: Springer International Publishing, 2013. – P. 312-323.

5 *Fares R., Costaguta R.* A Multi-agent Model That Promotes Team-Role Balance in Computer Supported Collaborative Learning // *Advances in New Technologies, Interactive Interfaces and Communicability.* – Berlin: Springer – Verlag, 2012. – P. 85-91.

6 *Azevedo R., Harley J., Trevors G., Duffy M., Feyzi-Behnagh R., Bouchet F., Landis R.* Using Trace Data to Examine the Complex Roles of Cognitive, Metacognitive, and Emotional Self-Regulatory Processes During Learning with Multi-agent Systems // *International Handbook of Metacognition and Learning Technologies.* – New-York: Springer Science, 2013. – P. 427-449.

7 *Bergenti F., Iotti E., Poggi A.* Core Features of an Agent-Oriented Domain-Specific Language for JADE Agents // *Trends in Practical Applications of Scalable Multi-Agent Systems, the PAAMS Collection.* – Switzerland: Springer International Publishing, 2016. – P. 213-224.

8 *Самигулина Г.А., Шаяхметова А.С., Сүлеймен О.* Мүмкіндігі шектеулі жандар үшін қашықтықтан оқытудың Smart-жүйесін құру // *Новости науки Казахстана.* – 2016. – № 1 (127). – С. 52-60.

**Самигулина Галина Ахметқызы**, т.ғ.д., e-mail: galinasamigulina@mail.ru

**Нюсупов Адлет Талапұлы**, e-mail: moniumverse@outlook.com

**Шаяхметова Асем Серікбайқызы**, PhD, e-mail: asemshayakhmetova@mail.ru

# ГЕОГРАФИЯ

---

---

*МРНТИ 06.56.21, 76.75.75, 71.37.75*

*С.Байзаков<sup>1</sup>, Б.С.Адильбекова<sup>2</sup>*

<sup>1</sup>Институт экономических исследований

<sup>2</sup>Казахстанский центр государственно-частного партнерства,  
г. Астана, Казахстан

## МОДЕЛИ ГОСУДАРСТВЕННО-ЧАСТНЫХ ПАРТНЕРСТВ В МЕДИЦИНСКОМ ТУРИЗМЕ

---

---

**Аннотация.** Статья посвящена вопросам развития медицинского туризма в Казахстане. Анализ современных тенденций в сфере предоставления услуг по медицинскому туризму в развивающихся странах мира, таких, как ОАЭ, Таиланд, Турция, располагающих опытом развития медицинского туризма на региональном и глобальном уровне, проведен для выявления возможностей Казахстана по внедрению медицинского туризма. Выявлен нераскрытый потенциал Казахстана по предоставлению услуг медицинского туризма. Определен механизм государственно-частных партнерств, который на глобальном уровне применяется для внедрения и развития медицинского туризма, особенно в развивающихся странах. Рассмотрена типология государственно-частных партнерств (ГЧП), на основе которых установлены соответствующие модели ГЧП, способствующие эффективному внедрению медицинского туризма в Казахстане. Разработана модель государственно-частного партнерства, нацеленная на внедрение и дальнейшее развитие медицинского туризма в условиях Казахстана. Она предлагается широкому кругу многоцелевых пользователей, в том числе предпринимателям, инвесторам, государственным и частным медицинским учреждениям, интересующимся вопросами развития медицинского туризма.

**Ключевые слова:** медицинский туризм, механизм внедрения, государственно-частные партнерства, модели, качество, эффективность медицины.



**Түйіндеме.** Мақала Қазақстанда медициналық туризмнің даму мәселелеріне арналған. Әлемнің мынадай БАЭ, Таиланд, Турция, дамытпалы елдерінде медициналық туризмнің дамуы бойынша қызметтер ұсынуы аясында қазіргі беталыстарына жасалған талдау, медициналық туризмнің дамуының өңірлік және ғаламдық деңгейде елеулі тәжірибелік мүмкіншілігі бар, медициналық туризмді енгізу бойынша Қазақстанның мүмкіншіліктерін анықтау үшін жүргізілген. Осы мақсаттарда, мақала Қазақстанның медициналық туризмнің ашылмаған әлеуетін анықтау бойынша қызметтерді ұсыну. Одан әрі, мақала мемлекеттік -жекешілік әріптестіктердің тетігін анықтайды, ол ғаламдық деңгейде медициналық туризмді енгізу және дамуы үшін, әсіресе дамытпалы елдерде. Ойған байланысты, мақала мемлекеттік - жекешілік әріптестіктердің тұрпаттамасын қарастырады, олардың негізінде мемлекеттік -жекешілік әріптестіктердің сәйкес үлгілерін анықтау, Қазақстанда медициналық туризмді тиімді енгізуде икемді мүмкіндік туғызу. Осы зерттеудің өзектілігі және жаңалығы мынаған мүмкіндік туғызады, мақаланың авторларымен мемлекеттік -жекешілік әріптестіктің үлгісін әзірлеген болатын, пайдаланушыларға кең көп мақсатты шеңберде ұсынылатын, оның ішінде, кәсіпкерлерге, инвесторлерге, мемлекеттік және жекеменшік медициналық мекемелерге, медициналық туризмнің дамуының мәселелері қызықтыратын.

**Түйінді сөздер:** медициналық туризм, әлеует, енгізу тетігі, мемлекеттік - жекешілік әріптестіктер, үлгілер, сапа, тиімділік.



**Abstract.** The article has been dedicated to the issues associated with developing medical tourism in Kazakhstan. The analyses of contemporary trends in the area of provision of services on medical tourism in the developing countries, including the UAE, Thailand, Turkey – having accumulated the essential experiences in developing and improving medical tourism at the regional and global levels ? has been carried out with the aim of discovering Kazakhstan's existing potential on implementing medical tourism in practice. The pursuit of the above said research targets has revealed the country's inherent potential on medical tourism, which undoubtedly needs to uncover at full length, according to the authors of the paper. Based on the findings of the paper, the authors suggested that the unique mechanism, being offered by this research, is the public-private partnership (PPP), which is capable of being deployed for implementing medical tourism in developing countries in real time practices. In its analyses, the paper explored the typology of the public-private partnerships, on which basis the relevant public-private partnership model has been developed. The model is capable of facilitating the process of implementing medical tourism in developing countries, including Kazakhstan.

The acute nature and novice of the research conducted by the present paper is the development of the appropriate public-private partnership model, which would enable the implementation of medical tourism in Kazakhstan. The model is being offered to a broad milieu of multiple end users of the paper's findings, including investors, business entrepreneurs, public and private medical enterprises that have interest in developing medical tourism.

**Key words:** medical tourism, inherent potential, an implementation mechanism, public-private partnership, model, quality, efficiency.

**Введение.** Медицинский туризм генерируют внушительные денежные потоки в современном динамичном развитии здравоохранения. Так, в 2006 г. в этой сфере аккумулировалось 20 млрд. дол. США, в 2009 г. – 35 млрд. и в 2015 г. – 58 млрд. дол. США [1]. Численность людей, ежедневно пересекающих международные границы, составляет около 3 млн. По данным Всемирной туристической организации, ежегодно число туристов достигает 1,2 млрд. чел. В том числе 617 млн. туристов отправляются на лечение, оставляя в развивающихся странах – пунктах туристического назначения, – в среднем \$3,500-5,000 за процедуры и \$9,000-12,000 за операционное лечение. Динамика медицинского туризма обусловлена ежегодным экономическим приростом в среднем на 3,9 %, поддерживаемым совокупным капиталом в \$513 млрд., вложенным в данный сектор. В генерировании критической массы денежных потоков участвуют 2 сектора экономики, медицина и туризм. В развивающихся странах медицинский туризм используется в целях:

- (i) стимулирования регионального развития,
- (ii) использования медицинского туризма в качестве экспортно-ориентированного рычага в стратегии национальной экономики,
- (iii) эффективной диверсификации экономики, в условиях

---

*i* В соответствии с международным стандартом обозначения национальных валютных единиц стран мира, здесь и далее 'термин доллар США' в целях упрощения и удобства читателю обозначается символом "\$".

*ii* Данные по количеству посетителей-нерезидентов, въехавших в ОАЭ на период 2000-2005 гг., были взяты из банка доступных данных Всемирного банка, а за период с 2005 по 2014 г. взяты из различных частных источников ОАЭ, а также данных Всемирной организации по туризму.

постоянно изменяющейся конъюнктуры мирового рынка.

На глобальном уровне рыночные ниши, предусмотренные для развития медицинского туризма, динамично заполняются заинтересованными странами. В этом плане было бы своевременным рассмотреть возможность развития медицинского туризма в Казахстане. Остается актуальным вопрос о том, какие механизмы необходимо мобилизовать для этой цели?

В поисках ответа на данный вопрос необходимо определить концепцию медицинского туризма. В настоящее время определений, сформулированных в отношении медицинского туризма, множество. В основном они выделяют взаимодействие в данной сфере таких секторов экономики, как здравоохранение и туризм. Оздоровительный туризм рассматривается как "организованное путешествие в целях сохранения, укрепления или реабилитации индивидуального здоровья тела и духа", а медицинский туризм – как "организованное путешествие за пределы естественной юрисдикции здравоохранения в целях укрепления или реабилитации индивидуального здоровья посредством медицинской интервенции" [2]. Далее медицинский туризм представляется многим как своеобразный "феномен, в котором путешествие может сопрягаться с рисками и инвазивными медицинскими процедурами, проводимыми опытными высокопрофессиональными хирургами с помощью специализированного медицинского высокотехнологичного оборудования, предназначенного для улучшения физического здоровья и качества жизни туриста, совмещающего свой отдых в экзотическом туристическом пункте назначения" [3]. Место медицинского туризма в плоскости 2-х измерений (здравоохранения и туризма) определяется как макрониша, которая содержит 3 основные категории лечения:

- инвазивную,
- диагностическую,
- неинвазивную.

В рамках данной категоризации медицинского туризма осуществляются специализированные лечебные и хирургические процедуры по стоматологии, офтальмологии, кардиологии, кос-

метической хирургии, ортопедии, репродуктивному здоровью. С точки зрения рыночного позиционирования, медицинский туризм занимает нишу специфической привлекательности в туристическом сегменте, а также глобальной индустрии услуг здравоохранения. На глобальном рынке медицинских и туристических услуг "динамика рыночной ниши медицинского туризма поддерживается государственным и частным секторами экономики" [4]. На основе изложенных выше определений в данной статье рассматривается медицинский туризм в отношении его функционирования на рынке услуг.

**Обзор проведенных исследований по медицинскому туризму.** Анализ исследований, проведенных по тематике данной статьи, выявил недостаточность исследований по медицинскому туризму в отечественной литературе. Одни ученые полагают, что высокие издержки, связанные с развитием медицинского туризма в Казахстане, не позволяют развить его в ближайшей перспективе. Другие указывают на необходимость реформ для развития туристической инфраструктуры [5]. Фактор, обуславливающий обеспечение качества туристических продуктов и услуг, определяется как критический [6]. Роль ГЧП в медицинском туризме признается незаменимой. Кроме этого, ГЧП признается в качестве мегакредитной карточки государства в реализации задач государства в социальном секторе [7]. В международной литературе исследователи ссылаются на то, что "ГЧП облегчает бремя государства, что касается бюджета, и оживляет, придает динамику в такие секторы экономики, как образование и здравоохранение" [8]. Большинство исследований по медицинскому туризму носят прикладной характер. Основной акцент в них ставится на развитие сектора здравоохранения в целом. Тем не менее есть предложения по внедрению наиболее упрощенной модели ГЧП и дальнейшего развития медицинского туризма [9]. В рамках многоаспектных определений, сформулированных в отношении ГЧП, особо отмечены существенные выгоды от применения ГЧП для социума в целом [10]. Более того, выгоды как финансово-экономическая эффективность и оптимальное распределение рисков представляются якорными

в эффективном функционировании ГЧП [11]. Не оставлены без внимания и негативные эффекты ГЧП такие, как сложность контрактов, этические аспекты и последствия необъективных тендерных процедур [12]. В итоге обзор проведенных ранее исследований по медицинскому туризму казахстанских и зарубежных исследователей показал, что определения, сформулированные, в разное время в отношении медицинского туризма и ГЧП, разнятся. При этом следует отметить, что исследований, выявивших конкретный механизм внедрения медицинского туризма в развивающихся странах, нет.

**Методы исследования.** Использовались методы, признанные Организацией экономического сотрудничества и развития (ОЭСР) [13]. Проведен анализ данных прошлых исследований казахстанских и зарубежных исследователей, в результате которых была выявлена недостаточная изученность вопросов внедрения медицинского туризма в развивающихся странах и использования механизмов ГЧП в медицинском туризме. Для оценки выходных данных относительно динамики рынков здравоохранения сравниваемых стран был применен метод анализа качества продуктов и услуг за доступную цену [14]. Это объясняется необходимостью соответствия новым подходам, которые в осуществлении анализа рынков базируются прежде всего на обеспечении качества и эффективности [15], а также гарантии финансовых ресурсов.

В статье представлены результаты сравнительного анализа 3-х развивающихся стран, в частности Турции, ОАЭ и Таиланда, которые в свое время успешно внедрили медицинский туризм в собственные системы здравоохранения. Подход, примененный к критериям выбора стран, соответствует международным принципам, применяемым к показателям реализации проектов, в частности, принципу соответствия, сопоставимости и взаимодополняемости показателей [16].

Преследуя задачи выявления факторов, влияющих на развитие медицинского туризма в Казахстане, при анализе использовался метод структурного моделирования. Для выявления конкретного механизма внедрения медицинского туризма в

Казахстане был использован мета-аналитический метод [17]. Результаты анализа по 6 факторам развития медицинского туризма были подкреплены соответствующими индикаторами 4-х стран. Первичные данные были собраны на основе официально верифицированных данных статистических комитетов этих стран. Итоговые данные были проанализированы и агрегированы в 7-ми графических диаграммах и 3-х таблицах. Ввиду отсутствия статистических показателей по медицинскому туризму в Казахстане были использованы прогнозные показатели по Казахстану ведущих международных организаций, таких, как Всемирная организация здравоохранения, Всемирная туристическая организация, Всемирный банк, Экономическая и социальная комиссия ООН по Азии и Тихому океану, Организация экономического сотрудничества и развития, и др.

**Результаты исследования.** В ходе данного исследования были использованы 6 факторов развития медицинского туризма. Первый из них, предназначенный для выявления динамики казахстанского рынка здравоохранения, был рассмотрен, так же как и остальные, в сравнении с развивающимися экономиками в таких странах, как Таиланд, Турция и ОАЭ. Нижеследующие критерии, по которым оценивается возможность внедрения медицинского туризма в стране, сыграли решающую роль в выборе сопоставляемых стран, в частности: (i) динамика рынка здравоохранения и (ii) культурологическая совместимость и географическое расположение стран. Таиланд признан ведущими международными рейтинговыми организациями в области медицинского туризма в качестве лидирующей страны. Среди развивающихся стран Турция и ОАЭ вполне сопоставимы с Казахстаном как в культурологическом, так и географическом аспекте. Такие факторы сопоставимости стран, как общность истоков культуры, лингвистическая ассимиляция, единая религия и региональное соседство, отвечают критерию сопоставимости этих стран. Анализ рынков здравоохранения этих стран был проведен в их соответствии 6 факторам, обуславливающим развитие медицинского туризма в развивающихся странах. Среди них: медицинская оснащенность (количество медицинского персонала на 1 тыс.

пациентов, количество больничных коек на 1 тыс. больных, количество государственных и частных клиник, доля частного и государственного сектора в структуре здравоохранения) и финансовая обеспеченность (доля расходов на здравоохранение в структуре ВВП, расходы здравоохранения в расчете на душу населения).

Общая картина динамики рынка складывалась из показателей, свидетельствующих об агрегированных расходах частного и государственного сектора экономики на нужды здравоохранения. Анализ выявил довольно высокую динамику представленных систем здравоохранения. Значительный рост объема медицинских услуг на казахстанском рынке наблюдался в 2015 г. (рис. 1). Тенденция к большему увеличению в этом направлении прогнозируется в последующий краткосрочный период вплоть до 2020 г. Вместе с тем Казахстан все же будет уступать по этим параметрам Турции, Таиланду и ОАЭ ввиду превалирующего физического объема медицинских услуг, предоставляемых этими странами на глобальном рынке. Факты свидетельствуют о том, что казахстанскому рынку здравоохранения необходима быстротекущая диверсификация, за счет которой можно было

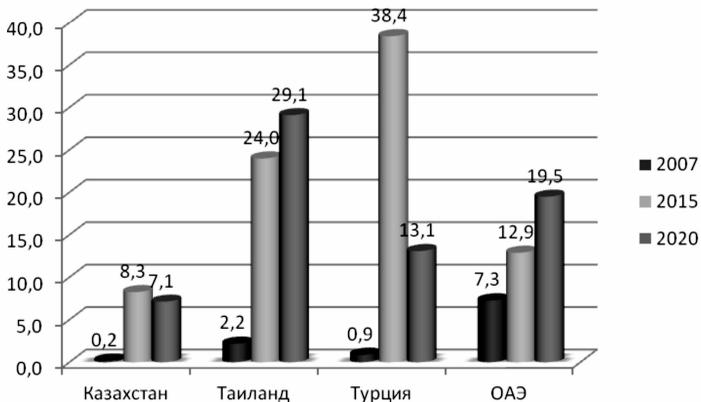


Рис. 1. Прогнозы рынка медицинских услуг в 2007, 2015, 2020 гг., млрд. дол. США

бы сконцентрироваться на качестве и разнообразии предоставляемых медицинских услуг вместо объема. Действенным рычагом внедрения диверсификации различных видов и типов медицинских услуг могли бы служить механизмы государственно-частных партнерств ввиду их основного предназначения – приведения в действие эффективных механизмов рынка.

Как было отмечено выше, критические факторы, обуславливающие внедрение медицинского туризма в развивающихся странах, были определены следующим образом:

- доля расходов республиканского бюджета на здравоохранение,
- количество въезжающих туристов,
- финансовые поступления, в том числе от обмена иностранной валюты.

Все эти факторы взаимосвязаны, так как они зависят от стабильности потока въезжающих в страну туристов. Доля расходов на здравоохранение в структуре ВВП Казахстана за период 2000-2014 гг. составила в среднем 3.9 %. По данному показателю Казахстан уступает Турции и Таиланду (рис. 2). Однако доля частных расходов на здравоохранение в структуре ВВП Казахстана значительно выше, чем в Таиланде, Турции и ОАЭ

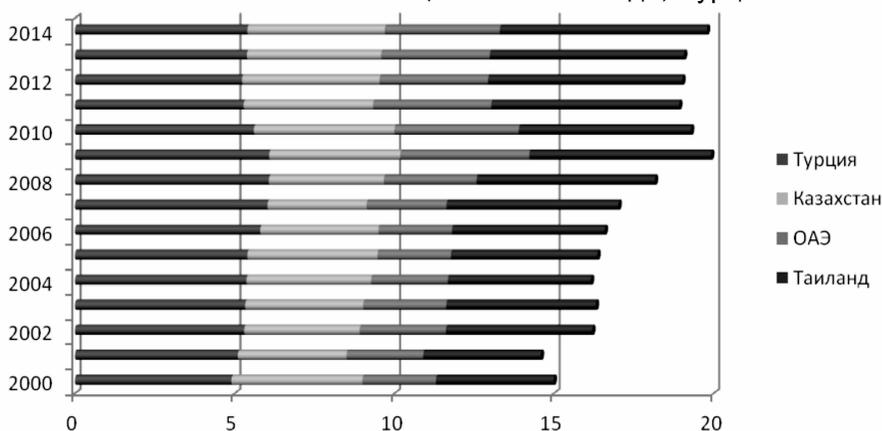


Рис. 2. Доля расходов на здравоохранение в 2000-2014 гг., % ВВП

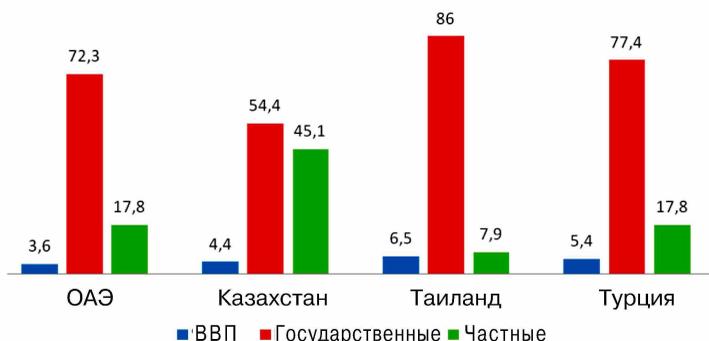


Рис. 3. Частные и государственные расходы в доле ВВП на здравоохранение в 2014 г. , %

(рис. 3). Следуя общеизвестной концепции о том, что эффективность в частном секторе значительно выше, чем в государственном секторе, можно предположить, что механизмы ГЧП, определяемые в качестве мощного рычага по увеличению рыночной динамики, будут способствовать развитию медицинского туризма, который представляет собой пока еще незаполненную нишу на рынке медицинских услуг Казахстана.

Число прибывших в страну посетителей-нерезидентов было наиболее конкурентным в Турции, которое составило 40 млн. чел. (рис. 4). По данному фактору Казахстан значительно уступает сравниваемым странам, поскольку число въехавших в страну посетителей-нерезидентов за период 2000-2014 гг., было в среднем на 355 % и на 370 % меньше, чем в ОАЭ и Таиланде и на 635 % меньше, чем в Турции.

За период 2011-2014 гг. усредненная доля посетителей-нерезидентов, въехавших в 4 страны, для Турции составила 41,8 %, Таиланда – 26,7 %, ОАЭ – 25,9 % и для Казахстана – 5,7 %.

По данному показателю Казахстан значительно отстает от 3-х сопоставляемых стран (рис. 5). Одной из причин такого отставания является, по мнению большинства исследователей, недостаточное развитие туристической инфраструктуры.

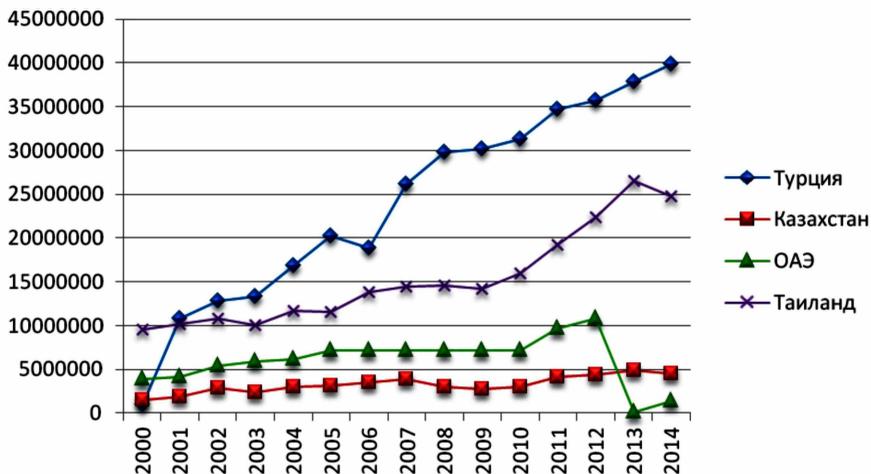


Рис. 4. Число прибывающих в страну посетителей-нерезидентов в 2000-2014 гг.

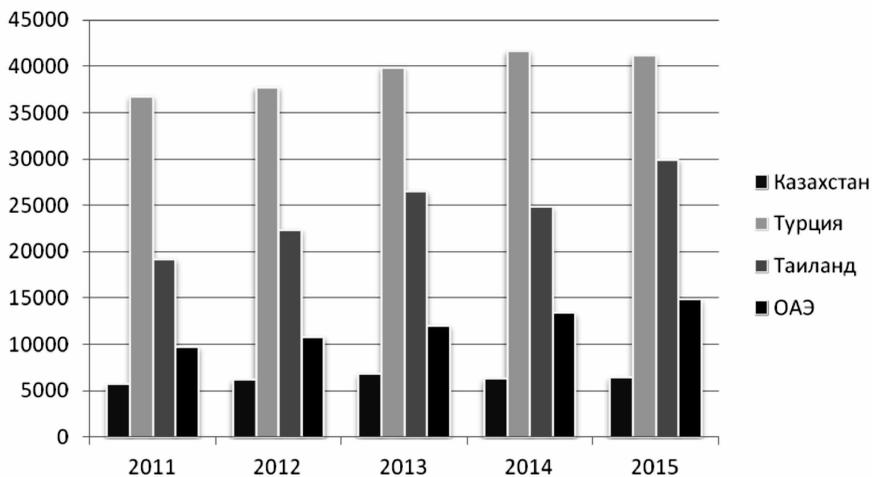


Рис. 5. Доля стран по количеству въехавших в страну посетителей-нерезидентов в 2000-2015 гг.

Фактор качества продуктов и услуг, рассматриваемый на мировом рынке медицинских услуг как чисто рыночная концепция, накладывает определенные требования к услугам, предоставляемым в области медицинского туризма. Данные индикаторы характеризуют структурные компоненты медицинской технологии, в частности, укомплектованность медицинских учреждений персоналом со специальным образованием. Качество медицинских услуг характеризуют следующие индикаторы: результативность, безопасность, доступность, своевременность, экономическая эффективность, рациональность и приемлемость. На этом фоне такие факторы, как готовность мгновенного и беспрепятственного медицинского обслуживания без длительного ожидания, высокотехнологичное оборудование и высокая профессиональная квалификация многоуровневого медицинского персонала, являются второстепенными в ряду специфических требований медицинского туризма. Для сравнения 4-х стран по второстепенному показателю (рис. 6) представлены параметры качества обеспечения медицинскими услугами в Казахстане, Таиланде, ОАЭ и Турции. По данному показателю Казахстан лидирует среди сопоставляемых 4-х стран. Так, показатель оснащенности средним медицинским персоналом в Казахстане на 71,1 % выше, чем в Турции, на 61,4 % выше, чем в ОАЭ, и на 74,7 % выше, чем в Таиланде. Показатель

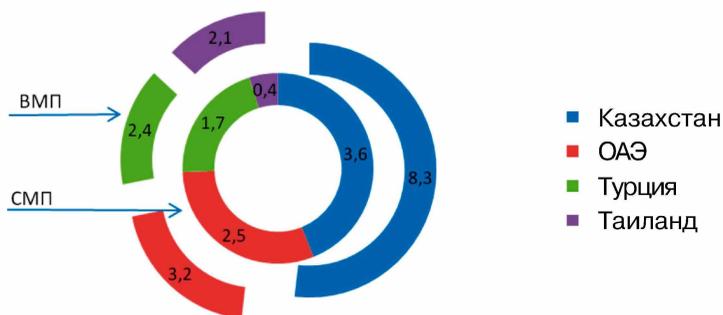


Рис. 6. Обеспечение услугами медицинского персонала в 2008-2014 гг.

оснащенности высшим медицинским персоналом на 52,8 % выше, чем в Турции, на 30,6 % выше, чем в ОАЭ и на 88,9 % выше, чем в Таиланде.

Анализ показал, что фактор технической оснащенности по количеству больничных коек и финансовой обеспеченности, выделяемой государством на расходы на душу населения в области здравоохранения имеет первостепенное значение для привлечения туристов. Однако эти расходы ориентированы только на резидентов страны. Показатель финансовой составляющей по Казахстану на 2014 г. равен \$539. За период 2000-2014 гг. средний показатель Казахстана по данному фактору был на 26,2 % выше, чем в Таиланде, но на 38,2 % ниже, чем в Турции и на 335 % ниже, чем в ОАЭ (рис. 7). По количеству больничных коек из расчета на 1000 чел. населения позиция Казахстана ниже, чем в трех сравниваемых странах (рис. 8). Исходя из численности населения Казахстана, данный индикатор свидетельствует о том, что коечный фонд больничных учреждений Казахстана используется крайне неэффективно. Так, по данным Комитета по статистике Республики Казахстан ([www.stat.kz](http://www.stat.kz)), Казахстан расходует 570 USD\* 17,8 млн. чел., Таиланд – 380 USD\* 68,9 млн. чел., Турция – 580 USD\* 79,5 млн. чел., ОАЭ – 1600 USD\* 9,3 млн. чел.

Другими критическими факторами, обуславливающими возможность внедрения медицинского туризма в развивающихся странах, являются международное признание и международная сертификация высшего врачебного персонала, а также репутация специализированного медицинского учреждения, предоставляющего услуги медицинского туризма. Количество медицинских учреждений, получивших аккредитацию в международных рейтинговых организациях таких, как JCI, равняется 158 – в ОАЭ, в Таиланде – 56, в Турции – 47, а в Казахстане – 8. С точки зрения туристической привлекательности медицинского туризма такие показатели, как культурологическая совместимость, экзотика, географическое местонахождение лечебного учреждения, в том числе доступность международных авиалиний, эффективность туристического обслуживания и международное

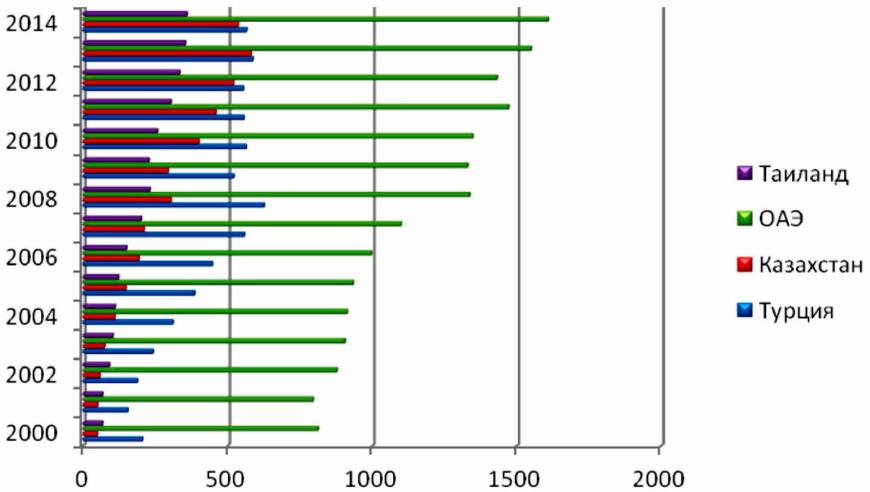


Рис. 7. Медицинские расходы на душу населения в 2000-2014 гг., дол. США

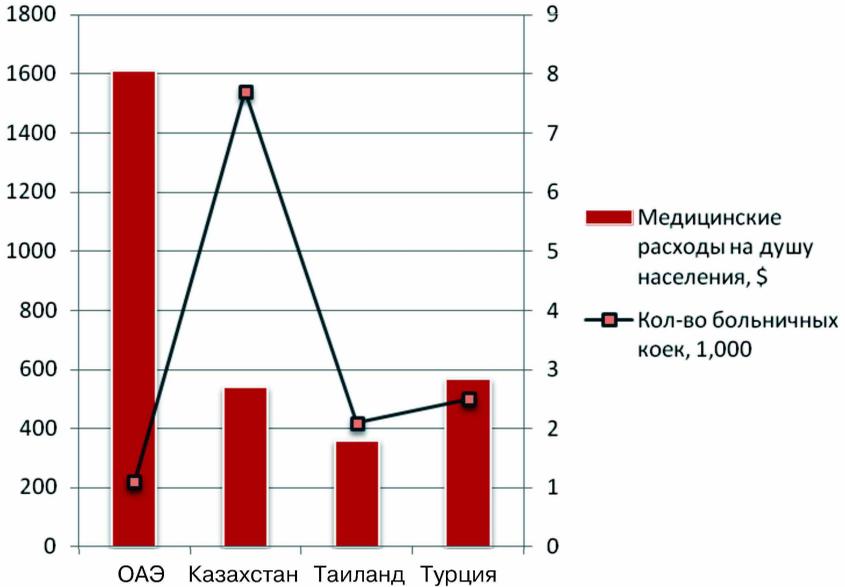


Рис. 8. Количество больничных коек и медицинские расходы на душу населения в 2014 г.

качество менеджмента обслуживающего персонала гостиничных комплексов, признаны Всемирной туристической организацией ключевыми для развития медицинского туризма. В данной статье рассмотрен фактор доступности международных авиалиний, в соответствии с которым Казахстан на основе общего числа авиалиний, равной 11, удобно позиционируется в рамках шкалы 9-18 (рис. 9).

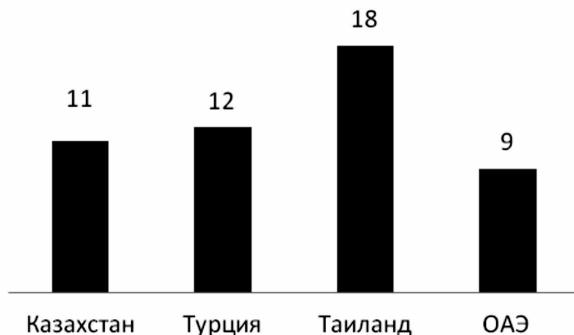


Рис. 9. Количество авиакомпаний в 2017 г.

Наличие частных, так же как и специализированных государственных клиник, аккредитованных в области предоставления услуг медицинского туризма, является неотъемлемым условием для внедрения в стране данной сферы здравоохранения. В этой связи количество клиник, имеющих статус частных, исходя из численности населения Казахстана, позволяет развивать медицинский туризм в стране. Малочисленность частных клиник в Казахстане – 26 (17,8 %), в то время как в ОАЭ их 96 %, в Турции – 33,2 %, в Таиланде – 32 % (табл. 1), свидетельствует о том, что необходимо использование механизмов ГЧП, построенных как на государственной, так и частной форме собственности, что должно способствовать увеличению количества частных клиник. .

Полученные результаты анализа показали, что предпосылки для внедрения медицинского туризма в Казахстане имеются. Вместе с тем такие факторы, как наличие стабильного возобновляемого туристического потока, на основе которого можно

Таблица 1

**Государственные и частные клиники в 2014 г.**

Тип клиники	ОАЭ	Казахстан	Турция	Таиланд
Государственные	8	138	1007	377778
Частные	192	26	500	177778

было бы устойчиво развивать международный туризм, так же как и динамика рынка медицинских услуг, выражены слабо. Динамика казахстанского рынка здравоохранения зависит от выделяемых в этот сектор значительных финансовых инвестиций прежде всего частных наряду с государственными. Для Казахстана основные направления медицинского туризма – Германия, Южная Корея, Израиль, Китай, Индия, Таиланд, Япония и США. Казахстанцы едут в эти страны лечить преимущественно нейрохирургические, онкологические, кардиологические, гинекологические, урологические и гастроэнтерологические заболевания. Главные проблемы медицинского, как и других видов туризма Казахстана – не инфраструктура и "динамика рынка", а качество и стоимость услуг. К сожалению, в Казахстане отсутствуют четкая специализация и выраженный имидж на международном туристическом рынке, так как не разработаны интересные для иностранного путешественника туристические продукты, а наличие койкомест в больничных учреждениях и средняя обеспеченность медицинским персоналом на 1000 чел. населения изменить ситуацию не способны.

В поддержку возможности внедрения в Казахстане медицинского туризма приведены данные Министерства здравоохранения и социального развития Республики Казахстан за 2015 г. [18], в которых указывается на расширение доли частного сектора среди поставщиков медицинских услуг ГОБМП до 14 % в 2010 г. и до 27,4 % в 2014 г. По данным статистики, кардиологическая и кардиохирургическая служба увеличила количество кардиохирургических вмешательств ежегодно с 7 тыс. до 70 тыс.

*Применение механизмов ГЧП в здравоохранении.* Механизмы ГЧП, предназначенные для оживления рыночной системы

здравоохранения, преследуют конкретные цели для развивающихся стран. Такими целями в области медицинского туризма являются:

- обеспечение высококачественных медицинских услуг внутри страны во избежание вынужденного выезда больных пациентов из страны в поисках необходимого лечения;
- внедрение в медицинских вузах профильной специализации в области медицинского туризма;
- предотвращение использования средств республиканского бюджета для заграничного лечения государственных чиновников.

Модели ГЧП рассматриваются в данной статье в рамках системных подходов, присущих более широкому понятию, определяемому как государственно-частное взаимодействие (ГЧВ). Это объясняется тем, что здравоохранение относится к социальному сектору, где оценка получаемых выгод от продуктов и услуг, ориентированных на рынок, опосредована. Следуя подходам, сформулированным ведущими международными организациями, специализирующимися в вопросах социального развития, авторы исходят из типологии ГЧВ, разработанной Экономической и социальной комиссией ООН для Азии и Тихого океана (СКАТО4). На рис. 10 отражены 8 типов в структуре ГЧВ. Концепция ГЧВ, ввиду ее социальной ориентированности, предполагает участие международных доноров и партнеров, не ориентированных на прибыль.

В структуре ГЧП является одним из 8 его типов. По причине того, что ГЧП в рамках типологии ГЧВ является исполнительным механизмом внедрения государственно-частного взаимодействия в социальном секторе, внедрение медицинского туризма в развивающихся странах представляется возможным именно посредством соответствующих моделей ГЧП. Таким образом, ГЧП способно мобилизовать инвестиционные потоки на возрастающие нужды социального сектора, в данном случае сектора здравоохранения, а в нем – медицинского туризма.



Рис. 10. Государственно-частное взаимодействие

По результатам проведенного анализа выявлено, что сущность типологии ГЧВ заключается в разнообразии подходов различных типов ГЧВ к решению проблем социального назначения.

*Типу ГЧВ № 1* присущи следующие параметры:

- высокая степень взаимодействия партнеров,
- распределение рисков,
- долгосрочность воздействия,
- контрактная основа,
- разделение ролей партнеров в механизме принятия решений.

*Типу ГЧВ № 2* присущи:

- вовлечение маркетинговых и коммуникационных технологий частного сектора,
- продвижение товаров общественного назначения и субсидий.

*Тип ГЧВ № 3* не приемлет контрактную основу, но охотно внедряет распределение ответственностей между участниками в принятии решений. Он также культивирует совместное государственно-частное финансирование, при котором каждый участник обязан предоставить запрашиваемые финансовые ресурсы. Центральное место в этом типе ГЧВ отводится стратегическим интересам сектора здравоохранения.

*Тип ГЧВ № 4* также не приемлет контрактную основу, но предполагает взаимную коллаборативность. Он предпочитает вертикально-интегрированную структуру организации медицинских функций в системе здравоохранения. Данный тип предусматривает равномерное вовлечение участников из всех секторов национальной экономики.

*Тип ГЧВ № 5* обуславливает финансирование в строгом соответствии с выдвигаемыми требованиями. Он определяет заранее запланированные выгоды и целевые группы благополучателей.

*Тип ГЧВ № 6* ориентирован на контракт, и при этом его длительность рассчитана на краткосрочный период. В нем нет распределения ответственностей в механизме принятия решений. Данный тип ГЧВ предусматривает покупку услуг.

*Тип ГЧВ № 7* нацелен на привлечение финансовых источников и последующий совместный государственно-частный контроль за использованием финансовых средств, осуществляемый врачебным персоналом государственных, так и частных медицинских учреждений.

*Тип ГЧВ № 8* не приемлет контракты и предполагает государственное финансирование частного сектора. Он привлекает гранты или же государственное страхование.

На основе приведенной выше типологии ГЧВ выбор типа ГЧВ № 1, в частности ГЧП, предусматривает, что любой вид деятельности должен быть ориентирован на конкретную реализацию и за основные характеристики:

- использование частных источников финансирования;
- высокую степень сложности, образуемой посредством группирования контрактов;
- новую методику ведения финансового учета и управления [19].

Предлагаемый тип ГЧВ, а именно ГЧП в целях внедрения международного туризма в Казахстане располагает различными моделями ГЧП, призванными обеспечить эффективность и качество функционирования здравоохранения как системы. В частности, это касается развивающихся стран, которым еще предстоит осуществить переход к внедрению моделей ГЧП, всецело ориентированных на качество медицинских продуктов и услуг. В этом контексте внедрение ГЧП можно рассматривать в виде трансформации существующей системы здравоохранения на качественно новый уровень, обеспечивающий высокую эффективность и соответствующую квалификацию в реализации задач здравоохранения. В табл. 2 представлены основные этапы трансформации системы здравоохранения, приемлемой для любой из развивающихся стран, посредством использования моделей ГЧП с целью улучшения системы здравоохранения.

Проведенный анализ выявил, что ГЧП, предназначенные для социального сектора, обладают 5 основными типами функций:

**Поэтапная трансформация системы медицинских продуктов и услуг на модели государственно-частных партнерств**

				Капитация
			<b>Распределение рисков</b>	
		<b>Группирование</b>	Модель основана на длительном контракте, предусматривающем распределение рисков внутри интегрированных медицинских систем.	Модель основана на сделке с провайдером, получающим оплату по RMPM, независимо от использования/неиспользования услуг конечным потребителем. Сделка рассчитана на большие группы населения предписывает определенные условия и требует высокой институциональной зрелости.
<b>FFS</b>	<b>Распределение бонусов (P4P, P4Q, РСМН)</b>	Модель построена на заранее просчитанной компенсации отдельным группам медицинских услуг. Все риски включены.		
Модель рассчитана на объемы услуг, низкие риски и фиксированную оплату за услуги.	Модель основана на бонусах, выплачиваемых за: эффективную координацию менеджмент, оценку качества услуг и их затрат, сопоставимых с первоначально установленными целями.			

- инфраструктурное развитие;
- реабилитация жилищно-хозяйственного комплекса;
- становление гражданского общества;
- сеть государственного управления;

- институциональное сотрудничество по совместному производству и распределению рисков.

Ввиду того, что медицинский туризм предполагает развитие специфической медико-туристической инфраструктуры, данная инфраструктурная направленность подтверждает факт того, что нашему анализу больше всего соответствует тип ГЧП, который, в свою очередь, предусматривает наличие проектов ГЧП, отличающихся друг от друга по типу, к примеру, BOOT, DBFO и т.д. Данные типы проектов ГЧП объединены под общими критериями проектов такими, как финансирование, контроль, форма собственности. Результаты исследования практиков медицинского туризма в отношении эффективности проектов ГЧП показали, что 27-30 % мегапроектов, реализованных в соответствии с первоначально запланированным графиком и бюджетом, являются государственными, а 76-78 % – это проекты ГЧП [20]. Таким образом, эффективность проектов ГЧП обоснована эмпирическими исследованиями.

На основании выявленных проведенным анализом фактов в данной статье рекомендуется использовать модели ГЧП для внедрения медицинского туризма в Казахстане. Однако такое внедрение должно быть последовательным в соответствии с поэтапной трансформацией системы здравоохранения на новый качественный уровень, обуславливающий оптимальную эффективность и качество медицинских продуктов и услуг. Что касается специфической модели ГЧП применительно к отдельным видам услуг в медицинском туризме, ее конкретная конфигурация проявится только на фоне специфических требований каждого отдельно взятого вида услуг медицинского туризма. К настоящему моменту по результатам исследования предлагается практическая модель ГЧП, которая может быть модифицирована в целях ее внедрения на практике в соответствии с условиями индивидуального проектного соглашения (рис.11).

**Обсуждение результатов.** При анализе, проведенном для исследования постановочных вопросов данной статьи, использованы 3 критерия: динамика рынка здравоохранения, культурологическая совместимость и географическое расположение стран. На основе этих критериев были выбраны сопоставимые



Рис. 11. Модель государственно-частного партнерства по медицинскому туризму

страны из категории развивающихся стран для определения возможности развития медицинского туризма в Казахстане. С целью выявления механизмов внедрения медицинского туризма в развивающейся стране были проанализированы 6 факторов:

- число въезжающих в страну туристов;
- соотношение количества частных и государственных клиник;
- совокупные и индивидуальные расходы в здравоохранении;
- качество медицинской оснащённости;
- международное признание;
- туристические аспекты, включая критерий доступности.

В результате проведенного анализа было выявлено, что развитие медицинского туризма в Казахстане возможно, предпосылки к этому в целом благоприятные.

В качестве мер, необходимых для развития медицинского туризма, установлены следующие требования:

- применение механизмов ГЧП,
- укрепление туристической инфраструктуры,
- увеличение количества прибывающих в страну туристов.

Кроме того, проведенный анализ подтвердил необходимость увеличения расходов на здравоохранение с целью оживления ее рыночной динамики. Следует отметить, что только после повышения расходов на цели здравоохранения будет возможным полноценное развитие казахстанского медицинского туризма, который может стать действенным рычагом диверсификации медицинских услуг в секторе здравоохранения и тем самым способствовать оживлению его рыночной динамики.

В качестве конкретного механизма внедрения медицинского туризма в Казахстане предлагается практическая модель ГЧП, способная адаптироваться к условиям индивидуального проектного соглашения. Участниками такого соглашения могут быть как государственные, так и частные медицинские учреждения в соответствии с действующими нормативно-правовыми актами, регламентирующими деятельность ГЧП [21]. Ввиду инфраструктурной направленности медицинского туризма предлагаемая модель обеспечит оптимальную эффективность и качество медицинского обслуживания в случае осуществления трансформации системы здравоохранения, ориентированной на эффективность и качество. В этом контексте предлагается конкретная схема поэтапной трансформации, построенной на механизме ГЧП.

### **Выводы**

1. Развитие медицинского туризма в Казахстане в качестве инструмента диверсификации продуктов и услуг в секторе здравоохранения, а также рычага оживления динамики этого сектора на глобальном рынке медицинских услуг, возможно.

2. Внедрение медицинского туризма предлагается осуществить посредством использования механизмов ГЧП: (а) модели ГЧП и (б) модели системной трансформации на качество и эффективность.

3. Внедрение механизмов ГЧП в систему здравоохранения должно быть поэтапным. Экономическая/финансовая эффектив-

ность системы будет обеспечена на основе концепции ГЧП, ориентированной на эффективность и качество.

4. Внедрение практической модели ГЧП должно быть адаптировано к специфическим условиям внедряемого вида (ов) продуктов и услуг медицинского туризма.

### Список литературы

1 *Keehan S.* National Health Care Projections 2015-2025. *Health Affairs*. – 2017. – (17) 2, P. 11-27.

2 *Carrera P. & Bridges, J.F.P.* (2006). Globalization and healthcare: understanding health and medical tourism // *Expert Review of Pharmacoeconomics & Outcomes, Research, Future Drugs*, 7 (1). – P.447-445.

3 *Medhekar A.* Growth of Medical Tourism in India and Public-Private Partnerships. Refereed paper presented at the Seventh International Institute of Development Studies, Conference on Globalization and Development. – Calcutta, 2010. – 46 p.

4 *Osborne S.* Public-Private Partnership: Theory and Practice in International Perspective. – New York: Routledge, 2001. – 214 p.

5 *Шаекин Ж.О.* Анализ развития международного туризма в Казахстане. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://articlekz.com/article/8505>. – Заглавие с экрана (дата обращения: 17.02.2017).

6 *Исабеков С.* Проблемы развития туризма в Республике Казахстан. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://yvision.kz/post/482773>. – Заглавие с экрана (дата обращения: 02.02.2017).

7 *Christensen T.* The Norwegian front-end governance regime of major public projects // *International Journal of Managing Project Business*. – 2011. – № 4 (2). – P.218-239.

8 *Hodge G. & Greve, C.* The Challenge of Public-Private Partnerships: Learning from International Experience. Cheltenham: Edward Elgar Publishing, 2005. – 361 p.

9 *Barrows D.* Public Private Partnerships in Canadian Healthcare: a case study of the Brampton Civic Hospital // *OECD Journal on Budgeting*. – 2011. – Vol. 12/1. – 16 p.

10 *Mitchell M.* An Overview of Public-Private Partnerships in Health. Boston: Harvard School of Public Health, 2008. – 30 p.

11 *Zhou P. & Fang, D.* A life-cycle PPP risk management framework for infrastructure projects // *Journal of Financial Management of Property and Construction.* – 2008. – № 13. – P. 123-142.

12 *Bloomfield P.* The challenging business of long-term Public-Private Partnerships: reflection on local experiences // *Public Administration Journal Review* (66). – 2006. – 400-411 p.

13 *Lunt S. et al.* Medical Tourism: Treatments, Markets, Health Care System Implications: a scoping review. Vienna: OECD, 2015. – 361 p.

14 *Apanaviciene R. & Rudzianskaite-Kvaraciejiene, R.* Analysis of Evaluation Methodologies for Public-Private Partnership Projects in Infrastructure. Vilnius: Gedimanas Technical University, 2010. – P. 1 – 19 p.

15 Об утверждении Правил разработки или корректировки, проведения необходимых экспертиз инвестиционного предложения государственного инвестиционного проекта, а также планирования, рассмотрения, отбора, мониторинга и оценки реализации бюджетных инвестиций // Приказ министра национальной экономики Республики Казахстан от 5 дек. 2014 г. № 129, ст. 1 (19).

16 *Monnet J.* Doctrine of Principles. Heidelberg, 2003. – P. 1-51.

17 *Glass G.V.,* Primary, Secondary Meta-Analysis of Research. Educational Researcher. – 1976. – V. 5, No.10. – P. 3-8.

18 Стратегические перспективы развития ГЧП в здравоохранении и инвестиционная привлекательность сектора здравоохранения Казахстана. МЗСР РК. – Астана. 2015. – [Электронный ресурс] – URL: [http://kppf.kz/wp-content/uploads/2015/08/RUS\\_01\\_MHSD-RK\\_B5.pdf](http://kppf.kz/wp-content/uploads/2015/08/RUS_01_MHSD-RK_B5.pdf)

19. *Hodge, G.* Public private partnerships and legitimacy // *UNSW Law Journal.* – 2006. – № 29 (3). – P.1-10.

20 *McDonald, M.* Review of Large Public Procurement Firms: an international empirical analysis // *Journal of Finance Initiative.* – 2002. – № 49, (2). – P. 403-452.

21 О государственном и частном партнерстве / Закон Республики Казахстан от 31 окт. 2015 г. № 379-V ЗРК. Гл. 1. Ст. 6.

# БИОЛОГИЯ

---

МРНТИ 34.27.17

*С.М.Шайхин<sup>1</sup>, Г.К.Абитаева<sup>1</sup>, А.К.Молдагулова<sup>1</sup>,  
Д.С.Шайхина<sup>1</sup>, Э.Е.Бекенова<sup>1</sup>,  
З.С.Сармурзина<sup>1</sup>, К.Д.Закарья<sup>1</sup>, А.Б.Абжалелов<sup>1</sup>*

<sup>1</sup>Республиканская коллекция микроорганизмов,  
г. Астана, Казахстан

## ВЛИЯНИЕ СТРЕССА НА СВОЙСТВА ЛАКТОБАКТЕРИЙ

---

**Аннотация.** Условия пребывания в желудочно-кишечном тракте организма млекопитающих являются крайне опасными для жизни микробов из-за присутствия желчи, кислот, ферментов и других факторов стресса, как осмотический и окислительный, недостаток питания и присутствие антимикробных продуктов. В отношении адаптации к организму хозяина пробиотических микробов обзор литературы показал, что структуры клеточной поверхности, шапероны, специальные регуляторные системы и экспортеры и/или ферменты выявляют способность у определенных штаммов лактобактерий выживать в условиях кислого или желчевого стресса. Пробиотические МКБ взаимодействуют с разными рецепторами иммунных клеток и оказывают модулирующее влияние на функции эпителиальных клеток. Некоторые из этих взаимодействий схожи с таковыми для патогенов и отсутствуют у резидентных и комменсальных микробов. Поскольку у МКБ отсутствуют ткань-разрушающие функции и природные факторы вирулентности, в конечном итоге их взаимодействие с хозяином в целом полезно.

**Ключевые слова:** лактомолекулярные механизмы, устойчивость микробов к стрессу, адаптация лактобактерий.



**Түйіндемe.** Сүтқоректілер организмдерінің асқазан-ішек жолында болу шарттары микробтардың өміріне өте қауіпті, өттің, қышқылдың, ферменттердің және басқа да стресс сияқты факторлардың, осмостің және қышқылдың жетіспеушілігі, микробқа қарсы өнімдердің қатысуы болып табылады. Пробиотикалық микробтардың иесін организмге қатысты бейімде-

лу әдебиетке шолуда көрсеткендей, жасуша бетінің құрылымдары, шаперондар, арнайы реттеуші жүйелер мен экспорттаушылар және/немесе ферменттер, белгілі бір штамдарының лактобактериясы қышқыл немесе желчевиялық стресс кезіндегі қабілетін анықтайды. Пробиотикалық СҚБ әр түрлі иммундық жасушалардың рецепторларымен өзара іс-қимыл жасайды және эпителилі жасушалардың функцияларына модульдық әсер көрсетеді. Резиденттық және комменсальдық микробтар жоқ болса, осындай патогендердің кейбіреулері өзара ұқсас. Өйткені СҚБ-да жасуша бұзатын функциялары және табиғи факторлардың вируленттары, сайып келгенде, олардың өзара іс-қимыл иесі, тұтастай алғанда пайдалы.

**Түйінді сөздер:** молекулярлы механизм, стресске тұрақтылығы, бейімделу.



**Abstract.** Conditions of stay in the gastrointestinal tract of the mammalian organism are extremely dangerous for the life of microbes due to the presence of bile, acids, enzymes and other stress factors such as osmotic and oxidative, lack of nutrition, and the presence of antimicrobial products. Concerning the adaptation of probiotic microbes to the host organism, a review of the literature has shown that cell surface structures, chaperones, special regulatory systems and exporters and / or enzymes determine the ability of certain strains of lactobacilli to survive in conditions of acidic or bile stress. Probiotic LABs interact with different receptors of immune cells and have a modulating effect on the functions of epithelial cells. Some of these interactions are similar to those for pathogens and are absent in resident and commensal microbes. Since tissue - destructive functions and natural factors of virulence lack in the LAB, ultimately their interaction with the host is generally beneficial.

**Key words:** molecular mechanism, stress tolerance, adaptation.

**Введение.** Становится все более очевидным, что человеческий организм находится в полной гармонии со сложной экосистемой, которая состоит более чем из 1000 различных видов бактерий, населяющих ротовую полость, верхние дыхательные пути, желудочно-кишечный тракт (ЖКТ), влагалище и кожу. Эти бактерии, известные как микробиота, расселяются в организме сразу после рождения и сохраняются на протяжении всей жизни. Вместе взятые, эти микробы выполняют важную роль в физиологии хозяина, в том числе переваривании и усвоении питательных веществ, защите от патогенов, модуляции иммунного ответа, регуляции накопления жира и стимуляции кишечного

ангиогенеза [1]. Тем не менее понимание того, как различные виды этих бактерий влияют на здоровье человека, остается серьезной проблемой. Как следует из определения, пробиотическая бактерия является "живым микроорганизмом, который при введении достаточных его количеств, полезен для хозяина" [2]. Именно с учетом этого определения в данной области исследуется главным образом воздействие конкретных штаммов, например из функциональных продуктов питания, на здоровье организма-хозяина. Хотя термин "пробиотик" не может быть использован просто как синоним для возможных полезных микробов из состава микрофлоры, все же именно микроорганизмы из человеческой микрофлоры часто являются источниками, из которых выделяют пробиотики на основе таких очевидных и полезных свойств, как выживаемость и выносливость в условиях стресса, присущих организму-хозяину, безопасность и стабильность [3].

В то время как бифидобактерии и другие роды бактерий все чаще применяются в качестве пробиотиков, этот обзор касается лактобактерий, учитывая их длительную историю в традиционном употреблении в пищу продуктов брожения, получаемых от животных (молоко и мясо и т.п.) и от растений (фрукты, овощи и т.п.).

*Лактобактерии*, или молочнокислые бактерии, получили свое название по основному конечному продукту обмена углеводов, которым является молочная кислота. Род *Lactobacillus* объединяет большую гетерогенную группу грамположительных, не образующих спор анаэробных бактерий с низким содержанием G+C [4]. Таксономически род *Lactobacillus* принадлежит к типу *Firmicutes* класса бацилл и порядка *Lactobacillales*, семьи *Lactobacillaceae*. Они привередливы в питании, требуют богатой среды для роста (углеводы, аминокислоты, пептиды, эфиры жирных кислот, соли, нуклеиновые кислоты и витамины) [5].

Кроме ключевой роли в брожении продуктов питания, молочнокислые бактерии (МКБ) обитают в желудочно-кишечном тракте человека и животных в различных количествах в зависимости от вида и возраста хозяина, или расположения в кишечнике. Однако трудно отличить истинно автохтонные МКБ от аллох-

тонных, т.е. бактерий, временно находящихся в желудочно-кишечном тракте организма-хозяина, например, из ферментированных пищевых продуктов или из ротовой полости, которая служит местообитанием для значительного количества МКБ [6]. Последние, по-видимому, составляют лишь незначительную часть фекальной микрофлоры взрослого человека, т.е. около 0,01-0,6 % от общего числа бактерий [7-10]. *L. gasseri*, *L. reuteri*, *L. crispatus*, *L. salivarius* и *L. ruminis*, являются преобладающими автохтонными видами *Lactobacillus* [6]. *L. acidophilus*, *L. fermentum*, *L. casei*, *L. rhamnosus*, *L. johnsonii*, *L. plantarum*, *L. brevis*, *L. delbrueckii*, *L. curvatus*, и *L. sakei* также можно найти в желудочно-кишечном тракте человека в меняющихся количествах [6,11]. Хотя и не столь поддающиеся обнаружению, МКБ все же находятся в образцах биопсии из желудка, тонкого кишечника и толстой кишки, но в значительно меньшем количестве [6].

В отличие от желудочно-кишечного тракта наличие МКБ более выражено в женском мочеполовом тракте, где они часто доминируют над здоровой микрофлорой [12,13]. Наиболее часто встречаемыми видами, обитающими во влагалище, являются *L. crispatus*, *L. gasseri*, *L. iners* и *L. jensenii* [14-17]. Кроме того, в здоровом организме стабильное расселение *Lactobacillus*, по-видимому, является хорошей защитой против урогенитальной инфекции и бактериального вагиноза [18].

*Полезные функции лактобактерий в организме-хозяина.* Показано, что МКБ в различных условиях оказываются полезными для здоровья. Наилучшим подтверждением являются лечение и профилактика кишечных инфекций и постантибиотических синдромов. В результате нескольких мета-анализов установлена эффективность некоторых МКБ в острой инфекционной диарее и профилактике антибиотик-ассоциированной диареи [19]. Пробиотические молочнокислые бактерии имеют общепризнанный высокий статус безопасности "GRAS" ("generally-regarded-as-safe"). И только в редких случаях имеются сообщения об инфекциях, предположительно вызванных пробиотическими лактобактериями, у пациентов с ослабленным иммунитетом или у пациентов с тяжелыми заболеваниями [20,21].

*Основные механизмы действия лактобактерий.* Применение пробиотических МКБ следует из главного предположения о том, что механизмы, которые составляют основу лечебных свойств МКБ, относятся к одной из следующих категорий, иногда перекрывающихся [22-24]:

- 1) ингибирование патогенов и восстановление микробного гомеостаза путем микроб-микробных взаимодействий;
- 2) усиление функции эпителиального барьера;
- 3) модуляция иммунного ответа.

Предложены еще несколько важных механизмов, таких, как деградация токсинных рецепторов, конкуренция за питательные вещества, производство ингибирующих веществ, антипролиферативные эффекты и блокирование участков адгезии [22]. Компоненты бактериальных клеток, такие как ДНК или пептидогликан, также могут участвовать в функциональном механизме пробиотиков. Эффективность пробиотика для потенциального применения в качестве профилактического средства или средства для лечения конкретного заболевания определяется его способностью обладать всеми или многими из этих характерных признаков [22]. Свойство МКБ ингибировать патогены – хорошо известно, так как МКБ веками использовались человеком при хранении продуктов от микробного заражения. Последовательно у МКБ исследовались иммуностимулирующие (адъюванты) и иммунорегулирующие свойства, например, болезнь воспаленного кишечника. Поскольку пробиотики применяются при лечении ЖКТ в форме напитков, продуктов питания или таблеток, свойство МКБ укреплять эпителиальный барьер стенки кишечника против патогенов и токсинов – также все больше привлекает внимание исследователей.

Вследствие комплексного проявления этих функций МКБ разные штаммы вызывают разные ответы в организме-хозяине, поэтому результаты, полученные для одного штамма МКБ, не могут распространяться на другие штаммы. При изучении свойств определенного штамма МКБ важно учитывать его штамм-специфические свойства, например, экспрессировать особые поверхностные молекулы или секретировать белки и метаболи-

ты при взаимодействии с клетками организма-хозяина.

*Адаптация и пробиотические факторы лактобактерий.* Считается, что механизм действия пробиотических МКБ можно изучать в основном на уровне ответных реакций хозяина. Молекулярные же исследования пробиотических штаммов менее изучены. Однако они являются крайне важными ввиду значительных различий между штаммами, с одной стороны, и возникающими противоречиями между результатами исследований *in vitro* и результатами клинических испытаний штаммов МКБ, с другой стороны. Молекулярные исследования пробиотических микробов преследуют важные цели, а именно:

- подбор лучших условий для проявления пробиотических свойств;
- выбор нового штамма с хорошо известными молекулярными критериями.

Существуют 2 главных фактора, вносящих вклад в оптимальную работу пробиотических МКБ. Во-первых, это факторы, которые позволяют бактериям оптимально адаптироваться в новой, временно занятой нише в организме хозяина, т.е. адаптационные факторы. И, во-вторых, факторы, которые прямо отвечают за лечебный эффект, т.е. пробиотические факторы. Эти 2 категории факторов используются для характеристики устойчивых и активных микробов, обладающих лечебной функцией, и называемых пробиотиками [2]. Пробиотические факторы выполняют, как уже сказано выше, 3 основных функции:

- поддержание микробного баланса,
- защита эпителия,
- иммуномодуляция.

"Факторы адаптации" косвенно поддерживают пробиотическое действие, хотя прямо не отвечают за лечебный эффект и порой трудно провести грань между адаптационными и лечебными факторами. Адаптационные факторы включают: устойчивость к условиям стресса, активный метаболизм, адаптированный в условиях организма-хозяина, и адгезию МКБ к слизи и эпителиальной ткани. В этом аспекте много общего между патогенами, такими, как *Salmonella enterica serovar Typhimurium* и эн-

теропатогенами *Escherichia coli*, которые попадают в ЖКТ через продукты питания, и пробиотиками, назначаемыми при лечении. Обе группы микробов пытаются выжить в жестких условиях желудка и желчи, взаимодействуя с хозяином. Для патогенов это взаимодействие проходит по механизмам инвазии и патогенеза. Для пробиотиков это взаимодействие связано с заживлением, усилением симбиотического взаимодействия, от которого и микробы, и хозяин получают пользу. Таким образом, адаптационные и пробиотические факторы МКБ рассматриваются по аналогии с вирулентными факторами патогенов: одни факторы вносят вклад в выживание и адгезию патогена, а другие факторы, такие, как секреция токсина – прямо вызывают болезни [25].

*Механизмы активного сопротивления лактобактерий стрессовым условиям в организме хозяина.* Пробиотические лактобактерии при попадании в ЖКТ хозяина сталкиваются с различными неблагоприятными для физиологии бактерий условиями среды. Во-первых, они должны выжить в жестких условиях желудка. В организме человека в сутки секретируется 2,5 л желудочного сока, и в голодном состоянии уровень pH составляет 1,5, а при приеме пищи pH повышается до 3 и 5 [26]. О деталях влияния кислотного стресса на физиологию бактерий нет точной и полной картины. Понижение внутриклеточного pH уменьшает разницу по отношению к внеклеточному значению pH, т.е. уменьшает движущую силу протонов, дающую энергию для множества трансмембранных транспортных процессов. Внутриклеточное окисление также инактивирует чувствительные к кислоте ферменты и денатурирует белки и ДНК [27].

Печень в сутки секретирует примерно 1 л желчи в тонкий кишечник [28], что является еще одним вызовом для МКБ в желудочно-кишечном тракте. Желчные кислоты Bile Acids (BA) синтезируются из холестерина и конъюгируют с глицином или таурином. Хотя токсичность желчных кислот для бактерий неясна, молекулы BA, обладая поверхностно-активными, амфипатическими свойствами с потенциальной антимикробной активностью, действуют как детергенты, разрушая биологические мембраны. Кроме того, соли желчи, по-видимому, тоже индуцируют внутри-

клеточное окисление, так что многие механизмы устойчивости к желчи и кислотам схожи [28]. Действительно протонированная форма ВА, по-видимому, проявляет токсичность посредством внутриклеточного подкисления по аналогии с органическими кислотами, как молочная кислота, продуцируемая самими МКБ. Эти кислоты могут пассивно диффундировать в недиссоциированной форме через клеточные мембраны (или через транспортеры) и в цитоплазме быстро диссоциируют на протоны и заряженные производные, для которых клеточная мембрана уже непроницаема [27].

Помимо устойчивости к кислотам и желчи можно ожидать, что взаимодействие с другими микробами и с клетками иммунной системы и различными антимикробными продуктами, которые они секретируют, может дополнительно вызывать серьезную угрозу для пробиотических микроорганизмов. Остается неисследованной тема устойчивости МКБ к окислительному и осмотическому стрессу, которая развивается в некоторых работах для патогенов [29,30]. Интересен часто наблюдаемый феномен перекрестной адаптации, т.е. когда защита от одного стрессового фактора (ВА) также становится защитой против другого стрессового фактора (рН), предполагая некие общие механизмы [27,28,31]. В этой связи неактивно растущие в стационарной фазе клетки, как правило, более устойчивы к различным стрессам, чем клетки в ранней логарифмической фазе.

К настоящему моменту уже известен целый ряд мутантных фенотипов МКБ, выявленных в функциональном анализе устойчивости к стрессу в масштабе генома (таблица). Хотя эксперименты проводились в разных условиях культивирования (типы стресса, штаммы, время экспозиции и фазы роста), можно выделить несколько общих положений. Некоторые факторы имеют скорее неспецифичный вклад в устойчивость к стрессу, такие, например, как поддержание целостности клеточной стенки, защита и репарация макромолекул. Другие факторы специфичны, как, например, специально предназначенные чувствительные к стрессу экспортирующие системы. Более подробно

механизмы устойчивости к стрессу МКБ представлены в некоторых работах [26-28,31].

*Поддержание целостности клеточной оболочки.* Макромолекулы, из которых состоят клеточные мембраны и стенки МКБ, в разной степени вносят вклад в поддержание целостности клеточной оболочки в условиях стресса. Например, снижение значений pH вызывает изменения в составе жирных кислот клеточной мембраны штамма *L. casei* из ротовой полости [32]. Похожим образом соли желчных кислот вызывают изменения в клеточных мембранах *L. reuteri* CRL1098 [33]. Для некоторых МКБ были определены гены, вовлеченные в эти изменения, например, с использованием ДНК микрочип-анализа была обнаружена 2- и 3-кратная индукция гена с предположительной функцией фосфатидилглицерофосфатазы в *L. reuteri* ATCC 55730 после шока кислотой до pH 2.7 [34]. Кленхамер и коллеги также сообщили, что инактивация гена LBA1272 из штамма *L. acidophilus* NCFM, кодирующего синтазу циклопропановой жирной кислоты, повышает чувствительность к кислоте [35].

Кроме того, анализ эффектов кислотного стресса на МКБ позволил идентифицировать гены, участвующие в биосинтезе и упорядочении молекул пептидогликана (PG). В кислых условиях индуцируется ген эстеразы Ig1516 из семейства пенициллин-связывающих белков, как было показано с помощью того же ДНК микрочип-анализа экспрессии генов в *L. reuteri* ATCC 55730 [34]. Мутация гена Ig1516 значительно увеличивала чувствительность к стрессу кислотой. Интересно, что Вайтхэд и др. также идентифицировали ген Ig1516 как индуцируемый, но уже от желчи [36]. Они также подтвердили с помощью мутационного анализа важность этого гена для выживания МКБ в условиях желчного стресса. В дополнение к сказанному, с использованием ДНК микрочипов Пфейлер и др. идентифицировали относительно большое количество генов, по-разному экспрессированных в присутствии желчи. Это были гены, ответственные за биосинтез мембран, пептидогликана, и поверхностных белков (например, сортаза A, *srtA*) у *L. acidophilus* NCFM [37]. В экспериментах по действию соли желчи на *L. plantarum* WCFS1 и скрининг библиотеки клони-

**Гены лактобактерий, предположительно вовлеченные в устойчивость к стрессу, и изученные с помощью мутантного анализа**

Функциональная категория	Гены или теги локуса	Идентификационный метод	Предполагаемая функция	Организм	Фенотип мутанта	Ссылка на источник
1	2	3	4	5	6	7
Клеточная оболочка	lr1516	ДНК-микрочип анализ экспрессии генов	Предполагаемая эстераза, участвующая в биосинтезе и реорганизации пептидогликанов	<i>L. reuteri</i> ATCC 55730	Повышенная чувствительность к кислоте и желчи	34,36
	LBA1272	Специальный подход	Синтаза циклопропановой жирной кислоты	<i>L. acidophilus</i> NCFM	Повышенная чувствительность к кислоте	35
	<i>dltD</i>	Специальный подход	D-аланилирование LTA	<i>L. rhamnosus</i> GG	Повышенная чувствительность к искусственному желудочному соку (pH 2), повышенная чувствительность к дефенсинам	42

Продолжение табл.

1	2	3	4	5	6	7
Клеточная оболочка	<i>dltA</i>	Специальный подход	D-аланилирование LTA	<i>L. reuteri</i> 100-23	Снижение приспособленности к кислоте, повышенная чувствительность к дефенсину	43
	<i>slpA</i>	Специальный подход	Белок S-слоя	<i>L. acidophilus</i> NCFM	Повышенная устойчивость к желчи, снижение сопротивляемости осмотическому стрессу	35
	<i>cdpA</i>	Сравнительная геномика (слабое сходство с белками S-слоя)	Белок деления и разделения клеток	<i>L. acidophilus</i> NCFM	Повышенная устойчивость к желчи, снижение сопротивляемости к осмотическому стрессу	35,39
Защита и восстановление ДНК и белков	<i>dps</i>	Анализ экспрессии с помощью микрочипов	Защита ДНК во время голодания и других стрессов	<i>L. reuteri</i> ATCC 55730	Нет значительного увеличения чувствительности к желчи	36

Продолжение табл.

1	2	3	4	5	6	7
	<i>clpL</i>	Анализ экспрессии с помощью микро-чипов	Clp АТФаза (шаперон)	<i>L. reuteri</i> ATCC 55730	Повышенная чувствительность к кислоте и желчи	36,87
	<i>clpE</i>	Анализ экспрессии с помощью микро-чипов	Clp АТФаза (шаперон)	<i>L. reuteri</i> ATCC 55730	Нет значительного увеличения чувствительности к желчи	36
	<i>clpC</i>	R-IVET	Clp АТФаза (шаперон)	<i>L. plantarum</i> WCFS1	Сниженная способность к выживанию <i>in vivo</i>	55,56
	<i>msrB</i>	IVET	Метионин сульфоксид редуктаза (Msr)	<i>L. reuteri</i> 100-23	Сниженная способность к выживанию <i>in vivo</i>	57,58
	<i>luxS</i>	Специальный подход	Активированный метиловый цикл	<i>L. rhamnosus</i> GG	Сниженная способность к выживанию <i>in vivo</i>	62

Продолжение табл.

1	2	3	4	5	6	7
Двухкомпонентная система регуляции	LBA1524	Сравнительная геномика (in silico)	Гистидиновая протеинкиназа	<i>L. acidophilus</i> NCFM	Повышенная чувствительность к кислоте	66
	LBA1430 <sup>a)</sup>	Анализ экспрессии с помощью микрочипов	Гистидиновая протеинкиназа	<i>L. acidophilus</i> NCFM	Повышенная чувствительность к желчи	37
	LBA1431 <sup>a)</sup>	Анализ экспрессии с помощью микрочипов	Регулятор ответа	<i>L. acidophilus</i> NCFM	Повышенная чувствительность к желчи	37
	LBA1432 <sup>a)</sup>	Анализ экспрессии с помощью микрочипов	Гипотетический белок со сходством с RelA / SpoT	<i>L. acidophilus</i> NCFM	Повышенная чувствительность к желчи	37
	<i>rrp-1</i>	Специальный подход	Регулятор ответа	<i>L. sakei</i> 23K	Повышенная чувствительность к кислоте	86
	<i>rrp-48</i>	Специальный подход	Регулятор ответа	<i>L. sakei</i> 23K	Повышенная чувствительность к кислоте	86

Продолжение табл.

1	2	3	4	5	6	7
Активное удаление стрессоров (факторов, связанных со стрессом)	<i>copA</i>	R-IVET	Медь-переноси- щая АТФаза	<i>L. plantarum</i> WCFS1	Снижение кон- курентоспособ- ности в кишеч- нике мыши	55, 56
	<i>gadC</i> (LBA0057)	Сравнительная геномика (геном) <sup>b)</sup>	Глутамат / амини- бутират антипортер	<i>L. acidophilus</i> NCFM	Повышенная чувствитель- ность к кислоте	83
	LBA0867	Сравнительная геномика (геном) <sup>b)</sup>	Регулятор транскрипции	<i>L. acidophilus</i> NCFM	Повышенная чувствитель- ность к кисло- те и желчи	83
	LBA0995	Сравнительная геномика (геном) <sup>b)</sup>	Аминокислотная пермеза	<i>L. acidophilus</i> NCFM	Повышенная чувствитель- ность к кисло- те и желчи	83
Активное удаление стрессоров (факторов, связанных со стрессом)	LBA0996	Сравнительная геномика (геном) <sup>b)</sup>	Орнитин декар- боксилаза	<i>L. acidophilus</i> NCFM	Повышенная чув- ствительность к кислоте, но уве- личенная устой- чивость к желчи	83
	Lr1265	Анализ экспрес- сии с помощью микрочипов	MDR (белок с мно- жественной лекар- ственной устойчи- востью) (ABC транспортер)	<i>L. reuteri</i> ATCC 55730	Снижение адаптации к желчи	36

Продолжение табл.

1	2	3	4	5	6	7
	Lr1584	Анализ экспрессии с помощью микрочипов	белок MDR (основной координатор)	<i>L. reuteri</i> ATCC 55730	Снижение адаптации к желчи	36
	LBA1427 <sup>a)</sup>	Анализ экспрессии с помощью микрочипов	Предполагаемая оксидоредуктаза, роль в модификации соли желчных кислот?	<i>L. acidophilus</i> NCFM	Повышенная переносимость желчи	37
	LBA1428 <sup>a)</sup>	Анализ экспрессии с помощью микрочипов	Гипотетический белок с сходством с редокс-белками, роль в модификации соли желчных кислот?	<i>L. acidophilus</i> NCFM	Повышенная переносимость желчи	37
	LBA1429 <sup>a)</sup>	Анализ экспрессии с помощью микрочипов	белок MDR (основной координатор)	<i>L. acidophilus</i> NCFM	Повышенная чувствительность к желчи	37
	<i>bshA</i>	Сравнительная геномика (геном)	Гидролаза соли желчи	<i>L. acidophilus</i> NCFM	Неспособность гидролизовать соли желчных кислот, конъюгированные с хенодезоксиколовой кислотой; отсутствие измененной то-	79

Окончание табл.

1	2	3	4	5	6	7
Активное удаление стрессоров (факторов, связанных со стрессом)	<i>bshB</i>	Сравнительная геномика (геном)	Гидролаза соли желчи	<i>L. acidophilus</i> NCFM	Неспособность гидролизовать соли желчных кислот, конъюгированные с таурином; отсутствие измененной толерантности к желчи	79
	LJ0056, LJ1147, LJ1413	Сравнительная геномика (геном)	Гидролаза соли желчи	<i>L. johnsonii</i> NCC533	Тройный мутант проявлял стойкость к кишечнику, сходную с таковой у дикого типа	80
	<i>bsh1</i>	Сравнительная геномика (геном)	Гидролаза соли желчи	<i>L. plantarum</i> WCFS1	Снижение толерантности к гликодезоксихолевой кислоте, но не к тауродаексихолевой кислоте	85

а) Гены расположены на опероне в *L. acidophilus* NCFM [37].

б) Геном-информация, основанная на последовательности генома.

рованных промоторов показана индукция нескольких генов, ответственных за функции клеточной стенки, включая гены мурамидаз [38]. Интересно, что мутация в гене *cdpA* у штамма *L. acidophilus* NCFM, предположительно кодирующего фермент модификации клеточной стенки, и тем самым способствующего делению и расхождению дочерних клеток, повышала устойчивость к солям желчи в сравнении с диким типом, но понижала устойчивость к осмотическому стрессу [35,39]. Авторы объяснили такие результаты наличием незрелых структур клеточной стенки в мутантах, где определенные компоненты остались сшитыми, или не разделились. Подобным образом *slpA* мутант *L. acidophilus* NCFM был устойчив к желчи и более чувствителен к осмотическому стрессу [35].

D-Ala эфиры тейхоевых кислот LTA и WTA, по-видимому, необходимы для функционирования и сохранения целостности клетки в условиях стресса, обусловленного низкими pH и присутствием желчи [40]. Например, с помощью ДНК микрочип-анализа в *L. plantarum* WCFS1 был идентифицирован оперон *dlt*, индуцируемый желчью [41]. В дополнение мутант *dltD* штамма *Lactobacillus rhamnosus* GG был крайне неустойчив к обработке искусственным желудочным соком с pH 2 [42]. Напротив, инактивация гена *dltA* штамма грызунов *Lactobacillus reuteri* 100-23 не влияла на жизнеспособность этого штамма *in vitro* в условиях кислотного стресса. Однако *dltA* мутация сильно влияет на рост штамма и степень колонизации кардиального отдела желудка мыши *in vitro* при низких pH (кислотная адаптация) [43].

Роль экзополисахаридов (EPS) в проявлении устойчивости МКБ к кислотам и желчи менее ясна. ДНК микрочип-анализ позволил обнаружить понижение экспрессии генов биосинтеза EPS под действием желчи. У штамма *Lactobacillus acidophilus* – это гены *epsB*, *epsC* и *epsE* [37] и у штамма *Lactobacillus reuteri* ATCC 55730 – ген *lr0957* [36]. Белки *EpsB*, *EpsC* и *lr0957* гомологичны белкам фосфорегуляторной системы, регулирующей биосинтез EPS и длину цепочек полисахаридов в штамме *Streptococcus pneumoniae* [44,45]. Ген *epsE* кодирует, по-видимому, прайминговую гликозилтрансферазу, катализирующую перенос первого

сахара в биосинтезе полимера EPS [37]. Однако биосинтез EPS в присутствии желчи пока еще детально не исследован [46]. Гомополисахариды (HoPSs) штамма *L. reuteri*, как сообщалось, вносят определенный вклад в устойчивость к стрессу путем поддержания мембран в физиологической жидко-кристаллической фазе при неблагоприятных условиях. Однако, хотя оба мутанта по *inu* (inulose sucrose) и *gftA* (glucosyltransferase) штамма *Lactobacillus reuteri* TMW1.106 показали пониженную сопротивляемость к молочной кислоте. Сопротивляемость этих мутантных штаммов к низким pH не была затронута [47].

**Репарация и защита ДНК и белков.** Некоторые белки, участвующие в репарации и защите макромолекул, таких, как ДНК и белки, также важны для защиты от действия кислот и желчи. Внутриклеточное подкисление может приводить к потере пуринов и пиримидинов в молекуле ДНК. Например, с помощью Northern-анализа и метода (RT)-PCR, Каппа и др. наблюдали после понижения уровня pH увеличение уровня экспрессии гена *uvrA*, кодирующего субъединицу A в комплексе (excinuclease ATP-binding cassette), участвующего в репарации брешей, вызванных низкими pH, и сделали предположение об участии комплекса в адаптации штамма *Lactobacillus helveticus* CNBL1156 к кислоте [48]. Также было показано, что и желчные кислоты (BA) индуцируют ДНК повреждения и активацию репарационных ферментов [28]. ДНК микрочип-анализ экспрессии генов показал увеличение экспрессии гена, ответственного за защиту ДНК в условиях голода, у штамма *L. reuteri* ATCC 55730 после его экспозиции в BA [36]. Ген белка неспецифического связывания ДНК (nonspecific DNA-binding protein Dps) участвует в адаптации к нескольким типам стресса у *E. coli*, включая окислительный стресс, облучение, отравление металлами, тепловой стресс и pH стресс [49]. Однако повреждением гена Dps в *L. reuteri* ATCC 55730 не были затронуты как жизнеспособность, так и адаптационные свойства организма в присутствии BA [36], по-видимому, вследствие избыточности ферментов с функциями защиты и репарации ДНК.

Важное место в общем клеточном ответе на стресс зани-

мают, по-видимому, шапероны, которые участвуют в решении множества задач, таких, как сворачивание белков, ренатурация, защита денатурированных белков и удаление разрушенных белков. Основные молекулярные шапероны включают DnaK, GroEL и GroES, являющиеся хорошо известными белками теплового шока. Протеомный метод 2D-мерного электрофоретического анализа в исследованиях кислотной адаптации у штамма *L. delbrueckii subsp bulgaricus* позволил идентифицировать 3 активно индуцируемых белка, т.е. GroES, GroEL и DnaK [50]. Похожий подход был использован для демонстрации индукции DnaK, DnaJ, GrpE, GroES и GroEL в *L. acidophilus* как адаптационный ответ на действие кислоты [51]. Похожим методическим подходом было зафиксировано повышение экспрессии GrpE в толерантных к кислоте мутантах *L. sanfranciscensis* [52] и повышение уровня экспрессии GrpE и DnaK в штамме *L. reuteri* после 1 ч инкубации при pH 4 [53].

ДНК микрочип-анализом у *L. acidophilus* NCFM после обработки желчью было обнаружено повышение экспрессии генов groES, groEL, dnaK, htrA и grpE [37]. Эти белки теплового шока вносят особый вклад в длительную устойчивость к кислотному стрессу. Clp АТФ-азы выполняют похожую роль, атакуя неверно свернутые белки, для деградации пептидазой ClpP, в дополнение к реактивации и ремоделированию активностей [54]. В отличие от белков теплового шока, описанных выше, эти шаперонные белки (Clp), вероятно, особенно важны для быстрого ответа МКБ, когда они попадают в неблагоприятные условия в ЖКТ. ДНК микрочип-анализ штамма *L. reuteri* ATCC 55730 в условиях кислотного шока показал, что одним из индуцированных генов был ген шаперона clpL [34]. Интересно, что желчевый шок индуцировал тот же ген шаперона clpL, в то время как сверхэкспрессии генов шаперонов clp не наблюдали при адаптации к желчи [36]. Мутационный анализ также подтвердил важность этих АТФ-аз с активностью шаперонов. Нокаут мутант-гена шаперона clpL в штамме *Lactobacillus reuteri* ATCC 55730 приводил к значительному понижению показателя выживаемости после инкубации при pH 2.7 [34] или инкубации в 0,3 % желчи [36]. Роль этих шаперо-

нов для выживания в ЖКТ в дальнейшем была исследована с помощью технологии *in vivo* экспрессии (recombinase-based IVET [R-IVET]), позволившей идентифицировать ген *clpC* в качестве одного из индуцированных генов штамма *L. plantarum* WCFS1 в ЖКТ мыши [55]. Последующий мутационный анализ показал, что устойчивость WCFS1 *clpC* мутанта в ЖКТ мыши была в десятки и сотни раз ниже в сравнении с контрольным диким типом [56].

Как упоминалось выше, в ЖКТ возможны другие случаи стресса, например такие, как окислительный стресс. Методом IVET в штамме *L. reuteri* 100-23 был идентифицирован ген, кодирующий фермент метионин сульфоксид редуктазу (*Msr*), который специфично индуцируется в ЖКТ мышей [57]. *Msr* восстанавливает биологическую активность белков, утраченную после окисления метиониновых остатков в метионин сульфоксид, таким образом, защищает бактерии против окислительных повреждений, вызванных, например, активными соединениями азота или кислорода. Точную роль *Msr* в выживании штамма *L. reuteri in vivo* еще предстоит определить. Тем не менее у мышей экологическое проявление мутантного по *msrB* штамма *L. reuteri* было подавлено, как показали детальные эксперименты по мутационному анализу [58]. Желчевый стресс также вызывал окислительный стресс [28]. Брон и соавт. наблюдали повышение уровней экспрессии глутатион редуктазы и оперона *metC-cysK* после обработки желчью штамма *L. plantarum* [41]. Глутатион является важным биомаркером окислительного стресса и может играть важную роль в выживании бактерии *in vivo*. В дополнение к своей ключевой роли в поддержании окислительного состояния тиольных групп белка, глутатион также выполняет ключевую функцию в защите бактериальной клетки от действия низких pH, соединений хлора и осмотического стресса [59]. Метаболизм глутатиона и цистеина тесно связан с активированным циклом метилирования и метаболизмом S-аденозилметионина (SAM) [60]. Этот цикл метилирования играет центральную метаболическую роль и участвует в нуклеотидных модификациях в rRNA, синтезе полиаминов и процессах метилирования. Все эти процессы могут вносить определенный вклад в стабильность макромолекул

в условиях стресса [61]. Примечательно, что два исследования МКБ с применением IVET-технологии определили один общий ген, кодирующий предполагаемую витамин B12-независимую метионин-синтазу, принадлежащую этому активированному циклу метилирования [55,57]. Инактивация этого гена с обозначением *met* в штамме *L. Reuteri* не влияла на экологическое поведение, вероятно, из-за избыточности данной функции у *L. reuteri*. Напротив, фермент *LuxS*, катализирующий преобразование S-рибозил-гомоцистеина в гомоцистеин в том же пути, по-видимому, имеет решающее значение для выживания пробиотического штамма *L. rhamnosus* GG в желудочно-кишечном тракте мышей [62]. В конкурентном анализе с диким типом число *luxS* мутантных клеток, которые выжили после прохождения через ЖКТ, постепенно снижалось до уровня ниже 1 % по сравнению с диким типом [62]. Ли и соавторы показали с помощью протеомного анализа, что при желчевом стрессе в клетках *L. reuteri* активируется SAM синтетаза [63]. Авторы также связывают регуляцию этого фермента с центральной метаболической ролью SAM цикла в обеспечении стабильности бактериальных компонентов.

#### ***Двухкомпонентная и другие регуляторные системы.***

Механизмы специального обнаружения факторов стресса и регуляции экспрессии генов в ответ на эти стимулы также важны для выживания бактерий в неблагоприятных условиях. Хотя эти механизмы не полностью охарактеризованы для МКБ, они часто включают двухкомпонентные регуляторные системы (TCS). Они позволяют бактерии воспринимать и отвечать на изменения в ее окружении после получения внешнего сигнала через трансмембранные воспринимающие домены гистидиновой протеинкиназы (НРК). Как только фермент получает внешний сигнал, он активируется путем автофосфорилирования по специальному гистидиновому аминокислотному остатку. Фосфорильная группа затем передается на домен регулятора ответа (RR-response regulator), который, в свою очередь, индуцирует транскрипционный ответ через свой ДНК-связывающий домен [64]. Различные исследования указывают на роль TCS в ответах МКБ на

стресс. Повреждение генов *grp-1* и *grp-48*, кодирующих регуляторы ответа в *L. sakei* 23K, привело к повышению чувствительности к низким pH [65]. Клэнхэммер и соавторы идентифицировали TCS регуляторную систему (LBA1524-LBA1525) у *L. acidophilus* NCFM, которая похожа на систему LisRK устойчивости к кислоте у бактерии *Listeria monocytogenes* [66]. Инсерционная инактивация НРК приводит к понижению выживаемости клеток в логарифмической фазе роста после стрессового понижения pH до 3,5. Кроме того, с помощью ДНК микрочип-анализа были идентифицированы примерно 80 генов *L. acidophilus* NCFM, для которых мутация в НРК повлияла на их экспрессию [66]. Наиболее разительные изменения в экспрессии генов в НРК мутантах наблюдались для генов, предположительно кодирующих компоненты системы протеолитических ферментов, включая 2 системы транспорта олигопептидов (Орр). Одной из главных функций систем Орр для бактериальных клеток является интернализация пептидов для последующего использования их в качестве источников углерода и азота. Эти транспортные системы также участвуют в рециклировании пептидов клеточной стенки, которые, по-видимому, являются первыми мишенями физиологического и химического стресса, но эта роль еще не полностью исследована для грамположительных бактерий [67,68]. Похожим образом в штамме *L. reuteri* упомянутом выше ДНК микрочип-анализом идентифицирован ген, кодирующий белок RR (Ir1804), как ген индукции после кислотного шока [34]. Этот ген Ir1804 является частью оперона, гомологичного оперону *уусFG Bacillus subtilis*, где белок RR регулирует гены, участвующие в метаболизме клеточной стенки, например, гены компонентов биосинтеза тейхоевых кислот [69]. Дальнейший анализ сигнальных путей в этой системе TCS на примере *Streptococcus pneumoniae* показал, что нефосфорилированная форма *УусF* участвует в регуляции биосинтеза жирных кислот [70].

Характеризуя ответ на желчевый стресс у штамма *L. acidophilus* NCFM с помощью ДНК микрочип-анализа, Пфейлер и соавт. также идентифицировали среди множества других генов 7-kb, 8-генный оперон, кодирующий систему TCS, транс-

портер, оксидоредуктазу, и 4 гипотетических белка [37]. Каждая мутация в транспортере, в белках НРК, RR и гипотетическом белке, который имеет сходство с белком RelA (SpoT) (см. ниже) приводила к ослаблению толерантности к желчи. Мутации в других генах 7-kb оперона, кодирующих другие гипотетические белки и возможную оксидоредуктазу, приводили к значительному усилению толерантности к желчи, что показывает важность данного оперона как для толерантности, так и для чувствительности к желчи. Эти данные позволяют предположить, что система TCS может играть комплексную роль по отношению к действию желчи, но детали регуляторной сети необходимо еще определить [37].

Другие общепринятые темы для важных регуляторов стрессовых ответов в МКБ не так легко обозначить. Например, *relA* участвует, как известно, в синтезе и гидролизе сигнальной молекулы (p)ppGpp, которая участвует в механизме толерантности по отношению к различным типам стресса [71]. В штамме *L. lactis* инактивация гена *guaA*, кодирующего GMP синтетазу, и гена *relA*, участвующего в гуанин-нуклеотидном метаболизме, приводит к увеличению толерантности к кислоте [72]. В *L. reuteri* ATCC 55730, ДНК микрочип-анализом было показано, что уровень экспрессии *relA* был снижен после кислотного шока [34]. Однако необходим дальнейший функциональный анализ, чтобы охарактеризовать роль этой системы в МКБ.

*Активное удаление факторов, связанных с кислотным и желчевым стрессом.* В бактериях также существует множество прямых и весьма конкретных стратегий активного удаления различных стрессовых факторов.

(i) *АТФ-азы.* Мультисубъединичная FoF1 АТФ-аза, облегчающая вытеснение протонов из цитоплазмы под действием протон-движущей силы, является одним из основных протонных насосов, используемых грамположительными бактериями. Дифференциальный дисплей-анализ (DD-PCR) показал, что воздействие низких значений pH для *L. acidophilus* приводит к увеличению уровня mRNA, кодирующей pH-индуцибельную, протон-переносящую FoF1 АТФ-азу [73], но об адресном мутантном анализе еще не сообщалось в литературе. Коркоран и соавторы

использовали спонтанные, устойчивые к неомицину мутанты пробиотического штамма *L. rhamnosus* GG со сниженной FoF1 АТФ-азной активностью, чтобы подчеркнуть важность присутствия сбрасываемых сахаров и синтеза АТФ по гликолитическому пути для вытеснения протонов, осуществляемого FoF1 АТФ-азой [52,74]. Ли и др. также наблюдали с помощью 2D электрофоретического анализа значительную сверхэкспрессию некоторых гликолитических белков в ответ на кислотный стресс. В их числе глицеральдегид-3-фосфат дегидрогеназа, фосфоглицерат мутаза и пируваткиназа, что указывает на важность синтеза богатых энергией интермедиатов (АТФ и NADH) при низком уровне рН [53]. Кроме того, гены, кодирующие FoF1 АТФазу, также активировались в штамме *L. plantarum* под действием желчи [41] в соответствии с тем фактом, что присутствие желчи приводит к умеренному подкислению цитоплазмы, как упоминалось выше.

В последнее время было высказано предположение о роли транспортных АТФ-аз, переносящих тяжелые металлы и поддерживающих гомеостаз меди, в кислотной толерантности *L. bulgaricus* ATCC 11842 [75]. Точная функция этих переносчиков не известна, но примечательно, что Клиребэзэм и коллеги также выявили ген *copA*, кодирующий предполагаемую транспортную АТФ-азу меди (*Ip\_3055*), которая индуцировалась в желудке мыши [55,76]. Эксперименты, связанные с конкуренцией между диким типом и мутантом по гену *copA*, показали, что относительное содержание *copA* мутанта уменьшилось в сотни и тысячи раз после прохождения через ЖКТ мыши [56]. Дэноу и коллеги также выявили желудочно-специфическую экспрессию медь-транспортирующей АТФ-азы в *L. johnsonii* NCC533 [77-81], указывая на то, что она должна иметь некоторую важную, но еще не полностью понятную роль в МКБ *in vivo*.

(ii) Реакции декарбоксилирования аминокислоты и антипорта. В реакциях декарбоксилирования аминокислоты и антипорта, аминокислота транспортируется в клетку, где происходит ее декарбоксилирование. Протон расходуется в этой реакции, и продукт экспортируется из клетки с помощью антипортера. Конечным результатом является увеличение внутриклеточного рН.

Примером такой системы служит глутамат декарбоксилаза (GAD), которая была биохимически охарактеризована для штамма *L. brevis* [82]. Высказано предположение, что ATP может синтезироваться за счет преобразования глутамата в  $\gamma$ -аминобутират (GABA) в МКБ, тем самым, связывая GAD систему с синтезом ATP [83]. Инсерционная инактивация в штамме *L. acidophilus* NCFM показала важность для кислотной толерантности таких ферментов, как орнитин декарбоксилаза, соседняя пермеаза аминокислот, антипортер для пары "глутамат -  $\gamma$ -аминобутират" и транскрипционный регулятор со слабым сходством с регулятором GAD системы, принимающей участие в кислотной толерантности штамма *L. lactis* [84-87]. Кроме того, это исследование подтвердило, что клетки в стационарной фазе роста, как правило, более толерантны к низким pH, чем клетки в логарифмической фазе роста, как обсуждалось выше.

(iii) *ADI путь*. Дополнительный механизм, придающий толерантность к кислоте и желчи, заключается в синтезе щелочных соединений, в частности, аммиака, через аргинин-деиминазный путь, который катализирует превращение аргинина в орнитин, аммиак и CO<sub>2</sub>. Это также приводит к синтезу ATP, обеспечивая экспорт протонов благодаря работе фермента FoF1 ATP-аза [77]. Система состоит из 3-х основных ферментов: аргинин-деиминазы (ADI), орнитин транскарбамилазы и карбамат-киназы, кодируется *arcA*, *arcB* и *arcC* соответственно. Кроме того, *ArcD*, аргинин-орнитин транспортер присутствует во многих организмах и осуществляет обмен этих 2-х молекул без каких-либо затрат энергии. Уайтхед и др. обнаружили гены ADI пути, которые индуцируются в процессе адаптации к желчи в *L. reuteri* ATCC 55730 [35], еще раз подтверждая, что действие желчи может привести к умеренному подкислению цитоплазмы.

(iv) *Транспорт и гидролиз желчи*. Некоторые бактерии используют системы транспорта, относящиеся к семейству транспортеров множественной лекарственной устойчивости (MDR), для экспорта желчи [28]. Роль гена транспортера MDR штамма *L. acidophilus* NCFM в ряду генов, локализованных в опероне TCS, важна для проявления толерантности к желчи [37], как упомина-

ется выше, в параграфе о TCS системе. В своих экспериментах по скринингу генов, откликающихся на присутствие желчи в штамме *L. plantarum* WCFS1, Брон и соавт. определили 3 возможных белка-экспортера, в число которых вошел и ген предполагаемого транспортера MDR (Ip\_3160) [38]. ДНК микрочип-анализом штамма *L. reuteri* ATCC 55730 также идентифицировали 2 предполагаемых гена MDR: Ir1265 и Ir1584, заявленных в качестве индуцибельных желчью генов [36]. Мутационный анализ показал, что инактивация этих 2-х генов не уменьшила выживаемость бактерий после воздействия желчи. Тем не менее мутанты не могли расти в присутствии желчи, предполагая, что эти транспортеры MDR играют важную роль при адаптации к желчи [36].

Некоторые бактерии, как известно, могут ферментативно модифицировать соли кислот желчи [28]. Гидролазы солей кислот желчи (BSH), как правило, внутриклеточные ферменты, которые катализируют гидролиз амидной связи между стероидной составляющей и боковой цепью аминокислоты в желчных кислотах. Активность BSH обнаруживается в основном в организмах, изолированных из ЖКТ млекопитающих (видов *Bifidobacterium*, *L. acidophilus*, *L. gasseri*, *L. johnsonii* и некоторых штаммов *L. plantarum*). В то же время организмы, изолированные из среды без желчных кислот, например, кисломолочных продуктов и овощей (*L. lactis*, *L. delbrueckii*, *L. helveticus*, и *Streptococcus thermophilus*), не обладают активностью BSH [28]. Тем не менее роль BSH в способности выживания этих лактобацилл в ЖКТ остается эфемерной. Недавно сообщалось, что bsh-1 мутант штамма *L. plantarum* WCFS1 теряет толерантность к глицин-конъюгированным солям желчных кислот [78]. Однако инактивация 2-х генов, bshA и bshB, кодирующих ферменты BSH с различными каталитическими активностями в штамме *L. acidophilus* NCFM, не влияла на толерантность к желчи [79]. Более того, тройной нокаут-мутант для всех 3-х BSH белков штамма *L. johnsonii* NCC533 сохранялся в ЖКТ мыши, как и дикий тип [81].

Таким образом, чем ближе мы подходим к пониманию молекулярных механизмов устойчивости к стрессу, тем больше сход-

ства можно найти между пробиотическими и патогенными бактериями. Не удивительно, что эффективные штаммы пробиотических МКБ напоминают патогены по многим признакам, таким, как выживаемость и адгезивность. Вполне вероятно, что для эффективной конкуренции с патогенами МКБ должны использовать те же питательные вещества и сайты адгезии на клетках хозяина.

**Выводы.** Представлены актуальные результаты исследования молекулярных механизмов устойчивости к стрессу у молочнокислых бактерий (МКБ), проводимого в передовых научно-исследовательских лабораториях зарубежья. В отношении адаптации лактобактерий к хозяину обзор литературы показал, что структуры клеточной поверхности, шапероны, специальные регуляторные системы и экспортеры, или ферменты определяют способность у определенных штаммов МКБ выживать в условиях кислого или желчевого стресса. Пристальное внимание исследователей к данной теме обусловлено практическими проблемами способа применения потенциальных пробиотических штаммов МКБ. Следовательно, результаты исследования происходящих в микробиоте последствий после преднамеренного введения пробиотических бактерий могут существенно прояснить понимание процессов, связанных с взаимодействиями полезных микробов с хозяином, имеющих фундаментальные, медицинские и коммерческие аспекты.

### **Список литературы**

1 *Backhed, F., Ley R. E., Sonnenburg J. L., Peterson D. A., Gordon J.I.* Host-bacterial mutualism in the human intestine // *Science*. – 2005.307. 1915-1920.

2 *Hill, C., Guarner, F., Reid, G., Gibson, G. R., Merenstein, D. J., Pot, B. Sanders, M. E.* (2014). Expert consensus document: The International Scientific Association for Probiotics and Prebiotics consensus statement on the scope and appropriate use of the term probiotic. *Nature Reviews. Gastroenterology & Hepatology*, 11(August

2014), 9. <https://doi.org/10.1038/nrgastro.2014.66>

3 *Tuomola, E., R. Crittenden, M. Playne, E. Isolauri, S. Salminen.* 2001. Quality assurance criteria for probiotic bacteria // *Am. J. Clin. Nutr.* 73: 393S-398S.

4 *Sun Z, Harris HMB, McCann A, et al.* Expanding the biotechnology potential of lactobacilli through comparative genomics of 213 strains and associated genera // *Nat. Commun.* 2015; 6(October):8322. Doi: 10.1038/ncomms9322.

5 *Kandler, O., N. Weiss.* 1986. Regular, nonsporing gram-positive rods, p. 1208-1234. In P. H. A. Sneath, N. S. Mair, M. E. Sharpe, and J. G. Holt (ed.). *Bergey's manual of systematic bacteriology.* Williams & Wilkins, Baltimore, MD.

6 *Walter, J.* 2005. The microecology of lactobacilli in the gastrointestinal tract, p. 51-82. In G. W. Tannock (ed.), *Probiotics & prebiotics: scientific aspects* // Caister Academic Press, Norfolk, United Kingdom.

7 *Dal Bello, F., J. Walter, W. P. Hammes, C. Hertel.* 2003. Increased complexity of the species composition of lactic acid bacteria in human feces revealed by alternative incubation condition // *Microb. Ecol.* 45:455-463.

8 *Kimura, K., A. L. McCartney, M. A. McConnell, G. W. Tannock.* 1997. Analysis of fecal populations of bifidobacteria and lactobacilli and investigation of the immunological responses of their human hosts to the predominant strains // *Appl. Environ. Microbiol.* 63:3394-3398.

9 *Sghir, A., G. Gramet, A. Suau, V. Rochet, P. Pochart, J. Dore.* 2000. Quantification of bacterial groups within human fecal flora by oligonucleotide probe hybridization // *Appl. Environ. Microbiol.* 66:2263-2266.

10 *Tannock, G. W., K. Munro, H. J. M. Harmsen, G. W. Welling, J. Smart, P. K. Gopal.* 2000. Analysis of the fecal microflora of human subjects consuming a probiotic product containing *Lactobacillus rhamnosus* DR20 // *Appl. Environ. Microbiol.* 66:2578-2588.

11 *Heilig, H. G. H. J., E. G. Zoetendal, E. E. Vaughan, P. Marteau, A.D.L. Akkermans, W. M. de Vos.* 2002. Molecular diversity of *Lactobacillus* spp. and other lactic acid bacteria in the human intestine as determined by specific amplification of 16S ribosomal // *DNA.*

Environ. Microbiol. 68:114-123.

12 Petrova MI, Lievens E, Malik S, Imholz N, Lebeer S. Lactobacillus species as biomarkers and agents that can promote various aspects of vaginal health // Front. Physiol. 2015;6(MAR): 1-19. doi:10.3389/fphys.2015.00081..

13 Zhou, X., C. J. Brown, Z. Abdo, C. C. Davis, M. A. Hansmann, P. Joyce, J. A. Foster, and L.J. Forney. 2007. Differences in the composition of vaginal microbial communities found in healthy Caucasian and black women // ISME J. 1:121-133.

14 Anukam, K. C., E. O. Osazuwa, I. Ahonkhaj, G. Reid. 2006. Assessment of Lactobacillus species colonizing the vagina of apparently healthy Nigerian women, using PCR-DGGE and 16S rRNA gene sequencing // World J. Microbiol. Biotechnol. 22:1055-1060.

15 Burton, J.P., P.A. Cadieux, G. Reid. 2003. Improved understanding of the bacterial vaginal microbiota of women before and after probiotic instillation // Appl. Environ. Microbiol. 69:97-101.

16 Burton, J. P., and G. Reid. 2002. Evaluation of the bacterial vaginal flora of 20 postmenopausal women by direct (Nugent score) and molecular (polymerase chain reaction and denaturing gradient gel electrophoresis) techniques // J. Infect. Dis. 186:1770-1780.

17 Vasquez, A., T. Jakobsson, S. Ahrne, U. Forsum, G. Molin. 2002. Vaginal Lactobacillus flora of healthy Swedish women // J. Clin. Microbiol. 40:2746-2749.

18 Falagas, M.E., G.I. Betsi, S. Athanasiou. 2007. Probiotics for the treatment of women with bacterial vaginosis // Clin. Microbiol. Infect. 13: 657-664.

19 Johnston BC, Goldenberg JZ, Vandvik PO, Sun X, Guyatt GH. Probiotics for the prevention of pediatric antibiotic-associated diarrhea (Review) // Cochrane Database Syst Rev. 2011;(11):1-49. doi:10.1002/14651858.

20 Kochan P, Chmielarczyk A, Szymaniak L, et al. Lactobacillus rhamnosus administration causes sepsis in a cardiosurgical patient- is the time right to revise probiotic safety guidelines? // Clin. Microbiol. Infect. 2011;17(10):1589-92. doi:10.1111/j.1469-0691.2011.03614.x.

21 Liang, M.T. 2008. Safety of probiotics: translocation and infection. Nutr. Rev. 66:192-202.

22 *Bajaj BK, Claes IJJ, Lebeer S.* Functional mechanisms of probiotics // *J. Microbiol. Biotechnol. Food Sci.* 2015;4(4):321-327. doi:10.15414/jmbfs.2015.4.4.321-327..

23 *Knights D, Silverberg MS, Weersma RK, et al.* Complex host genetics influence the microbiome in inflammatory bowel disease. *Genome Med.* 2014;6(12):107. doi:10.1186/s13073-014-0107-1..

24 *Bron PA, Kleerebezem M, Brummer R-J, et al.* Can probiotics modulate human disease by impacting intestinal barrier function? // *Br. J. Nutr.* 2017:1-15. doi:10.1017/S0007114516004037..

25 *Neves B.M.* Pathogen Strategies to Evade Innate Immune Response?: A Signaling Point of View. 2012;(May 2017). doi:10.5772/37771.

26 *Wu C, Huang J, Zhou R.* Progress in engineering acid stress resistance of lactic acid bacteria // *ApplMicrobiol Biotechnol* 2014;98:1055-1063. doi:10.1007/s00253-013-5435-3..

27 *van de Guchte, M., P. Serror, C. Chervaux, T. Smokvina, S. D. Ehrlich, E. Maguin.* 2002. Stress responses in lactic acid bacteria. *Antonie van Leeuwenhoek* 82:187-216.

28 *Begley, M., C.G. M.Gahan, C.Hill.* 2005. The interaction between bacteria and bile // *FEMS Microbiol. Rev.* 29:625-651.

29 *Weng Y, Chen F, Liu Y, Zhao Q, Chen R, Pan X.* *Pseudomonas aeruginosa* Enolase Influences Bacterial Tolerance to Oxidative Stresses and Virulence. 2016; (December). doi:10.3389/fmicb.2016.01999.

30 *Rychlik, I., and P.A. Barrow.* 2005. *Salmonella* stress management and its relevance to behaviour during intestinal colonisation and infection. *FEMS // Microbiol. Rev.* 29:1021-1040.

31 *Aditya Upadrasta, Catherine Stanton, Colin Hill GFF, Paul and RR.* Improving the Stress Tolerance of Probiotic Cultures: Recent Trends and Future Directions. In: *Effie Tsakalidou, Konstantinos Papadimitriou, ed. Stress Responses of Lactic Acid Bacteria.* 1st ed. Springer US; 2011:P.395-438. doi:10.1007/978-0-387-92771-8\_17.

32 *Fozo, E. M., J. K. Kajfasz, and R. G. Quivey.* 2004. Low pH-induced membrane fatty acid alterations in oral bacteria. *FEMS // Microbiol. Lett.* 238:291-295.

33 *Taranto, M.P., M.L.F. Murga, G. Lorca, G.F. de Valdez.* 2003.

Bile salts and cholesterol induce changes in the lipid cell membrane of *Lactobacillus reuteri* // *J. Appl. Microbiol.* 95:86-91.

34 *Wall, T., M. Bath, R. A. Britton, H. Jonsson, J. Versalovic, and S. Roos.* 2007. The early response to acid shock in *Lactobacillus reuteri* involves the ClpL chaperone and a putative cell wall-altering esterase // *Appl. Environ. Microbiol.* 73:3924-3935.

35 *Klaenhammer, T. R., R. Barrangou, B. L. Buck, M. A. Azcarate-Peril, and E. Altermann.* 2005. Genomic features of lactic acid bacteria effecting bioprocessing and health. *FEMS // Microbiol. Rev.* 29:393-409.

36 *Whitehead, K., J. Versalovic, S. Roos, and R. A. Britton.* 2008. Genomic and genetic characterization of the bile stress response of probiotic *Lactobacillus reuteri* ATCC 55730 // *Appl. Environ. Microbiol.* 74:1812-1819.

37 *Pfeiler, E.A., M.A. Azcarate-Peril, and T.R. Klaenhammer.* 2007. Characterization of a novel bile-inducible operon encoding a two-component regulatory system in *Lactobacillus acidophilus* // *J. Bacteriol.* 189: 4624-4634.

38 *Bron, P. A., M. Marco, S. M. Hoffer, E. Van Mullekom, W. M. de Vos, and M. Kleerebezem.* 2004. Genetic characterization of the bile salt response in *Lactobacillus plantarum* and analysis of responsive promoters in vitro and in situ in the gastrointestinal tract // *J. Bacteriol.* 186:7829-7835.

39 *Altermann, E., B. L. Buck, R. Cano, T. R. Klaenhammer.* 2004. Identification and phenotypic characterization of the cell division protein CdpA. *Gene* 342:189-197.

40 *Neuhaus, F. C., and J. Baddiley.* 2003. A continuum of anionic charge: structures and functions of D-alanyl-teichoic acids in gram-positive bacteria // *Microbiol. Mol. Biol. Rev.* 67:686-723.

41 *Bron, P.A., D. Molenaar, W.M. Vos, and M. Kleerebezem.* 2006. DNA micro-array-based identification of bile-responsive genes in *Lactobacillus plantarum* // *J. Appl. Microbiol.* 100:728-738.

42 *Perea Ve'lez, M., T. L. A. Verhoeven, C. Draing, S. Von Aulock, M. Pfitzenmaier, A. Geyer, I. Lambrichts, C. Grangette, B. Pot, J. Vanderleyden, and S.C.J. De Keersmaecker.* 2007. Functional analysis of D-alanylation of lipoteichoic acid in the probiotic strain

*Lactobacillus rhamnosus* GG // *Appl. Environ. Microbiol.* 73:3595-3604.

43 *Walter, J., D. M. Loach, M. Alqumber, C. Rockel, C. Hermann, M. Pfitzenmaier, and G. W. Tannock.* 2007. D-Alanyl ester depletion of teichoic acids in *Lactobacillus reuteri* 100-23 results in impaired colonization of the mouse gastrointestinal tract. *Environ // Microbiol.* 9:1750-1760.

44 *Bender, M. H., R. T. Cartee, and J. Yother.* 2003. Positive correlation between tyrosine phosphorylation of CpsD and capsular polysaccharide production in *Streptococcus pneumoniae* // *J. Bacteriol.* 185:6057-6066.

45 *Morona, J. K., D. C. Miller, R. Morona, and J.C. Paton.* 2004. The effect that mutations in the conserved capsular polysaccharide biosynthesis genes *cpsA*, *cpsB*, and *cpsD* have on virulence of *Streptococcus pneumoniae* // *J. Infect. Dis.* 189:1905-1913.

46 *Caggianiello G, Kleerebezem M, Spano G.* Exopolysaccharides produced by lactic acid bacteria: from health-promoting benefits to stress tolerance mechanisms // *Appl. Microbiol. Biotechnol.* 2016;100:3877-3886. doi: 10.1007/s00253-016-7471-2..

47 *Schwab, C., J. Walter, G. W. Tannock, R. F. Vogel, and M.G.Ganzle.* 2007. Sucrose utilization and impact of sucrose on glycosyltransferase expression in *Lactobacillus reuteri* // *Syst. Appl. Microbiol.* 30:433-443.

48 *Cappa, F., D. Cattivelli, and P. S. Cocconcelli.* 2005. The *uvrA* gene is involved in oxidative and acid stress responses in *Lactobacillus helveticus* CNBL1156 // *Res. Microbiol.* 156:1039-1047.

49 *Martinez, A., and R. Kolter.* 1997. Protection of DNA during oxidative stress by the nonspecific DNA-binding protein Dps // *J. Bacteriol.* 179:5188-5194.

50 *Lim, E. M., S. D. Ehrlich, and E. Maguin.* 2000. Identification of stress inducible proteins in *Lactobacillus delbrueckii* subsp *bulgaricus* // *Electrophoresis* 21: 2557-2561.

51 *Lorca, G.L., G.F. de Valdez, and A. Ljungh.* 2002. Characterization of the protein synthesis dependent adaptive acid tolerance response in *Lactobacillus acidophilus* // *J. Mol. Microbiol. Biotechnol.* 4:525-532.

52 De Angelis, M., L. Bini, V. Pallini, P. S. Cocconcelli, and M. Gobbetti. 2001. The acid-stress response in *Lactobacillus sanfranciscensis* CB1 // *Microbiology* 147:1863-1873.

53 Lee, K., H. G. Lee, K. Pi, and Y. J. Choi. 2008. Effect of low pH on protein expression by the probiotic bacterium *Lactobacillus reuteri*. *Proteomics* 8: 1624-1630.

54 Frees, D., K. Savijoki, P. Varmanen, and H. Ingmer. 2007. Clp ATPases and ClpP proteolytic complexes regulate vital biological processes in low GC, gram-positive bacteria // *Mol. Microbiol.* 63:1285-1295.

55 Bron, P.A., C. Grangette, A. Mercenier, W.M. de Vos, and M. Kleerebezem. 2004. Identification of *Lactobacillus plantarum* genes that are induced in the gastrointestinal tract of mice // *J. Bacteriol.* 186:5721-5729.

56 Bron, P. A., M. Meijer, R. S. Bongers, W. M. de Vos, and M. Kleerebezem. 2007. Dynamics of competitive population abundance of *Lactobacillus plantarum* *ivi* gene mutants in faecal samples after passage through the gastrointestinal tract of mice // *J. Appl. Microbiol.* 103:1424-1434.

57 Walter, J., N. C. K. Heng, W. P. Hammes, D. M. Loach, G. W. Tannock, and C. Hertel. 2003. Identification of *Lactobacillus reuteri* genes specifically induced in the mouse gastrointestinal tract // *Appl. Environ. Microbiol.* 69: 2044-2051.

58 57=268 Walter, J., P. Chagnaud, G. W. Tannock, D. M. Loach, F. Dal Bello, H. F. Jenkinson, W. P. Hammes, and C. Hertel. 2005. A high-molecular-mass surface protein (Lsp) and methionine sulfoxide reductase B (MsrB) contribute to the ecological performance of *Lactobacillus reuteri* in the murine gut // *Appl. Environ. Microbiol.* 71:979-986.

59 Kullisaar T, Songisepp E, Aunapuu M, et al. Complete glutathione system in probiotic *Lactobacillus fermentum* ME-3 // *Prikl. Biokhim. Mikrobiol.* 2010;46(5):527-531. doi:10.1134/S0003683810050030..

60 Montgomery K, Charlesworth JC, LeBard R, Visscher PT, Burns BP. Quorum sensing in extreme environments. *Life* (Basel, Switzerland) 2013;3(1):131-48. doi:10.3390/life3010131..

61 *Loenen, W.A.M.* 2006. S-Adenosylmethionine: jack of all trades and master of everything? // *Biochem. Soc. Trans.* 34:330-333.

62 *Lebeer, S., I.J.J. Claes, T.L.A. Verhoeven, C. Shen, I. Lambrichts, J.L. Ceuppens, J. Vanderley den, and S.C.J. De Keersmaecker.* 2008. Impact of luxS and suppressor mutations on the gastrointestinal transit of *Lactobacillus rhamnosus* GG // *Appl. Environ. Microbiol.* 74:4711-4718.

63 *Lee, K., H. G. Lee, and Y. J. Choi.* 2008. Proteomic analysis of the effect of bile salts on the intestinal and probiotic bacterium *Lactobacillus reuteri* // *J. Biotechnol.* 137:14-19.

64 *E.J. Capra and M.T. Laub.* The Evolution of Two-Component Signal Transduction Systems. *Annu Rev Microbiol.* 2012;66:325-347. doi:10.1146/annurev-micro-092611-150039.

65 *Morel-Deville, F., F. Fauvel, and P. Morel.* 1998. Two-component signal transducing systems involved in stress responses and vancomycin susceptibility in *Lactobacillus sakei* // *Microbiology* 144:2873-2883.

66 *Azcarate-Peril, M.A., O. McAuliffe, E. Altermann, S. Lick, W. M. Russell, and T. R. Klaenhammer.* 2005. Microarray analysis of a two-component regulatory system involved in acid resistance and proteolytic activity in *Lactobacillus acidophilus* // *Appl. Environ. Microbiol.* 71:5794-5804.

67 *Lazazzera, B.A.* 2001. The intracellular function of extracellular signaling peptides // *Peptides* 22:1519-1527.

68 *Do H, Kumaraswami M.* 2016. Structural Mechanisms of Peptide Recognition and Allosteric Modulation of Gene Regulation by the RRNPP Family of Quorum-Sensing Regulators // *J Mol Biol.* 428(14):2793-804. doi: 10.1016/j.jmb.2016.05.026. Epub 2016 Jun 7.

69 *Howell, A., S. Dubrac, K. K. Andersen, D. Noone, J. Fert, T. Msadek, and K. Devine.* 2003. Genes controlled by the essential YycG/YycF two-component system of *Bacillus subtilis* revealed through a novel hybrid regulator approach // *Mol. Microbiol.* 49:1639-1655.

70 *Maria L. Mohedano, Mónica Amblar, Alicia de la Fuente JMW and, López P.* The response regulator YycF inhibits expression of the fatty acid biosynthesis repressor FabT in *Streptococcus*

pneumonia // *Front. Microbiol.* 2016;7(January):1-14. doi:10.3389/fmicb.2016.01326.

71 *Srivatsan, A., J.D. Wang.* 2008. Control of bacterial transcription, translation and replication by (p)ppGpp. *Curr. Opin. Microbiol.* 11:100-105.

72 *Rallu, F., A. Gruss, S. D. Ehrlich and E. Maguin.* 2000. Acid- and multistress-resistant mutants of *Lactococcus lactis*: identification of intracellular stress signals // *Mol. Microbiol.* 35:517-528.

73 *Kullen, M.J. and T.R. Klaenhammer.* 1999. Identification of the pH inducible, proton-translocating F1FO-ATPase (atpBEFHAGDC) operon of *Lactobacillus acidophilus* by differential display: gene structure, cloning and characterization // *Mol. Microbiol.* 33:1152-1161.

74 *Corcoran, B. M., C. Stanton, G. F. Fitzgerald, and R.P. Ross.* 2005. Survival of probiotic lactobacilli in acidic environments is enhanced in the presence of metabolizable sugars // *Appl. Environ. Microbiol.* 71:3060-3067.

75 *Penaud, S., A. Fernandez, S. Boudebouze, S. D. Ehrlich, E. Maguin, and M. van de Guchte.* 2006. Induction of heavy-metal-transporting CPX-type ATPases during acid adaptation in *Lactobacillus bulgaricus* // *Appl. Environ. Microbiol.* 72:7445-7454.

76 *Marco, M.L., R.S. Bongers, W.M. de Vos, and M. Kleerebezem.* 2007. Spatial and temporal expression of *Lactobacillus plantarum* genes in the gastrointestinal tracts of mice // *Appl. Environ. Microbiol.* 73:124-132.

77 *Cunin, R., N. Glansdorff, A. Pierard, and V. Stalon.* 1986. Biosynthesis and metabolism of arginine in bacteria // *Microbiol. Rev.* 50:314-352.

78 *Lambert, J., R. Bongers, W. de Vos, and M. Kleerebezem.* 2008. Functional analysis of four bile salt hydrolase and penicillin acylase family members in *Lactobacillus plantarum* WCFS1 // *Appl. Environ. Microbiol.* 74:4719-4726.

79 *McAuliffe, O., R.J. Cano and T. R. Klaenhammer.* 2005. Genetic analysis of two bile salt hydrolase activities in *Lactobacillus acidophilus* NCFM // *Appl. Environ. Microbiol.* 71:4925-4929.

80 *Denou, E., B. Berger, C. Barretto, J. M. Panoff, F. Arigoni, and H. Brussow.* 2007. Gene expression of commensal *Lactobacillus*

johnsonii strain NCC533 during in vitro growth and in the murine gut // J. Bacteriol. 189:8109-8119.

81 Denou, E., R. D. Pridmore, B. Berger, J. M. Panoff, F. Arigoni, and H. Brussow. 2008. Identification of genes associated with the long gut persistence phenotype of the probiotic *Lactobacillus johnsonii* strain NCC533 using a combination of genomics and transcriptome analysis // J. Bacteriol. 190:3161-3168.

82 Ueno, Y., K. Hayakawa, S. Takahashi, and K. Oda. 1997. Purification and characterization of glutamate decarboxylase from *Lactobacillus brevis* IFO 12005 // Biosci. Biotechnol. Biochem. 61:1168-1171.

83 Higuchi, T., H. Hayashi and K. Abe. 1997. Exchange of glutamate and aminobutyrate in a *Lactobacillus* strain // J. Bacteriol. 179:3362-3364.

84 Azcarate-Peril, M. A., E. Altermann, R. L. Hoover-Fitzula, R. J. Cano, and T.R. Klaenhammer. 2004. Identification and inactivation of genetic loci involved with *Lactobacillus acidophilus* acid tolerance. Appl. Environ // Microbiol. 70:5315-5322.

85 Lambert, J. M., R. S. Bongers, and M. Kjeerebezem. 2007. Cre-lox-based system for multiple gene deletions and selectable-marker removal in *Lactobacillus plantarum* // Appl. Environ. Microbiol. 73:1126-1135.

86 Morel-Deville, F., F. Fauvel, and P. Morel. 1998. Two-component signal transducing systems involved in stress responses and vancomycin susceptibility in *Lactobacillus sakei* // Microbiology 144:2873-2883.

87 Antikainen, J., V. Kupannen, K. Lahteenmaki, and T.K. Korhonen. 2007. pH-dependent association of enolase and glyceraldehyde-3-phosphate dehydrogenase of *Lactobacillus crispatus* with the cell wall and lipoteichoic acids // J. Bacteriol. 189:4539-4543.

**Шайхин Серик Мурзахметович**, доктор биологических наук, заведующий лабораторией генетики и биохимии микроорганизмов

**Абитаева Гулям Кауркеновна**, научный сотрудник, email: g.abitayeva@rcm.kz

**Молдагулова Асель Кожухановна**, младший научный сотрудник

**Шайхина Диана Сериковна**, младший научный сотрудник

**Бекенова Эленора Ербубековна**, младший научный сотрудник

**Сармурзина Зинигуль Сериковна**, кандидат биологических наук,  
заведующая лабораторией микробиологии

**Закарья Кунсулу Дальтоновна**, доктор биологических наук, заместитель  
генерального директора

**Абжалелов Ахан Бекманович**, доктор биологических наук,  
генеральный директор

# СТРОИТЕЛЬСТВО

---

---

МРНТИ 67.15.15

К.А.Бисенов<sup>1</sup>, С.А.Монтаев<sup>2</sup>, Р.А.Нарманова<sup>1</sup>, Н.О.Аппазов<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Кызылординский государственный университет  
им. Коркыт Ата, г. Кызылорда, Казахстан

<sup>2</sup>Западно-Казахстанский аграрно-технический университет  
им. Жангих-Хана, г. Уральск, Казахстан

## ЭКОЛОГО-ЭКОНОМИЧЕСКИЕ ПЕРСПЕКТИВЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ НЕФТЕШЛАМОВ В СОСТАВЕ КЕРАМЗИТА\*

---

---

**Аннотация.** Разработана ресурсосберегающая технология гранулированного пористого теплоизоляционного материала типа "керамзит", основанная на рациональном использовании некондиционного природного сырья и отходов нефтедобычи. Созданы рациональные технологические режимы и параметры производства керамзита при способе пластического формования. Предлагаемая технология предусматривает использование не вспучивающихся лёссовидных суглинков, барханного песка и нефтешлама, что значительно расширяет сырьевую базу для производства керамзита и способствует получению эколого-экономического эффекта. Реализация технологии в производстве керамзита позволяет отказаться от дорогостоящей энерговыделяемой добавки угля, нефти, снизить энергозатраты на сушку и обжиг изделий на 25-30 %. Установлено, что процесс горения нефтешлама в составе конгломератной смеси позволяет повысить температуру внутри печи и ускорить процесс вспучивания керамической массы за счет выгорания органических компонентов, как асфальтены, масла, смолы. Полученный материал может использоваться строительными организациями.

**Ключевые слова:** нефтеотходы, нефтешлам, утилизация нефтешламов, керамзит, экология, не вспучивающиеся глины, барханный песок, топливосодержащий компонент.

---

*\*Исследование проведено на базе аккредитованной лаборатории инженерного профиля "Физико-химические методы анализа" Кызылординского государственного университета им. Коркыт Ата за счет средств грантового финансирования научных исследований на 2015-2017 гг. Комитета науки Министерства образования и науки Республики Казахстан.*

**Түйіндеме.** Зерттеу мақсаты – табиғи шикізатты және мұнай өндіруде түзілген қалдықтарды тиімді пайдалануға негізделген "керамзит" түріндегі түйіршіктелген кеуекті жылу оқшаулағыш материалдар алудың ресурсөнемді технологиясын жасау. Пластикалық тәсілмен керамзит алудың ұтымды технологиялық көрсеткіштері және параметрлері жасалды. Ұсынылатын технология нашар ісінетін саз тәрізді топырақты, барханды құмды және мұнай шламын пайдалану керамзит өндірісінің шикізат базасын кеңейтуге және экология-экономикалық тиімділігін арттыруға мүмкіндік береді. Ұсынылатын технологияны керамзит өндірісінде жүзеге асыру қымбатқа түсетін энергия бөлінетін көмір, мұнай қоспаларынан бас тартуға, бұйымдарды кептіруге және күйдіруге жұмсалатын энергия мөлшерін 25-30 % төмендетуге мүмкіндік береді. Конгломератты қоспа құрамындағы мұнай шламының жану процесі пеш ішіндегі температураны жоғарылатып, асфальтендер, майлар, шайырлар тәрізді органикалық қосылыстардың жануы есебінен керамикалық массаның ісіну процесінің жылдамдығының артатындығы анықталды. Алынған материалды құрылыс мекемелері пайдаланалды.

**Түйінді сөздер:** мұнай қалдықтары, мұнайшламы, көдеге асыру, керамзит, экология, нашар ісінетін саз топырақ, шағыл құм, конгломерат, отынқұрамдас компонент.



**Abstract.** The purpose of the research is the development of resource-saving technology for granular porous heat-insulating material of the "expanded clay" type, based on the rational use of substandard natural raw materials and oil production wastes. Rational technological regimes and parameters for the production of expanded clay in the method of plastic molding are developed. The proposed technology provides for the use of non-intumescent loess-like loams, barkhan sands and oil-slime, which significantly expands the raw material base for the production of expanded clay and contributes to the ecological and economic effect. The implementation of the proposed technology in the production of expanded clay allows to abandon the costly energy-releasing coal and oil additive, reduce energy consumption for drying and roasting the product by 25-30 %. It is established that the process of burning oil-slime in the conglomerate mixture allows to increase the temperature inside the furnace and accelerate the process of expanding the ceramic mass by burning out organic components like asphaltenes, oils and resins. The resulting material can be used by building organizations.

**Key words:** oil waste, oil-slime, recycling, expanded clay, ecology, non-intumescent clays, barkhan sand, conglomerate, fuel-containing component.

**Введение.** Нефтяная промышленность составляет основу современной экономики, в то же время она является главным

загрязнителем и разрушителем окружающей среды. Промышленное освоение месторождений углеводородного сырья приводит к ухудшению экологической обстановки в районах разведки, добычи, транспортировки и переработки нефти. Например, в процессе добычи, перекачки, хранения нефти, эксплуатации очистных сооружений образуется значительное количество нефтешлама. Такое образование одного из крупнотоннажных отходов нефтедобывающей промышленности может привести к загрязнению окружающей среды, нерациональному использованию природных ресурсов, что, в свою очередь, может нанести значительный ущерб не только состоянию окружающей среды, но и экономике государства.

Среди отходов нефтедобычи особого внимания заслуживают нефтешламы, содержащие в достаточно широком диапазоне минеральные частицы (50-75 %), сырую нефть (20-40 %) и воду (5-10 %). Нефтешламы также в больших количествах образуются при нефтепереработке. Составы этих нефтешламов в основном представлены органической частью (нефтепродукты, присадки и ПАВ), минеральной части (карбонаты кальция, магния, гидроксиды кальция, алюминия, железа при следующем объемном соотношении компонентов (%), соответственно 2,4:1,6:2,0 [1-4].

Если принять во внимание, что в Республике Казахстан общая площадь действующих и перспективных нефтегазоносных месторождений занимает более 60 % всей территории страны, а действующими являются более 200 нефтегазовых месторождений, находящихся в Кызылординской, Актюбинской, Атырауской, Западно-Казахстанской и Мангистауской областях [5], то утилизация вновь образующихся и накопленных нефтяных отходов должна быть одним из приоритетных направлений, обуславливающих весьма интенсивный спрос на создание современных технологий и развитие для этих целей рынка эффективных, мобильных и доступных по стоимости экологических услуг.

При длительном хранении нефтяного шлама в нефтеналивных резервуарах может образовываться стойкая водонефтяная эмульсия сложного состава, поэтому через промежуток време-

ни ее состав может отличаться от состава свежего шлама. Устойчивость водонефтяной эмульсии обусловлена наличием поверхностно-активных веществ, которые либо поступают вместе в хранилище, либо образуются в результате протекания физико-химических процессов при хранении нефтешлама.

В качестве основных методов обезвреживания и утилизации нефтеотходов практически используются:

- термические методы обезвреживания;
- методы биологической переработки;
- физико-химические методы переработки;
- химические методы обезвреживания [6,7].

Несмотря на разнообразие существующих методов, проблема переработки и использования нефтешламов относится к одной из наименее разработанных по технологии их утилизации.

В работах [8,9] установлено сходство физико-химических свойств углеводородной части нефтешламов с тяжелыми нефтяными фракциями и определено, что они относятся к категории легковоспламеняющихся и горючих материалов. Так как одной из важных задач было выявление способа дальнейшего использования нефтешлама в качестве топливного компонента, то установленные свойства позволяют рассматривать их в качестве выгорающей и вспучивающейся добавки в составах керамических материалов.

С этой точки зрения можно предположить, что использование нефтешлама в качестве сырья, а именно как топливосодержащий компонент в составе гранулированного пористого теплоизоляционного материала типа "керамзит", является одним из рациональных способов его утилизации, так как при этом достигается определенный экологический и экономический эффект.

Основные предпосылки использования нефтешлама как вспучивающейся добавки в керамической композиции для получения гранулированного теплоизоляционного материала заключаются в следующем: анализ известных на рынке производителей теплоизоляционных материалов показывает, что существующие заводы по производству керамзита неравномерно сосредоточены по территории Казахстана. ТОО "Стройкомбинат"

(г. Уральск) и керамзитовый завод в г. Актобе не могут обеспечить потребностей растущего рынка. В таких регионах, как г.Астана, Южно-Казахстанская и Кызылординская области, из-за отсутствия технологии получения керамзита на основе слабовспучивающихся суглинков, отсутствует возможность организовать производство керамзита. Транспортировать керамзит по территории более чем 100 км становится нерентабельным. Если учесть, что одно из ведущих мест при строительстве энергоэффективных зданий и сооружений принадлежит керамзиту, то организация его производства будет актуальна и своевременна. Потенциальными потребителями продукции могут быть предприятия стройиндустрии РК в строительстве жилья и социальных объектов. Кроме того, результаты анализа рынка строительных материалов позволяют заключить, что наибольший спрос существует на теплоизоляционные материалы. Действительно объем выпуска теплоизоляционных материалов на 1000 жителей составляет в Швеции 600 м<sup>3</sup>, в США – 500 м<sup>3</sup>, в Финляндии – 420 м<sup>3</sup>, в России – 90 м<sup>3</sup>. В то время как в Казахстане аналогичные материалы не производятся. Разработка технологических основ композитов позволяет замещать на рынке Казахстана такие импортные теплоизоляционные материалы, как пенополистирол и материалы на основе стекловолокон, которые имеют недостатки. Например, пенополистирол рассчитан на реальный срок службы 10-15 лет, что обусловлено деградацией полимеров в атмосферных условиях [10,11]. Их не рекомендуется использовать при температуре выше 80-100 °С, а при 180-250 °С они начинают интенсивно разлагаться с выделением токсичных и пожароопасных веществ. Кроме того, они подвержены разрушению грызунами.

Таким образом, разработка технологий производства керамзита на основе слабовспучивающихся лёссовидных суглинков, запасы которых имеются во всех регионах РК, является актуальной.

**Цель работы** – разработка научно-технологических решений использования нефтешламов в качестве топливосодержащего и вспучивающегося реагента в составе керамической ком-

позиции для производства гранулированного пористого теплоизоляционного материала типа "керамзит".

**Методы исследований.** В качестве исходных компонентов использовались сырьевые материалы – лёссовидный суглинок и барханный песок из карьера в г. Кызылорде, донный нефтешлам из резервуаров "Ащисай" АО "КОР", базирующихся на территории Кызылординской области. Основные свойства сырьевых материалов изучены в работах [8,9].

Для проведения экспериментальных работ сырьевые материалы подвергали помолу в лабораторной шаровой мельнице МШЛ-1П до удельной поверхности 1500-2000 см<sup>2</sup>/г. Пробу нефтешлама, полученную в результате зачистки резервуаров, предварительно подвергали усреднению путем механического перемешивания. Известно, что нефтешлам обладает повышенной тягучестью, и использование в таком состоянии в композициях затруднено. Поэтому на первом этапе нефтешлам из высоковязкого состояния переведен в капиллярно-пористое коллоидное состояние путем совместного перемешивания с тонкодисперсным барханным песком. Данная технологическая операция переводит нефтешлам в сыпучий конгломерат влажностью 12-15 % и обеспечивает удобную позицию для последующих технологических операций, как дозирование и равномерность распределения при перемешивании с основной массой. Для определения физико-механических свойств сырья и готового продукта использован комплекс стандартных методик согласно ГОСТ 9757-90, ГОСТ 22263-76, ГОСТ 530-2007. Измерение теплопроводности образцов осуществляли с помощью измерителя теплопроводности ИТП-МГ-4 "Зонд". Изучение микроструктуры поверхности проведено на растровом электронном микроскопе JSM-6510 LV фирмы "JEOL".

**Результаты и обсуждение.** Из подготовленных компонентов путем взвешивания и дозирования составлялась сырьевая композиция. Конкретные компонентные составы исследуемого объекта представлены в табл. 1.

Таблица 1

**Компонентные составы керамической композиции**

Компонент, мас. %	
лёссовидный суглинок	конгломератная смесь "барханный песок - нефтешлам"
85,0	15
83,0	17
80,0	20
78,0	22
75,0	25

Из исследуемых составов изготавливалась керамическая масса с формовочной влажностью 18-20 %. Затем изготавливали гранулы с фракциями 5-10, 10-20, 20-40 мм и подвергались термообработке при температурах 200-500 °С в течение 0,5-1,0 ч в сушильном шкафу ШСП-0,5-70. Гранулы для вспучивания обжигались во вращающейся печи марки RSR120/1000/13 по специально разработанному режиму в интервале температур 1150-1180 °С. Вспученные гранулы подвергались испытанию по определению физико-механических свойств. Результаты экспериментальных исследований (табл. 2) показывают, что с увеличением содержания конгломератной смеси "барханный песок – нефтешлам" за счет уменьшения содержания суглинка наблюдается снижение насыпной плотности материала от 520 до 450 кг/м<sup>3</sup>. Низкие показатели насыпной плотности наблюдаются у составов № 4 и № 5 и находятся в пределах 450-475 кг/м<sup>3</sup>. Аналогичные изменения происходят с теплопроводностью и прочностью при сдавливании в цилиндре. Минимальные значения прочности и теплопроводности также наблюдаются у составов № 4 и № 5. При этом прочность при сдавливании в цилиндре у этих составов находится в пределах 3,5-3,7 МПа, а теплопроводность равна 0,08 Вт/м·К.

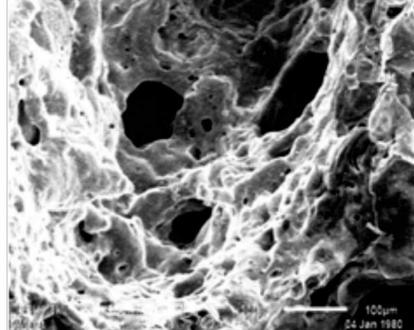
**Физико-механические свойства исследуемых образцов**

Номер состава	Коэффициент чувствительности к сушке по экспресс-методу Чижского, с	Температура обжига, °С	Насыпная плотность, кг/м <sup>3</sup>	Прочность при сдавливании в цилиндре, МПа	Теплопроводность, Вт/м·К
1	130	1170±15	520	4,5	0,12
2	145		510	4,3	
3	166		480	3,9	0,08
4	180		475	3,7	
5	195		450	3,5	

В соответствии с квалификацией теплоизоляционных материалов образцы составов № 4 и № 5 относятся к классу Б (0,06-0,115 Вт/м·К), а составы № 1, № 2 и № 3 – к классу В (0,1-0,175 Вт/м·К). Согласно ГОСТ 9757-90 образцы составов № 4 и № 5 имеют марку по прочности П-200, а образцы составов № 1, № 2 и № 3 – П-150. Анализ результатов исследований показывает, что полученный гранулированный теплоизоляционный материал обладает лучшими теплоизоляционными и физико-механическими свойствами по сравнению со свойствами традиционного керамзита из монтмориллонитовых глин.

Большое значение в процессе структурообразования имеет химико-минералогический состав керамической композиции в системе "лёссовидный суглинок – барханный песок – нефтешлам". В них происходят сложные физико-химические процессы структурообразования, включая фазовые превращения на основных стадиях термообработки (рисунок).

Установлено, что содержание нефтешламов в керамической композиции благоприятно влияет на вспучиваемость гранул за счет выгорания таких органических компонентов, как асфальтены, смолы, масла. Нефтешлам при термообработке в сырьевой композиции образует газообразную фазу, которая повышает



Керамзит и его пористая микроструктура

ет степень вспучивания массы в пиропластическом состоянии. В процессе термообработки композиции "суглинок - барханный песок - нефтешлам" происходит взаимодействие минералов композиции друг с другом, что способствует образованию прочной и пористой структуры готового продукта. Установлено, что процесс горения нефтешлама в составе конгломератной смеси позволяет повысить температуру внутри печи и ускорить процесс вспучивания керамической массы, а также способствует снижению энергозатрат на производство изделий на 25-30 %. Вспучиваемость и образование структуры в исследуемой композиции зависят от оптимального сочетания компонентов, определяющих реологические параметры пиропластической массы. Это обуславливается особым характером строения и составом кристаллических решеток минералов, тех компонентов, которые входят в группу кварца, каолинита, гидрослюды и других.

**Выводы.** Разработана энерго- и ресурсосберегающая технология пористого гранулированного теплоизоляционного материала типа "керамзит". Технология принципиально отличается от существующих аналогов по следующим критериям:

- компонентному составу;
- процессу подготовки сырья;
- по технологическим параметрам обжига;
- физико-механическим свойствам продукта;
- экологической эффективности.

Результаты, полученные в ходе выполнения микроскопического анализа термообработанных образцов, существенно расширяют современные представления фазо- и структурообразования в сырьевых композициях, подвергающихся механической активации и тепловому воздействию.

Налаживание производства керамзита вполне возможно на базе действующих заводов по производству строительных материалов. Приемлемо организовать как отдельный цех по производству керамзита на базе кирпичных заводов, заводов по производству бетонных и железобетонных изделий, заводов по производству силикатного кирпича и извести. Сырьевые ресурсы для производства керамзита в виде лёссовидного суглинки, нефтешлама и барханного песка имеются во всех регионах Казахстана и они недефицитны. Керамзит предлагаемого состава может применяться предприятиями стройиндустрии РК в строительстве жилья и социальных объектов, для устройства кровли, в дорожном строительстве и т.д.

### Список литературы

1 *Десяткин А.А.* Разработка технологии утилизации нефтяных шламов: автореф. дис. канд, – Уфа, 2004. – 24 с.

2 *Абдуллаев Ё.Б.* Разработка техники и технологии утилизации нефтяных буровых отходов: автореф. дис. на соиск. акад. ст. магистра. – Бухара, 2011. – 60 с.

3 *Бисенова Л.Е., Торегалиев О.Т.* Производственные отходы нефтяной промышленности и области их применения // VII Междунар. студ. электрон. науч. конф. "Студенческий научный форум – 2015". – М., 2015.

4 *Грушова Е.И., Рафальская М. В., Юсевич А. И.* Утилизация асфальто-смоло-парафиновых отложений: анализ состояния проблемы: Тр. БГТУ. Сер. 4 // Химия, технология органического вещества и биотехнология. – 2009. – Вып. 171. – С. 61-63.

5 *Айткельдиева С.А., Файзулина Э.Р., Ауезова О.Н., Татаркина Л.Г., Спанкулова Г.А., Саданов А.К.* Активные ассоциации

нефтеоокисляющих микроорганизмов, выделенных из загрязненных почв месторождения Кумколь // Микробиология және вирусология. – 2013. – № 4 (3). – С. 11-14.

6 Капустин В.М., Гуреев А.А. Технология переработки нефти: учеб. пособие: в 2 ч. Деструктивные процессы. Ч. 2. – М.: Колосс, 2008. – 334 с.

7 Жумаев К.К., Орипова Л.Н. Выбор метода обезвреживания и очистки нефтяных шламов // Молодой ученый. – 2014. – № 1. – С. 84-85.

8 Bissenov K.A., Montayev S.A., Narmanova R.A. Using of oil slime as an energy releasing component in technology of granulated thermal insulation material of the "ceramsite" type // III international conference "industrial technologies and engineering" ICITE - 2016 will be held at the M.Auezov South Kazakhstan State University. Shymkent, Kazakhstan. Oktober 28-29, 2016. – P. 20-22.

9 Бисенов К.А., Монтаев С.А., Нарманова Р.А., Шынгужиева А.Б. Перспективы разработки технологий легких пористых теплоизоляционных материалов на основе лессовидных суглинков методом грануляции // Вестн. Нац. инженер. акад. Республики Казахстан. – 2015. – № 4 (58). – С. 138-142.

10 Коренькова С.Ф., Шеина Т.В. Основы и концепция утилизации химических осадков промстоков в стройиндустрии. – Самара, 2004. – 244 с.

11 Ясин Ю.Д., Ясин В.Ю., Ли А.В. Пенополистирол. Ресурс и старение материала. Долговечность конструкций // Строительные материалы. – 2002. – № 5. – С. 33-35.

**Бисенов Кылышбай Алдабергенович**, доктор технических наук, профессор, академик НИА РК, ректор.

**Монтаев Сарсенбек Алиакбарович**, доктор технических наук, член-корр. НИА РК, профессор, e-mail: montaevs@mail.ru

**Нарманова Роза Абдибековна**, кандидат технических наук, доцент, e-mail: roza\_an@mail.ru;

**Аппазов Нурбол Орынбасарулы**, кандидат химических наук, e-mail: nurasar.82@mail.ru;

# СЕЛЬСКОЕ И ЛЕСНОЕ ХОЗЯЙСТВО

---

МРНТИ 34.31.15, 68.03.03

К.К.Жапар<sup>1</sup> Д.Л.Дауров<sup>1</sup> К.Ж. Жамбакин<sup>1</sup>  
М.Х.Шамекова<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Институт биологии и биотехнологии растений,  
г. Алматы, Казахстан

## УСТОЙЧИВОСТЬ СЛАДКОГО КАРТОФЕЛЯ К РАЗЛИЧНЫМ СТРЕССОВЫМ ФАКТОРАМ

---

**Аннотация.** В статье представлен обзор литературы о перспективах использования сладкого картофеля для здорового питания. Обсуждаются методы получения сладкого картофеля, устойчивого к стрессовым факторам. Предложена информация о происхождении и существующих традиционных методах селекции. Отмечено, что генетическая инженерия может значительно повысить эффективность селекционного процесса. Проанализированы известные в настоящее время гены, контролирующие устойчивость к различным видам абиотических и биотических стрессов. Использование генетически модифицированных растений может привести к получению сортов сладкого картофеля с повышенной устойчивостью к засолению, засухе, холоду, болезням и вредителям, что актуально для Казахстана. Рассмотрены способы введения чужеродного гена с использованием агробактериального и биобаллистического метода трансформации. Методы генетической инженерии позволяют осуществлять перенос целевых генов в геном сладкого картофеля, однако они нуждаются в усовершенствовании.

**Ключевые слова:** сладкий картофель, селекция картофеля, стресс-факторы растений, генномодифицированный батат.



**Түйіндеме.** Шолу мақаласында тәтті картоптың пайдалы тағам ретінде пайдалану перспективтілігі ұсынылған. Стресс факторларға төзімді тәтті картоп алу әдістері талқыланған. Генетикалық инженерияның селекциялық үрдістердің тиімділігін айтарлықтай арттыруы жағдайлары көрсетілген. Әр түрлі абиотикалық және биотикалық стресс түрлеріне төзімділігін арттыратын қазіргі уақытта белгілі гендер, агробактериялық және биобаллисти-

калық трансформация әдістерін қолдану арқылы бөгде гендерді енгізу тәсілдері талданған. Генетикалық модификацияланған өсімдіктерді пайдалану, Қазақстан үшін өзекті болып келетін, түрлі зиянкестерге және ауруларға, сортаңдануға, құрғақшылыққа, суыққа төзімділігі жоғары тәтті картоп сорттарын алуға мүмкіндік береді.

**Түйінді сөздер:** тәтті картоп, трансген, стресс-факторлары, геномодификацияланған.



**Abstract.** The article presents a literature review on the prospects of using sweet potato for a healthy diet. Article discusses the methods of producing sweet potato resistant to stress factors. Provides information about the origin and existing conventional breeding methods. It is noted that genetic engineering can significantly improve the efficiency of the selection process. Currently known genes were analyzed controlling resistance to various kinds of abiotic and biotic stresses, methods for introducing foreign genes using agrobacterial transformation and biolistic method. The use of genetically modified plants may result in sweet potato varieties with increased resistance to salinity, drought, cold, diseases and pests, which is important for Kazakhstan.

**Key words:** sweet potato, transgene, stress factors, genetically modified.

**Введение.** Сладкий картофель, или батат (лат. *Ipomoea batatas*) - вид клубнеплодных растений, рода Ипомея, семейства Вьюнковые. Это единственный гексаплоид ( $6x=90$ ) в данном разделе. Ценная пищевая и кормовая культура. Батат – это травянистая лиана с длинными (1-5 м) ползучими лианами, укореняющимися в узлах. Высота куста 15-18 см. Боковые корни батата сильно утолщаются и образуют клубни с белой, жёлтой, оранжевой, розовой, кремовой, красной или фиолетовой съедобной мякотью. Один клубень весит от 200 г до 3 кг и более [1].

Клубни батата до 30 см длиной, сочные, с нежной мякотью и тонкой кожицей. Они не имеют глазков, и ростки развиваются из скрытых почек. Клубни разных сортов могут сильно отличаться по форме. Большинство выращиваемых сортов более или менее сладкие, благодаря содержанию сахарозы, глюкозы и фруктозы. На разломе клубня (или на срезанном стебле) выступает млечный сок [2].

Состав клубней может изменяться в зависимости от конкретного сорта и условий выращивания. Сладкий картофель с

оранжевой мякотью является важным источником бета-каротина, и провитаминов витамина А. Так, в 125 г свежих клубней батата, из большинства сортов с оранжевой мякотью содержится достаточно бета-каротинов, чтобы обеспечить дошкольнику суточной потребности провитамином А. Батат также является ценным источником витаминов В<sub>6</sub>, В<sub>2</sub>, С, Е и содержит достаточное количество меди, марганца, железа и цинка [3]. Антоцианы, которые образуют фиолетовую пигментацию в клубнях (также в ягодах и овощах, таких, как черника и красная капуста) являются мощными антиоксидантами и имеют хорошую биодоступность и, как следствие, они легко всасываются из желудочно-кишечного тракта в кровоток [4]. Кроме того, сладкий картофель имеет статус диетического продукта, применяется как витаминное и общеукрепляющее средство [5]. Несмотря на название "сладкий", батат может использоваться в питании для диабетиков, помогает стабилизировать уровень сахара в крови и снизить резистентность к инсулину. По содержанию углеводов, калия и натрия батат заметно превосходит шпинат, а его калорийность в 1,2-1,5 раза выше, чем у картофеля. Клубни батата широко используют в пищу, а семена цветущих сортов – как суррогат кофе. Бататовый крахмал в виде слизистых извлечений применяют в медицине как обволакивающее и смягчительное средство [6].

Сладкий картофель выращивается в тропических и субтропических районах земного шара, иногда в тёплых областях умеренной зоны. Особенно популярен в КНР, Индии, Индонезии. Во всем мире батат является 6-й самой важной продовольственной культурой после риса, пшеницы, картофеля, кукурузы, кассавы. Площадь возделывания сладкого картофеля составляет более 8 млн. га, а объем собранного урожая – более 3 млн. т. Ежегодно производится свыше 106 млн. т сладкого картофеля. При этом на долю развивающихся стран приходится 95 % общего производства [2]. Благодаря простоте выращивания и высокой технологичности, сладкий картофель считается культурой продовольственной безопасности и основным продуктом питания в сельской экономике многих стран [5,6]. Важность батата

как продовольственной культуры стремительно растет в некоторых частях мира: Юго-Восточная Азия, страны Африки южнее Сахары, Южная Америка. Основными лидирующими странами в посевных площадях сладкого картофеля в мире являются Китай, Нигерия, Танзания и Уганда, что составляет 75 % мирового производства [7]. В Казахстане сладкий картофель агропромышленно не выращивают.

Сладкий картофель – новая сельскохозяйственная культура для нашей республики, которая в южных регионах может стать альтернативой картофелю. При средней урожайности 15-20 т с 1 га, примерно как у картофеля, ценность батата гораздо выше по витаминному составу и диетическим качествам.

*Происхождение и методы селекции сладкого картофеля.* Батат, сладкий картофель (лат. *Ipomoea batatas*), одна из древнейших сельскохозяйственных культур. Происхождение и одомашнивание сладкого картофеля, как считается, было начато в Центральной или в Южной Америке, но точных данных о том, когда человек начал его выращивать, нет [8]. В Центральной Америке сладкий картофель был одомашнен по крайней мере 5 тыс. лет назад [9]. В Южной Америке остатки перуанского сладкого картофеля были найдены еще в 8000 г. до н.э.

По предположению некоторых ученых, *I. batatas* начал производиться на территории между полуостровами Юкатан в Мексике и в устье р. Ориноко в Венесуэле [10]. *I. batatas* был скорее всего распространен местными жителями в странах Карибского бассейна и Южной Америки в 2500 г. до н.э. Каким образом шло распространение батата на такие большие расстояния, до сих пор является предметом научных споров. Гипотеза о том, что клубни разносились океанскими течениями, была исключена, поскольку они портятся в морской воде. Позднее испанцы завезли батат в Испанию и на Филиппины, откуда это растение широко распространилось от стран Средиземноморья до Дальнего Востока. Сейчас батат известен только в культурном виде [11].

В исследовании, опубликованном в 2015 г., ученые из Гентского университета и Международный центр картофеля обнаружили, что геном культивируемых сладкого картофеля содержит

последовательности ДНК из *Agrobacterium*, гены активно экспрессируются в растениях. Открытие трансгенов было сделано при выполнении метагеномного анализа генома сладкого картофеля для вирусных заболеваний. Трансгены наблюдались как в близкородственных диких родственниках сладкого картофеля, а также были обнаружены в более отдаленные в отношении к диким видам. Это наблюдение позволяет сделать вывод, что культивируемый сладкий картофель – первый известный пример естественной трансгенной пищевой культуры [12-14].

Для создания устойчивых к стрессовым факторам линий сладкого картофеля, а также с целью повышения урожайности и продуктивности сельскохозяйственных культур, применяют различные методы селекции. Одним из традиционных методов, используемых для получения новых сортов, является скрещивание между собой генотипов с различными наследственными факторами и получение гибридов, которые могут обладать признаками и свойствами родительских форм. Однако улучшение сладкого картофеля с помощью традиционных методов селекции было очень медленным по сравнению с другими культурами, такими, как кукуруза или соя. Гибриды не могут быть получены даже от половых скрещиваний между сортами, принадлежащими к одной и той же несовместимой группе. Это ограничивает генетические ресурсы, используемые большинством селекционеров для таких признаков, как устойчивость к болезням, насекомым и нематодам [15]. Несовместимость вызвала многочисленные проблемы при гибридизации желаемых родителей в группе *I.batatas*. Вероятно, еще большие проблемы в межвидовой или межродовой гибридизации [16]. Некоторые попытки для преодоления несовместимости на основе использования методов опыления почек, старого цветочного опыления и различных физических и химических обработок стигмы до опыления, к сожалению, не увенчались успехом. Соматическая гибридизация посредством слияния протопластов являлась эффективным методом преодоления ограничений сексуальных скрещиваний [17]. Этот метод предлагал большие возможности для достижения межвидовых и широких скрещиваний сладкого картофеля,

в надежде перенести желаемые гены из диких видов в культивируемый сладкий картофель. Данные последних лет показывают, что генетическая инженерия предлагает новые пути для улучшения культуры сладкого картофеля и значительного повышения ее эффективности [18]. Как указал Президент Республики Казахстан, озвучивая стратегию "Казахстан – 2050": новый политический курс состоявшегося государства" (г. Астана, 2012 г.), "высокие темпы роста мирового народонаселения резко обостряют продовольственную проблему. Нам вполне по силам совершить качественный рывок в сельскохозяйственном производстве". Такой качественный рывок возможен только при условии разработки современных, высокоэффективных агротехнологий". В связи с этим в последующем Послании главы государства Н.Назарбаева народу Казахстана "Казахстанский путь – 2050: единая цель, единые интересы, единое будущее" (Астана, 2014 г.) отмечено, что "важно не отставать от времени, и наряду с производством естественного продовольствия, вести разработку генномодифицированных культур".

Генная инженерия растений – это эффективный подход для получения растений с заданными свойствами, который позволяет не только переносить целевые гены из одних организмов в другие, но и направленно регулировать работу собственных генов растений, комбинируя различные молекулярно-биохимические системы клетки. Кроме того, с помощью этого метода для селекции сладкого картофеля можно использовать огромное количество генов, выделенных из других видов. При этом в последнее время для генетической трансформации растений используются гены, выделенные у растений. Следовательно, с помощью генетической инженерии можно не только улучшить те или иные, имеющиеся качества у растения, как при традиционной селекции, но и производить совершенно новые генотипы, которые невозможно получить традиционными методами. Создание растений с заданными свойствами, такими, как устойчивость к абиотическим и биотическим факторам среды, позволит получать новые гибриды и сорта растений с повышенной продуктивностью и качеством, способные произрастать в зонах рис-

кованного земледелия Казахстана. Таким образом, сладкий картофель может стать одной из основных культур для пищевых, кормовых и технических целей в стране. В связи с этим метод генной инженерии для селекции сладкого картофеля является перспективным направлением в биотехнологии растений в Казахстане [17].

Батат имеет очень высокую генетическую изменчивость. Следовательно, различия ответа культуры тканей на среду могут иметь большую значимость в зависимости от генотипа. Поэтому оптимизация питательных сред для культуры меристемы батата очень важна. Преимущество жидкой питательной среды заключается в легкой доступности воды и растворенных веществ по всей поверхности эксплантов. У растительных клеток и тканей в питательной среде отсутствует автотрофная способность. Даже ткани, которые изначально зеленые или приобретают зеленые пигменты в особых условиях в период культуры не автотрофные. Вследствие этого в большинстве случаев нормальные функции хлоропластов либо отсутствуют, либо блокируются [19]. Полученные результаты указывают, что сахароза не только выступает в качестве источника углерода, но также и в качестве осмотического агента. Результаты ясно показали, что среда, которая используется для культуры в пробирке других сортов батата из разных агроэкологических зон, не совсем подходит для сортов, участвующих в экспериментах из-за очень высокого уровня генетического разнообразия [20].

*Методы, применяемые для трансформации сладкого картофеля.* Значительные успехи в области культивирования *in vitro* на искусственных питательных средах позволили управлять процессами морфогенеза и регенерации растений. Появилась возможность в качестве экспланта, т. е. исходного материала для культивирования, использовать изолированные клетки, ткани и органы. В связи с этим данные методы стали основой для применения в генетической инженерии.

Основным методом введения чужеродных генов в растения сладкого картофеля является агробактериальный метод трансформации, т. е. перенос чужеродных генов в реципиентный ге-

ном растений осуществляется с помощью *Agrobacterium tumefaciens*. Среди различных методов переноса гена использование агробактеральной системы трансформации остается приоритетным для многих исследователей, так как метод не предусматривает использование сложного оборудования и позволяет получить чистый трансген [19]. Соматический эмбриогенез считается наиболее подходящим для агробактеральной трансформации сладкого картофеля из-за высокой эффективности и способности *Agrobacterium* инфицировать с использованием эмбриогенного каллуса. Он также продуцирует менее химерные трансгенные растения, чем органогенез ростка.

Целевой ген клонируют в подходящий вектор, который содержит нуклеотидные T-ДНК. Такая конструкция трансформируется в подходящий штамм *E. coli*, размножается и переносится в клетки агробактерий, содержащую Ti-плазмиду или бинарную векторную плазмиду с генами вирулентности. В результате содержащийся целевой ген внедряется в геном растительной клетки при помощи инкубации поврежденных клеток растений. В качестве эксплантов сладкого картофеля используют каллусы незрелых зародышей [21].

Другим методом переноса генов является биобаллистический метод трансформации, называемый иначе "биологической баллистикой", "методом бомбардмента" или "методом генной пушки". Суть этого метода заключается в установках микрочастиц золота или вольфрама с нанесенной на них ДНК, которыми ускоряют при помощи сжатого гелия и проникают в ДНК клетки мишени, как следствие, в ядро, что повышает эффективность трансформации [22]. Биобаллистический способ трансформации имеет такие недостатки, как низкая эффективность, нестабильность, малая емкость вводимых конструкций и высокая стоимость. На настоящий момент значительно большую экономическую эффективность и стабильность результатов обеспечивает введение генов с помощью агробактериальной трансформации [23].

*Абиотические стрессовые факторы.* Устойчивость к основным биотическим и абиотическим стрессам – одно из основ-

ных требований, которые предъявляются к современным сортам сельскохозяйственных культур и технологиям их выращивания. Для достижения стабильного результата в изменчивых условиях среды важно не только правильно выбрать сорт, но и применить приемы возделывания, способные максимально мобилизовать потенциальные защитные силы организма растений [24].

В последние годы наблюдается растущий интерес к изучению защитной реакции растения против различных неблагоприятных факторов, таких как окислительный стресс (оксидативный стресс). При абиотических стрессовых условиях растения испытывает окислительный стресс, связанный с усиленным образованием активных форм кислорода, повреждающих мембраны и макромолекулы [25]. Все формы жизни сохраняют восстанавливающую среду внутри своих клеток. Клеточный "редокс-статус" поддерживается специализированными ферментами в результате постоянного притока энергии. Нарушение этого статуса вызывает повышенный уровень токсичных активных форм кислорода, как пероксиды и свободные радикалы. Наиболее опасная часть окислительного стресса – это образование активных форм кислорода (АФК), в которые входят свободные радикалы и пероксиды. Большинство АФК постоянно образуются в клетке, но их уровень в норме настолько небольшой, что клетка либо инактивирует их с помощью антиоксидантной системы, либо заменяет повреждённые молекулы [26]. Таким образом, АФК, образующиеся в качестве побочных продуктов нормального клеточного метаболизма (в основном из-за небольшой утечки электронов в дыхательной цепи митохондрии, а также других реакций в цитоплазме), не вызывают повреждения клетки. Однако уровень АФК, превышающий защитные возможности клетки, вызывает серьёзные клеточные нарушения (например, истощение АТФ) и, как результат, разрушение клетки. В зависимости от силы стресса клетки могут погибнуть вследствие апоптоза, когда внутреннее содержимое клетки успевает деградировать до нетоксичных продуктов распада, или в результате некроза, когда сила окислительного стресса слишком велика [27]. При некрозе клеточная мембрана нарушается и содержимое клетки высвобождает

дается в окружающую среду, что может в результате повредить окружающие клетки и ткани.

Главную роль в защите клеток от окислительного стресса играют антиоксиданты, к которым относятся супероксиддисмутаза, аскорбатпероксидаза, глутатионредуктаза и каталаза [28].

Транскрипционный фактор MYB играет важную роль в регуляции многих вторичных метаболитов, в том числе антоцианов. Исследование было направлено на повышение устойчивости к экологическим стрессам и повышение антоцианов. В трансгенных растениях картофеля экспрессировался транскрипционный фактор IbMYB1 под контролем окислительно-индуцируемого пероксидазного промотора SWPA2, который был успешно генерирован с помощью агробактериальной трансформации. Линии картофеля были испытаны на устойчивость к повышенному засолению, УФ-излучению и засухе. Трансгенные растения картофеля после обработки 400 mMNaCl показали высокое количество вторичных метаболитов, в том числе фенолов, антоцианов, флавоноидов, по сравнению с контрольными растениями [29]. Полученные результаты свидетельствуют о том, что усиленная экспрессия IbMYB1 влияет на проявления вторичного метаболизма, что приводит к устойчивости растений к экологическим стрессам [30].

Так, Wang из Научно-исследовательского института батата, Китайской академии сельскохозяйственных наук с соавторами исследовали трансгенные растения с повышенным уровнем супероксиддисмутазы (СОД) и аскорбатпероксидазы, которые обладают устойчивостью к окислительному стрессу и устойчивы к засолению [31]. В полученных трансгенных растениях сладкого картофеля, устойчивого к засолению, применяли химерную конструкцию, которая была разработана для экспрессии супероксиддисмутазы и аскорбатпероксидазы в хлоропластах растительных клеток, и вектором, называемым pSSA-K, который включал окислительно-индуцируемый пероксидазный промотор (SWPA2), и последовательность терминатора конститутивного промотора вируса мозаики цветной капусты (CaMV 35S) [32].

Исследование Li с соавторами в своих экспериментах оце-

нивали толерантность к различным экологическим стрессам, применяя метилвиологен, который служит окислительным стрессом, повышенной температурой, и солевым стрессом с применением гена нуклеозид-дифосфаткиназы *Arabidopsis* NDPK2 (AtNDPK2), который, как известно, регулирует экспрессию антиоксидантных генов в растениях, под контролем окислительно-индуцируемого пероксидазного промотора SWPA2 и энхансера вируса мозаики цветной капусты (CaMV 35S) [33]. Ген AtNDPK2 участвует в регуляции транскрипции в ответ на патоген и абиотический стресс. Результаты исследования показали, что избыточная экспрессия NDPK2 под контролем окислительно-индуцируемого пероксидазного промотора SWPA2 значительно усилила повышенную устойчивость к различным стрессовым факторам и сократила степень повреждения по сравнению с контрольными растениями после обработки метилвиологеном [34].

Также немаловажную роль в защите организма от окислительного стресса играют каротиноиды, которые в растениях являются природными органическими молекулами с разнообразными важными биологическими функциями. Каротиноиды выполняют функции антиоксидантов и являются провитаминами А, например,  $\beta$ -каротин, является предшественником витамина А [35]. К антиоксидантным ферментам каротиноида относятся  $\beta$ -каротин,  $\alpha$ -каротин, ликопин, зеаксантин, и лютеин. Так, например, *Young-MinGoo* из Восточного Шангчеонского института лекарственных трав вместе с соавторами исследовали трансгенные растения с повышенным уровнем экспрессии *lbOr* гена, отвечающего за накопление каротиноидов в организме. В полученных трансгенных растениях сладкого картофеля с повышенным уровнем каротиноидов применяли конструкцию рекомбинантного Т-ДНК вектора, построенного путем размещения *lbOr* гена (выделенного из сладкого картофеля) под окислительно индуцируемый пероксидазный промотор (*SWPA2*) и *nos* терминатор. Результаты исследования показали, что повышенное содержание каротиноидов в листьях и клубнях коррелировалось с повышенной устойчивостью к засолению, метилвиологен-окислительному стрессу и радикальной активности [36].

*Sun Ha Kim* вместе с соавторами в своих исследованиях также доказал важную роль *lbaOr* гена в корреляции уровня каротиноидов и в устойчивости растений к засолению [37].

В дальнейшем *Sun Ha Kim* вместе с соавторами в своих экспериментах исследовал повышение общего уровня каротиноидов и  $\beta$ -каротина для устойчивости к засолению, путем снижения концентрации гидроксилазного  $\beta$ -каротина. Гидроксилазный  $\beta$ -каротин (*CHY- $\beta$* ) является ключевым регуляторным ферментом в бета-бета-ветви биосинтеза каротиноидов и катализирует гидроксилирование  $\beta$ -каротина в  $\beta$ -криптоксантин и  $\beta$ -криптоксантин в зеаксантин. Снижение экспрессии генов *lbaCHY- $\beta$*  изменил состав и уровень каротиноидов между нетрансгенными (NT) и трансгенными клетками. Полученные результаты указывают на то, что понижения концентрации гидроксилазного  $\beta$ -каротина увеличило содержание  $\beta$ -каротина и каротиноидов в клетках трансгенных растений и повысило их антиоксидантную способность [38].

Корейскими учеными было продемонстрировано сравнение промотора SWPA2 и конститутивного промотора (CaMV 35S), с присутствием репортного гена бета-глюкуронидаза (GUS) на устойчивость к экологическим стрессам. Воздействием сильного окислительно-индуцируемого пероксидазного промотора SWPA2, который был клонирован из сладкого картофеля и введен в растения трансгенного табака и культивированием клеток на воздействие окружающей среды [39]. Установлено, что промотор SWPA-2 кодирует анионную пероксидазу, которая экспрессируется на высоком уровне в ответ на окислительный стресс. Промотор SWPA-2 содержал несколько имеющих *cis*-элементных последовательностей таких, как GCN-4, AP-1, HSTF, SP-1. Применяя транзистентный анализ экспрессии в табачных протопластах, с 5 различными 5'-делециями мутантов промотора SWPA-2 с присутствием бета-глюкуронидазы (GUS) ген-репортера, мутанты показали примерно в 30 раз более высокую экспрессию GUS, чем в вирусе мозаики цветной капусты (CaMV 35S). Применение промотора SWPA-2 в трансгенные растения табака была сильно выражена ответ-реакция на экологический

стресс, в том числе перекиси водорода, ранений, и воздействием УФ-обработкой [40].

Одной из наиболее распространенных реакций на воздействие стрессовых факторов у растений является синтез различных типов совместимых органических растворов. Осмолиты - это соединения с низким молекулярным весом, не токсичные при высоких концентрациях в клетке. Осмолиты делятся на аминокислоты, в которые входят пролин, аланин, бетаин, глицин-бетаин. Как известно, глицин-бетаин защищает растение путем стабилизации высокоупорядоченных структур белков и мембран. Накопление глицин-бетаина повышает толерантность к различным абиотическим стрессам [41].

Было изучено введение гена, кодирующий бетаин альдегид-дегидрогеназу (BADH), который участвует в биосинтезе глицин-бетаина в растениях [42]. Ген хлорпластического бетаин альдегид-дегидрогеназы BADH, выделенного из шпината *Spinacia Oleracea* (SoBADH), был введен в сладкий картофель с помощью агробактериальной трансформации, содержащей бинарный вектор pCSoBADH. Сверхэкспрессия SoBADH в трансгенном батате показала повышенную толерантность к различным абиотическим стрессам, в том числе к окислительному стрессу, низкой температуре и засолению. Повышение активности бетаин альдегид-дегидрогеназы и накопление глицин-бетаина в трансгенных линиях растений приводит к защите от повреждения клеток посредством поддержания целостности клеточных мембран, усилению фотосинтетической активности, снижению производства активных форм кислорода (АФК) [43].

*Биотические стрессовые факторы.* Лимитирующими факторами при выращивании сладкого картофеля в мире являются болезни и вредители, которые вызывают значительную потерю урожая [44-46].

Сладкий картофель подвергается нападениям со стороны многочисленных патогенов. В частности, сладкий картофель может быть заражен грибковыми заболеваниями, вызванными *Alternaria* поражающие листья (*A. bataticola*, *A. tenuissima* *A. alternata*), вызывающие гниль различных участков растений

(*Ceratocystis fimbriata*, *Penicillium expansum*, *Macrophomina phaseolina*, *Botrytis cinerea*, *Rhizopus oryzae*, *Helicobasidium mompa* и т.д.) болезнь ржавчины (*Albugo ipomoeae-panduratae* и *Coleosporium ipomoeae*) болезнь парши (*Sphaceloma batatas*) и т.д. Кроме того, сладкий картофель подвергается бактериальным заболеваниям, как бактериальный вилт, вызванный *Agrobacterium tumefaciens*, болезнь маленьких листьев, вызванная *Candidatus Phytoplasma aurantifolia*, бактериальная гниль листьев, вызванная *Dickeya dadantii* и т.д. [47].

Сладкий картофель размножается вегетативно, и поэтому устойчивость к вирусным болезням у посадочного материала необходима в производственных условиях. Потери урожая, вызванные вирусными заболеваниями, достигают 20-40 %. Известно, что более 30 вирусов могут заражать сладкий картофель.

Вирус перьевой пятнистости сладкого картофеля (SPFMV) – наиболее распространённый в мире заражающий батат. При синергическом взаимодействии с вирусом хлоротической карликовости сладкого картофеля (SPCSV) развивается вирусная болезнь сладкого картофеля (SPVD). Потеря урожая при этой болезни составляет 65-72 % в зависимости от сорта. Исследования в Перу для определения влияния SPFMV и SPCSV, каждого в отдельности и в двойной инфекции, на урожай батата показали следующее: сорта Джонатан и Костанеро, инфицированные SPFMV, не показывают каких-либо симптомов и влияют на урожай листьев и корней незначительно. SPCSV вызвал значительное снижение урожайности батата, но при двойной инфекции SPFMV и SPCSV вызвало SPVD и резкое снижение урожая [48]. До 1995 г. большая часть работы по вирусам сладкого картофеля была посвящена изучению SPFMV вируса, но в последние 18 лет в связи с появлением молекулярной биологии были проведены различные комплексные исследования по вирусному составу и последствию вирусных заболеваний [48-51]. Вирусные заболевания являются вторым по значимости биотическим стрессом для сладкого картофеля после повреждений долгоносиком [52]. Как правило, вирусы сладкого картофеля способны совместно заразить растения и серьезно ограничить производ-

ство клубней [53]. Потери урожая, вызванные этими вирусными заболеваниями, составляют 20-40 %, но также могут достигать 100 %, как в некоторых африканских странах [54,55]. Более 30 вирусов, как сообщается, могут заражать сладкий картофель по всему миру, но большинство из них протекают бессимптомно [56]. Одиннадцать из этих вирусов были обнаружены в Китае [57], в том числе вирус сладкого картофеля С6 (SPC6V) [58], вирус сладкого картофеля хлоротичной пятнистости (SPCFV) [59], вирус сладкого картофеля хлоротичной карликовости сладкого картофеля, колимовирус сладкого картофеля (SPCV) [52-54], Вирус перьевой пятнистости (SPFMV) [58,60,61], вирус сладкого картофеля листовой курчавости (SPLCV) [46], латентный вирус сладкого картофеля (SwPLV) [60,61], вирус мягкой пятнистости сладкого картофеля (SPMMV) [58], вирус мягкой зернистости сладкого картофеля (SPMSV), G вирус сладкого картофеля (SPVG) и вирус сладкого картофеля (SPV2) или Y вирус сладкого картофеля (SPVY) [60,61]. SPFMV, SwPLV и SPCFV были признаны наиболее часто встречающимися вирусами, которые больше всего повреждают урожай в Китае [57]. Поражения этих 3-х вирусов в основных производственных регионах Китая от 21-100 % [62,63], в результате годовые экономические потери составляют около \$ 639 млн. в китайской промышленности сладкого картофеля. Развитие технологии следующего поколения секвенирования (NGS) обеспечивает высокочувствительный метод обнаружения вирусов и диагностики [64].

Получены результаты исследования и сравнения высококачественных семенных безвирусных клубней и фермерского материала. Исследования проводились на 9 сортах в Южной Корее. Общий урожай безвирусного материала батата был выше на 12-49 % среди разных сортов, чем фермерского материала тех же сортов. Значение урожая между безвирусным и фермерским материалом было 1,625 kg/10 акров и 1,230 kg/10 акров соответственно. Выход товарных клубней из безвирусного материала составил 65,6 %, и это значительно выше, чем из фермерского материала 57,8 % [65].

## **Выводы**

*Сладкий картофель* – новая перспективная сельскохозяйственная культура для нашей республики, которая в южных регионах может стать альтернативой картофелю. Кроме того, сладкий картофель имеет статус диетического продукта. Однако в Казахстане его широкое использование ограничено стрессовыми почвенно-климатическими условиями произрастания.

Значительную помощь в повышении эффективности селекционного процесса для получения новых сортов в Казахстане может стать генетическая инженерия. Существующие методы генетической инженерии позволяют осуществлять перенос целевых генов в геном сладкого картофеля. Однако данные методы нуждаются в усовершенствовании, в том числе и для сладкого картофеля. При этом информация о структуре генов, отвечающих за устойчивость к абиотическим и биотическим факторам среды, с каждым годом обогащается. Успехи в области молекулярной биологии и генетики говорят о том, что генетический пул, в том числе растительных видов, будет обогащаться в геометрической прогрессии, что делает генетическую инженерию одним из самых перспективных направлений по созданию новых высокопродуктивных сортов сельскохозяйственных культур.

## **Список литературы**

1 *Chang C., Mais A., Lemerle*. Market diversification and sweetpotato processing in Papua New Guinea; a pre-feasibility study / University of New England. – 2014. – 57 p.

2 Википедия. Свободная энциклопедия / Батат [Электронный ресурс]: [ru.wikipedia.org/wiki/батат](http://ru.wikipedia.org/wiki/батат).

3 Hye Jin Kim, Woo Sung Park, Ji-Yeong Bae, So Young Kang, Min Hye Yang, Sanghyun Lee, Haeng-Soon Lee, Sang-Soo Kwak, Mi-Jeong Ahn. Variations in the carotenoid and anthocyanin contents of Korean cultural varieties and home-processed sweet potatoes // *Journal of Food Composition and Analysis*. – 2015. – Vol. 41. – P. 188-193.

4 Robert Williams, Felisberto Soares, Leandro Pereira, Bosco Belo, Abril Soares, Asep Setiawan, Martin Browne, Harry Nesbitt, William Erskine. Sweet potato can contribute to both nutritional and food security in Timor-Leste // *Field Crops Research*. – 2013. – Vol. 146. – P.38-43.

5 Hill W.A., Bonsi C.K. and Loretan P.A. Sweet potato research: Current status and future needs // In: *Sweetpotato Technology for the 21st Century* / Walter A. Hill, Conrad K. Bonsi and Philip A. Loretan (eds), pp. xvii-xxv / Tuskegee University, Tuskegee, Alabama, 1992. – 607 p.

6 Yoshimoto, M., Kurata, R., Okuno, S., Ishiguro, K., Yamanaka, O., Tsubata, M., Mori, S., Takagaki, K., Nutritional value of and product development from sweet potato leaves // In: *Concise Papers of the Second International Symposium on Sweet Potato and Cassava*, Kuala Lumpur, Malaysia. – 2005. – P. 183-184.

7 Yamakawa, O., Development of new cultivation and utilization system for sweet potato toward the 21st century // In: *Proceedings of International Workshop on Sweet Potato Production System Toward the 21st Century*, Kyushu National Agricultural Experiment Station, Miyazaki. – Japan, 1998. – P. 273-283.

8 Morales F.J. The mystery of sweet potato. // *Geneflow 2009. Bioersivity Internationale*, 2009. – P. 21.

9 Austin, Daniel F. (1988). "The taxonomy, evolution and genetic diversity of sweet potatoes and related wild species". // In P. Gregory. *Exploration, Maintenance, and Utilization of Sweet Potato Genetic Resources*. First Sweet Potato Planning Conference, 1987. – Lima, Peru: International Potato Center. – P. 27-60.

10 Zhang, D.P.; Ghislain, M.; Huaman, Z.; Cervantes, J.C.; Carey, E.E. (1999). *AFLP Assessment of Sweetpotato Genetic Diversity in Four Tropical American Regions(PDF):* // International Potato Center (CIP) Program report – 1997-1998. – Lima, Peru: International Potato Center (CIP).

11 Van Tilburg, Jo Anne. *Easter Island: Archaeology, Ecology and Culture*. // Washington D.C.: Smithsonian Institution Press 1994.

12 Kyndt, Tina; Quispea, Dora; Zhaic, Hong; Jarret, Robert; Ghislain, Marc; Liuc, Qingchang; Gheysena, Godelieve; Kreuzeb,

Jan F.. The genome of cultivated sweet potato contains *Agrobacterium* T-DNAs with expressed genes: An example of a naturally transgenic food crop // Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America. – 2015. – Vol. 112 – P. 5844-5849. doi:10.1073/pnas.1419685112.

13 "Sweet Potato Is a Natural GMO". genengnews.com. Mary Ann Liebert, Inc. Apr 22, 2015.

14 *Freyre R, Orjeda G, Iwanaga M.* Use of *Ipomoea trifida* Don germplasm for sweet potato improvement // Theoretical and Applied Genetics. – 2014. – Vol. 83. – P. 159-163.

15 *Shiotani I, Yoshida S, Kawase T* () Numerical taxonomy analysis and crossability of diploid *Ipomoea* species related to the sweet potato // Japanes Journal of breeding. – 1990. – Vol. 40. – P. 159-174.

16 *Glimelius K, Fahhleson J, Langrenn M, Sjodin C, Sungerg E,* Gene transfer via somatic hybridisation in plants // TibTech – 1991 – Vol. 9. – P. 24-30.

17 *Evan S., Juliane W., Melanie O., Eugene Z., Ben H., Ian L.* Genetic Engineering for Microalgae Strain Improvement in Relation to Biocrude Production Systems // Biomass and Biofuels from Microalgae. – 2010. – Vol. 2. – P. 191-249.

18 *Gustavo A.R., Joel G.C., Roberto V.P., Camilo A.P.* *Agrobacterium tumefaciens*: a natural tool for plant transformation, // Electron. J. Biotechnol. – 1998 – Vol. 1 – P.118-133.

19 *Al Mazrooei S., Bhatti M.H., Henshaw G.G., Taylor N.J., Blakesley D.* Optimisation of somatic embryogenesis in fourteen cultivars of sweet potato [*Ipomoea batatas* (L.) Lam] // Plant Cell Rep. – 1997. – Vol. 16. – P.710-714.

20 *Huett D.O.* Evaluation of sources of propagating-material for sweet-potato production // Sci. Hortic. – 1982. – Vol. 16. – P. 1-7.

21 *Prakash C., Varadarajan U.,* Genetic transformation of sweet potato by practical bombardment // Plant Cell Rep. – 1992 – Vol.11. – P. 53-57.

22 Retrieved 23 April 2015. Joshua R., John E. Traditional Breeding, Genomics-Assisted Breeding, and Biotechnological Modification of Forest Trees and Short Rotation Woody Crops //

Wood-Based Energy in the Northern Forests, 2013. – P. 79-99.

23 *Suzuki N., Rivero R.M., Shulaev V., Blumwald E., Mittler R.* Abiotic and biotic stress combinations // *New Phytologist*. – 2014. – Vol.203. – P. 32-43.

24 *Foyer Ch.H., Shigeoka Sh.* Understanding Oxidative Stress and Antioxidant Functions to Enhance Photosynthesis // *Plant Physiology*. – 2011. – Vol.155. – P. 93-100.

25 *Serres B.J., Mittler R.* The Roles of Reactive Oxygen Species in Plant Cells // *Plant Physiology*. – 2006. – Vol. 141. – P. 311.

26 *Tripathy B.Ch., Oelmuller R.* Reactive oxygen species generation and signaling in plants // *Plant Signaling and Behavior*. – 2012. – Vol. 7. – P. 1621-1633

27 *Sharma P., Bhushanjha A., Dubey R., Pessarakli M.* Reactive Oxygen Species, Oxidative Damage, and Antioxidative Defense Mechanism in Plants under Stressful Conditions // *Journal of Botany*. – 2012. – Vol. 2012. – P. 1-26.

28 *Cheng Y.J., Kim M.D., Deng X.P., Kwak S.S., Chen W.* Enhanced salt stress tolerance in transgenic potato plants expressing IbMYB1, a sweet potato transcription factor // *Journal of Microbiology and Biotechnology*. – 2013. – Vol. 23. – P. 1737-1746.

29 *Kim C.Y., Ahn Y.O., Kim S.H., Kim Y.H., Lee H.S., Catanach A. S., Jeanne M. E. Jacobs, Conner J. A., Kwak S.S.* The sweet potato IbMYB1 gene as a potential visible marker for sweet potato intragenic vector system // *Physiologia Plantarum*. – 2010. – Vol. 139. – P. 229-240.

30 *Wang X., Guo X., Li Q., Tang Zh., Kwak S., Ma D.* Studies on Salt Tolerance of Transgenic Sweetpotato Which Harbors Two Genes Expressing CuZn Superoxide Dismutase and Ascorbate Peroxidase with the Stress-inducible SWPA2 Promoter // *Plant Gene and Trait*. – 2012. – Vol. 3. – P. 6-12.

31 *Tang L., Kwon S.Y., Kim S.H., Kim J.S., Choi J.S., Cho K.Y., Sung C. K., Kwak S.S., Lee H.S.* Enhanced tolerance of transgenic potato plants expressing both superoxide dismutase and ascorbate peroxidase in chloroplasts against oxidative stress and high temperature // *Plant Cell Rep*. – 2006. – Vol.25. – P. 1380-1386.

32 Tang L., Kim M.D., Yang K.S., Kwon S.Y., Kim S.H., Kim J.S., Yun D.J., Kwak S.S., Lee H.S. Enhanced tolerance of transgenic potato plants overexpressing nucleoside diphosphate kinase 2 against multiple environmental stresses // *Transgenic Res.* – 2008. – Vol.17. – P. 705-715.

33 Tang L., Yun D.J., Kwon S.Y., Lee H.S. Kwak S.S. Selection of Transgenic Potato Plants Expressing NDP Kinase 2 Gene with Enhanced Tolerance to Oxidative Stress // *Journal of plant biotechnology.* – 2004. – Vol.31. – P. 191-195

34 Lintig von J. Provitamin A metabolism and functions in mammalian biology // *American Society for Nutrition.* – 2012. – Vol. 96. – P. 1234-1244.

35 Goo Y.M., Han E.H., Jeong J.Ch., Kwak S.S., Yu J., Kim Y.H., Ahn M.J., Lee Sh.W. Overexpression of the sweet potato *lbOr* gene results in the increased accumulation of carotenoid and confers tolerance to environmental stresses in transgenic potato // *Comptes Rendus Biologies.* – 2015. – Vol. 338. – P. 12-20.

36 Kim S.H., Ahn Y.O., Ahn M.J., Jeong J.Ch., Lee H.S., Kwak S.S. Cloning and characterization of an Orange gene that increases carotenoid accumulation and salt stress tolerance in transgenic sweetpotato cultures // *Plant Physiology and Biochemistry.* – 2013. – Vol. 70. – P. 445-454.

37 Kim S.H., Ahn Y.O., Ahn M.J., Lee H.S., Kwak S.S. Down-regulation of b-carotene hydroxylase increases b-carotene and total carotenoids enhancing salt stress tolerance in transgenic cultured cells of sweetpotato // *Phytochemistry.* – 2012. – Vol. 74. – P. 69-78.

38 Kim K.Y., Kwon S.Y., Lee H.S., Hur Y., Bang J.W, Kwak S.S. A novel oxidative stress-inducible peroxidase promoter from sweetpotato: molecular cloning and characterization in transgenic tobacco plants and cultured cells // *Plant Molecular Biology.* – 2003. – Vol. 51. – P. 831-838.

39 Orna A.K., Yardena G.D., Simcha L.Y., Gollop R., Gozal B.H. The Salt-Stress Signal Transduction Pathway That Activates the *gpx1* Promoter Is Mediated by Intracellular H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>, Different from the Pathway Induced by Extracellular H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> // *Plant Physiology.* – 2004. – Vol. 135. – P. 1685-1696.

40 *Sakamoto A., Murata N.* Genetic engineering of glycinebetaine synthesis in plants: current status and implications for enhancement of stress tolerance // *Journal of Experimental Botany*. – 2000. – Vol. 51. – P. 81-88.

41 *Fan W., Zhang M., Zhang H., Zhang P.* Improved Tolerance to Various Abiotic Stresses in Transgenic Sweet Potato (*Ipomoea batatas*) Expressing Spinach Betaine Aldehyde Dehydrogenase // *Plos One*. – 2012. – Vol. 7. – P. 1-14.

42 *Wang F.W., Wang M.L., Guo C., Wang N., Li X.W., Chen H., Dong Y.Y., Chen X.F., Wang Z.M., Li H.Y.* Cloning and characterization of a novel betaine aldehyde dehydrogenase gene from *Suaedacorniculata* // *Genetics and Molecular Research*. – 2016. – Vol.15. – P. 1-14.

43 *Haeng-Soon Lee, Yunkang Hur, Jae-Wook Bang and Sang-Soo Kwak.* A novel oxidative stress-inducible molecular cloning and characterization in transgenic tobacco cultured cells. // *Plant Molecular Biology*. – 2003. – Vol. 51. – P. 831-838.

44 *Chapin, F.S. III, H.A. Mooney, M.C. Chapin, and P. Matson.* Principles of terrestrial ecosystem ecology // New York: Springer, 2011. – 398 c.

45 *Ricklefs, R.E.* The Economy of Nature // 6-th edition. New York: WH Freeman, 2005. - 642 c.

46 *Rejeb I. B., Pastor V., Mauch-Mani B.* Plant Responses to Simultaneous Biotic and Abiotic Stress: Molecular Mechanisms // *Plants*. – 2014 – Vol. 3 – P.458-475.

47 *Sung-Chul Park, Sun Ha Kim, Seyeon Park, Hyeong-Un Lee, Joon Seol Lee, Woo Sung Park, Mi-Jeong Ahn, Yun-Hee Kim, Jae Cheol Jeong, Haeng-Soon Lee, Sang-Soo Kwak.* Enhanced accumulation of carotenoids in sweetpotato plants overexpressing *IbOr-Ins* gene in purple-fleshed sweetpotato cultivar // *Plant Physiology and Biochemistry*. – 2015 – Vol.86 – P. 82-90.

48 *Yu-Jie Cheng, Myoung-Duck Kim, Xi-Ping Deng, Sang-Soo Kwak, and Wei Chen.* Enhanced Salt Stress Tolerance in Transgenic Potato Plants Expressing *IbMYB1*, a Sweet Potato Transcription Factor // *J. Microbiol. Biotechnol.* – 2013. – Vol.23. – P. 1737-1746.

49 *Yun-Hee Kim, Soon Lim, Sim-Hee Han, Jeung Joo Lee, Ki*

*Jung Nama, Jae Cheol Jeong, Haeng-Soon Lee, Sang-Soo Kwak.* Expression of both CuZnSOD and APX in chloroplasts enhances tolerance to sulfur dioxide in transgenic sweet potato plants. // *C. R. Biologies.* – 2015. – Vol. 338. – P. 307-313.

50 *Ndunguru J, Kapinga R, Sseruwagi P, Sayi B, Mwangi R, Tumwegamire S, Rugutu C.* Assessing the sweetpotato virus disease and its associated vectors in northwestern Tanzania and central Uganda // *Afr. J. Agric. Res.* – 2009. – Vol. 4 – P. 334-343.

51 *Lou H.R., Maria M.S., Benavides J, Zhang DP, Zhang Y, Ghislain M.* Rapid genetic transformation of sweet potato (*Ipomeea batatas* (L.) Lam) via organogenesis // *Afr. J. Biotech.* – 2010. – Vol. 5 – P. 1851-1857.

52 *Schafleitner R., Tincopa L.R., Palomino O., Rossel G., Robles R.F., Alagon R., Rivera C., Quispe C., Rojas L., Pacheco J.A.* A sweet potato gene index established by de novo assembly of pyrosequencing and Sanger sequences and mining for gene-based microsatellite markers // *BMC Genomics* – 2010. – Vol.11. – P.604-614.

53 *Harrison HF, Jr., Jackson DM ()*. Response of two sweet potato cultivars to weed interference // *Crop Protec.* – 2011. – Vol. 30 – P. 1291-1296.

54 <http://www.apsnet.org/publications/commonnames/Pages/Sweetpotato.aspx>

55 *D.L.Gutierrez, S. Fuentes, and L. F. Salazar.* Sweetpotato Virus Disease (SPVD): Distribution, Incidence, and Effect on Sweetpotato Yield in Peru // *Plant Disease.* – 2003. – Vol. 8. № 3 – P. 287-302.

56 *Clark CA, Davis JA, Abad JA, Cuellar WJ, Fuentes S et al.* Sweetpotato viruses: 15 years of progress on understanding and managing complex diseases // *Plant Disease.* – 2012. – Vol. 96 – P. 168-185.

57 *Gao F, Gong YF, Zhang PB ()* Production and deployment of virus-free sweetpotato in China // *Crop Prot.* – 2000. – Vol. 19. – P. 105-111.

58 *Valverde R.A., Clark C.A., Valkonen J.P.* Viruses and virus disease complexes of sweetpotato // *Plant Viruses.* – 2007. – Vol. 1. – P. 116-126.

59 *Geddes A.M.W.* The relative importance of crop pests in sub-Saharan Africa // Natural Resources Institute, Chatham, UK. – 1990. – Bulletin 36. – P.68.

60 *Schaefers G. A., Terry E. R.* Insect transmission of sweet potato disease agents in Nigeria // *Phytopathology*. – 1976. – Vol. 66. – P. 642-645.

61 *Stathers T., Namanda S., Mwangi R.O.M., Khisa G., Kapinga R.* Manual for Sweetpotato Integrated Production and Pest Management Farmer Field Schools in Sub-Saharan Africa // International Potato Center, Kampala, Uganda. – 2005. – P.168.

62 *Mbanzibwa D. R., Tairo F., Gwandu C., Kullaya A., Valkonen J.P.T.* First Report of Sweetpotato symptomless virus 1 and Sweetpotato virus A in sweetpotatoes in Tanzania // *Plant Dis*. – 2012. – Vol. 96. – P. 1430-1437.

63 *Karyeija R.F., Gibson R.W., Valkonen J.P.T.* The significance of sweet potato feathery mottle virus in subsistence sweet potato production in Africa // *Plant Dis*. – 1998. – Vol. 82. – P. 4-15.

64 *Trenado H.P., Orilio A.F., Marquez-Martin B., Moriones E., Navas-Castillo J.* Sweepviruses cause disease in sweet potato and related Ipomoea spp.: fulfilling Koch's postulates for a divergent group in the genus Begomovirus // *Plos One*. – 2011. – Vol. 6. – P.27-32.

65 *Qiao Q., Zhang Z.C., Qin Y.H., Zhang D.S., Tian Y.T. et al.* First report of sweet potato chlorotic stunt virus infecting sweet potato in China // *Plant Dis*. – 2010. – Vol. 95. – P. 356-356.

**Жапар •уаныш •абылұлы**, магистр, e-mail: zhapar.zk@gmail.com

**Дауров Диас Ламзарович**, магистр, e-mail: dias.daurov@mail.ru

**Жамбакин Кабыл Жапарович**, доктор биологических наук, профессор, e-mail: zhambaki@mail.ru

**Шамекова Малика Хабидулаевна**, магистр, PhD, e-mail: shamekov@gmail.com

Н.И.Малмаков<sup>1</sup>, Е.Адилайт<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Научно-исследовательский институт овцеводства,

<sup>2</sup>Казахский национальный аграрный университет,

г. Алматы, Казахстан

## ВЛИЯНИЕ ВРЕМЕНИ ОТБОРА ОВЦЕМАТОК В ОХОТЕ НА РЕЗУЛЬТАТЫ ЯГНЕНИЯ ПОСЛЕ ЛАПАРОСКОПИЧЕСКОГО ОСЕМЕНЕНИЯ ЗАМОРОЖЕННОЙ СПЕРМОЙ\*

---

---

**Аннотация.** В экспериментах после лапароскопического осеменения замороженной спермой 2-х баранов породы суффолк из овцематок с естественной половой охотой, отобранных с помощью баранов-пробников ежедневно утром, ежедневно утром и вечером или ежедневно вечером, объягнись 24,7 % (21/85), 21,6 % (11/51) и 41,6 % (37/89) соответственно (P<0,05). Доказано, что ежедневная вечерняя выборка с последующим ЛО на следующий день обеспечивает достоверно более высокие результаты ягнения (P<0,05) по сравнению с выборкой ежедневно утром или ежедневно утром и вечером.

**Ключевые слова:** лапароскопическое осеменение, замороженная сперма, эструс, выборка овец в охоте, овцеводство



**Түйіндеме.** Екі суффолк қошқарының мұздатылған шәуетімен екі эксперименттің лапароскопиялық ұрықтандыру нәтижесінде сынақ-қошқар арқылы күнсайын таңертең, күнсайын таңертең және кешкісін немесе күнсайын кешкісін таңдалған саулықтардан 24,7 % (21/85), 21,6 % (11/51) және 41,6 % (37/89) төлдеді (P<0,05). Қорытынды – күнсайын кешкісін таңдау кейінгі келесі күні ЛҰ күнсайын таңертең немесе күнсайын таңертең және кешкісін таңдауларымен салыстырғанда саулықтардың төлдеуінің жоғары нәтижесін қамтамасыз етеді (P<0,05).

**Түйінді сөздер:** лапароскопиялық ұрықтандыру, мұздатылған шәует, эструс, күйлеген саулықтарды таңдау.



---

\*Выполнено по гранту ГФ3788 Комитета науки МОН РК

**Abstract.** In two experiments among ewes in natural heat drafted with the aid of the teaser-rams daily in the morning, daily in the morning and evening or daily in the evening 24,7 % (21/85), 21,6 % (11/51) and 41,6 % (37/89) respectively lambed after laparoscopic artificial insemination (LAI) with frozen semen from two Suffolk rams ( $P < 0,05$ ). It was concluded that daily evening drafting with following LAI on the next day provides significantly higher lambing results ( $P < 0,05$ ) than drafting daily in the morning or daily in the morning and in the evening.

**Key words:** laparoscopic insemination, frozen semen, estrus, drafting of ewes in heat.

**Введение.** В 1980-х гг. в Австралии [1] был разработан и внедрен в практику метод лапароскопического осеменения (ЛО), который позволяет значительно повысить результаты ягнения овец после ИО замороженной спермой. Для ЛО Evans and Maxwell [2] рекомендуют использовать овец с синхронизированной половой охотой (эструсом) и не использовать овец с естественным эструсом. В их исследованиях после ЛО замороженной спермой овец с синхронизированным эструсом объягнулось 50,7 % ( $n=837$ ) [3] и 57,8-66,0 % ( $n=193$ ) [4] животных. Исследователи из других стран Milovanovic et al. [5] и Niasari-Naslaji et al. [6] опубликовали примерно такие же значения результатов ягнения: 61,90 % ( $n=42$ ) и 51,7 % ( $n=34$ ) соответственно.

В развитых зарубежных странах более предпочтительна синхронизация эструса из-за высокой зарплаты рабочих. Однако в Казахстане выборка овец в охоте с помощью баранов-пробников и одного сезонного рабочего с месячной зарплатой 50-60 тыс. тенге на отару 600-700 гол. является менее затратной, чем синхронизация эструса. Поэтому в условиях Казахстана, на наш взгляд, синхронизация имеет следующие недостатки:

а) высокие затраты: 3300 тенге (10 дол.) на 1 гол.;  
б) трудоемкость: каждую овцу необходимо найти в отаре и поймать 3 раза для того, чтобы:

- ввести пессарий,
- удалить его через 12-14 дней и инъецировать ГСЖК,
- осеменить через 60-66 ч после удаления пессария.

ЛО замороженной спермой овец с естественной половой охотой является малоизученным вопросом. В аналитическом

обзоре Salamonand Maxwell [5] отмечено, что по этой теме имеются всего лишь 3 публикации, в которых представлены результаты ягнения: в эксперименте Takenaka et al. [6] из 5 овец, эструс у которых выявляли через каждые 6 ч и осеменяли через 24 ч после выявления, объягнилось 4 овцематки, или 80 %. По данным исследований Azzarini and Valledor [7,8], объягнилось 42-53 % осемененных овцематок.

В работе [11] отбирали ярок в охоте 2 раза в сутки, осеменяли их с помощью лапароскопа дозой 20-30 млн. сперматозоидов и получили 61 % (11/18) ягнений. Предположительно оптимальное время ЛО ярок при двукратной в сутки выборке составляет 10-16 ч после выявления охоты.

В наших экспериментах [10,11] установлено, что двукратная в сутки выборка овец в охоте и ЛО в среднем через 14 ч не имела преимуществ над однократной в сутки утренней выборкой и осеменением в день выборки, когда объягнилось 41,7 % (15/36) и 45,3 % (120/265) овец соответственно ( $P > 0,5$ ).

**Цель исследования** – выявление оптимального времени выборки овец с естественной половой охотой для ЛО замороженной спермой.

**Методика исследования.** В крестьянских хозяйствах "Разахун" Жамбылской области и "Т. Мамед-Хасенов" Алматинской области на овцах казахской мясо-шерстной и казахской мясной скороспелой полутонкорунной пород соответственно в 2014 и 2015 гг. проведены 2 эксперимента, в которых использовалась сперма баранов № 937 и № 102 породы суффолк, замороженная в соломинках объемом 0,25 мл. После оттаивания в водяной бане при 37-38 °С оценивали подвижность спермы под микроскопом с 400-кратным увеличением. Затем по методике Evansand Maxwell [2] с помощью лапароскопа (Элепс, Россия) и аппликатора Робертсона (Minitube, Германия) оттаянную сперму инъецировали в оба рога матки.

В первом эксперименте овцематок в охоте выявляли с помощью баранов-пробников:

- ежедневно утром,
- ежедневно утром и вечером,
- ежедневно вечером.

Во втором эксперименте овцематок в охоте выявляли:

- ежедневно утром,
- ежедневно вечером.

Учтены овцы, обьягившиеся через 137-152 дней после осеменения. Статистическую обработку экспериментальных данных выполняли с помощью однофакторного дисперсионного анализа Microsoft Excel 2010 (Microsoft, Redmond, WA, USA).

**Результаты.** Данные таблицы показывают, что в первом эксперименте ежедневная двукратная в сутки выборка овец в охоте с ЛО через 8,5-21 ч после выборки не имела преимуществ над ежедневной утренней выборкой и ЛО в день выборки, когда обьягнилось соответственно 18,8 % (9/48) и 21,6 % (11/51) овец ( $P > 0,05$ ).

**Влияние времени выявления половой охоты на результаты ягнения овец после лапароскопического осеменения замороженной спермой**

Эксперимент	Время ежедневной выборки овец в охоте	Время от выборки до ЛО, ч	Осеменено овец	Обьягнилось овец		Родилось ягнят	
				п	%	всего	на одно ягнение
1	Утро	6,5-10	48	9	18,8 <sup>a</sup>	10	1,11
	Утро и вечер	8,5-21	51	11	21,6 <sup>a</sup>	14	1,27
	Вечер	17,5-20,5	30	14	46,7 <sup>b</sup>	21	1,50
2	Утро	3,5-5,5	37	12	32,4	15	1,25
	Вечер	14,5-21	59	23	39,0	29	1,26
Всего:	Утро	3,5-10	85	21	24,7 <sup>a</sup>	25	1,19
	Утро и вечер	8,5-21	51	11	21,6 <sup>a</sup>	14	1,27
	Вечер	14,5-21	89	37	41,6 <sup>b</sup>	50	1,35

<sup>ab</sup>Примечание. Разница между значениями с разными буквами в одной колонке статистически достоверна ( $P < 0,05$ ).

Достоверно более высокие результаты ягнения были получены в группе овец, эструс у которых выявляли ежедневно вечером и осеменяли на следующий день после выявления охоты, по сравнению с овцами, эструс у которых выявляли один раз в сутки утром или два раза в сутки утром и вечером: 46,7 % (14/30); 18,8 % (9/48) и 21,6 % (11/51) соответственно ( $P < 0,05$ ).

Для подтверждения этого наблюдения был проведен второй эксперимент, из которого была исключена группа с двукратной в сутки выборкой овец в охоте. Как видно из данных таблицы, во втором эксперименте более высокие результаты ягнения также были получены в группе овец с ежедневной вечерней выборкой по сравнению с ежедневной утренней выборкой: 39,0 % (23/59) и 32,4 % (12/37) соответственно ( $P > 0,05$ ).

Всего в двух экспериментах после ЛО замороженной спермой объягнилось 41,6 % (37/89) овцематок, отобранных ежедневно вечером, и 24,7 % (21/85) овцематок, отобранных ежедневно утром ( $P < 0,05$ ).

**Обсуждение.** Обычно выборка овец в охоте проводится ежедневно рано утром. Ежедневная двукратная выборка утром и вечером менее приемлема на практике, так как является более трудоемкой.

Первый вывод, сформулированный по результатам анализа экспериментальных данных о том, что двукратная в сутки выборка овец в охоте с ЛО через 8,5-21 ч после выборки не имела преимуществ над однократной в сутки утренней выборкой и осеменением в день выборки (18,8 и 21,6 % ягнений соответственно,  $P > 0,05$ ) подтверждает наши более ранние наблюдения [11].

Также исследование подтвердило данные предыдущего эксперимента [11] по оплодотворяющей способности замороженной спермы 2-х баранов суффолк: в группе с ежедневной утренней выборкой после ЛО объягнилось 24,7 % (21/85) овец, в то время как в 2013 г. – 24,0 % (18/75).

В результате анализа данных этого исследования был сформулирован второй вывод о том, что ежедневная вечерняя выборка овец в охоте в сочетании с ЛО замороженной спермой на следующий день обеспечила достоверно более высокие резуль-

таты ягнения. Почему? Каковы причины?

При изучении литературных данных, опубликованных с 1930 г. по настоящее время в журналах "Овцеводство", "Животноводство" и "Зоотехния", а также в международных журналах Theriogenology, Animal Reproduction Science, Reproduction in Domestic Animals, Japanese Journal of Reproduction and Development, удалось удостовериться, что никто не применял однократную в сутки вечернюю выборку овец в охоте для ИО. При этом стали известны следующие цифры, важные в воспроизводстве овец и необходимые для понимания и объяснения причин полученных результатов, а именно:

- продолжительность эструса у овцематок составляет 38 ч [12], 24-42 ч [2], 18-72 ч в среднем 30 ч [13];
- яйцеклетка овулирует от начала половой охоты через: 30-32 ч [12], 25-30 ч [2], и 28 ч [13];
- продолжительность времени после овуляции, в течение которого ооцит способен оплодотвориться, составляет не более 5 ч [12] и 12-24 ч [2];
- время, в течение которого замороженно-оттаянная сперма жизнеспособна: в рогах матки - 15-16 ч [14], в яйцеводах – до 6,5 ч [15] и до 10 ч [14].

На рисунке представлены схемы ежедневной утренней и ежедневной вечерней выборки овец в охоте, в которых сделано несколько предположений:

- утренняя выборка проводится с 6 до 7 утра, а вечерняя - с 6 до 19 вечера;
- средняя продолжительность половой охоты составляет 36 ч;
- ЛО выполняется в рабочее время с 9:00 до 18:00 ч, границы которого помечены вертикальными линиями;
- каждый час в охоту приходит по одной овцематке (так, у овцематки № 1 половая охота началась за 23 ч до выборки, у овцематки № 2 – за 22 ч и т.д. и у овцематки № 24 – в самом конце выборки);
- оптимальное время ЛО составляет 25-36 ч от начала охоты. Оптимальное время ЛО 1-й и 24-й овцематок соединено ли-



ниями, образующими трапецию, площадь которой показывает оптимальное время ЛО всей группы овцематок;

- пересечение линий границ рабочего времени с трапецией оптимального времени ЛО группы овцематок образует фигуру, площадь которой показывает эффективность ЛО: чем больше площадь, тем результативнее ЛО.

**Выводы.** Как видно, ежедневная вечерняя выборка сдвигает ЛО к концу эструса, повышая вероятность оплодотворения. Площадь, образуемая при пересечении линий границ рабочего времени с трапецией оптимального времени ЛО овцематок с вечерней выборкой, на 1/3 больше таковой группы овцематок с утренней выборкой. Кроме того, необходимо отметить, что проведение ежедневной вечерней выборки в 18:00 ч и ЛО с 9 утра до 18 вечера приходится примерно на середину оптимального времени осеменения группы овцематок, образуя трапецию с максимально большой площадью.

Таким образом, ежедневная вечерняя выборка овец с естественной половой охотой с последующим ЛО замороженной спермой на следующий день обеспечивает достоверно ( $P < 0,05$ ) более высокие результаты ягнения (41,6 %; 37/89) по сравнению с ежедневной утренней (24,7 %; 21/85) и ежедневной двукратной выборкой (21,6 %; 11/51).

### Список литературы

1 *Killeen I.D., Caffery G.J.* Uterine insemination of ewes with the aid of a laparoscope // *Austr. Vet. J.* – 1982. – Vol. 59. – 95 p.

2 *Evans G., Maxwell W.M.C.* Salamon's artificial insemination of sheep and goats // *Butterworths, Sydney*, 1987. – 194 p.

3 *Maxwell W.M.C.* Current problems and future potential of artificial insemination programmes // *D.R. Lindsay and D.T. Pearce (Editors), Reproduction in Sheep. Australian Academy of Science and Australian Wool Corporation, Canberra*, 1984. – P. 291-298.

4 *Salamon S., Maxwell W.M.C., Evans G.* Fertility of ram semen frozen-stored for 16 years // *Proc. Aust. Soc. Reprod. Biol.* – 1985. – Vol. 17. – 62 p.

5 *Milovanovic A., Maximovic N., Barna T., Delic N.* Laparoscopic insemination of sheep in Republic of Serbia. January, 2013. [https://www.researchgate.net/publication/274881491\\_Laparoscopic\\_insemination\\_of\\_sheep\\_in\\_Republic\\_of\\_Serbia](https://www.researchgate.net/publication/274881491_Laparoscopic_insemination_of_sheep_in_Republic_of_Serbia)

6 *Niasari-Naslaji A., Akbarinejad V., Hoseinipajooh K., Akbari G., Gharibi S., Arabha H.* Laparoscopic intrauterine and intraperitoneal insemination in fat-tailed ewes // *Reproduction, Fertility and Development.* – 2013. – Vol. 25, № 1. – 151 p.

7 *Salamon S, Maxwell WMC.* Frozen storage of ram semen. II. Causes of low fertility after cervical insemination and methods of improvement // *Anim Reprod Sci.* – 1995. – Vol. 38. – P. 1-36.

8 *Takenaka S, Fukui Y, Ono H.* Intrauterine insemination with frozen semen in the ewe using a laparoscope // *J Anim Reprod.* – 1985. – Vol. 31. – P. 25-27.

9 *Azzarini M, Valledor F.* Inseminacion intrauterina con semen congelado en ovejas // *Bol Tec Ovinos Lanac.* – 1987. – Vol. 16. – P. 7-14.

10 *Azzarini M, Valledor F.* Inseminacion intrauterina o cervical con semen congelado o fresco en ovejas en celo natural // *Prod Ovina.* – 1988. – Vol. 1. – P. 1-8.

11 *Джакупов И.Т.* Совершенствование методов осеменения и повышения оплодотворяемости овец: автореф дис. ... канд. с.х. наук. – Мынбаево, 1996. – 25 с.

12 *Малмаков Н.И., Сейтпан К., Хамзин К.П., Сливаков В.А., Айбазов А. М.М.* Результаты ягнения после внутриматочного осеменения овец замороженной спермой, импортированной из Новой Зеландии и США: сб. науч. тр. // *Животноводство и кормопроизводство.* – 2012. – Вып. 5. – С. 59-62.

13 *Малмаков Н.И., Хамзин К.П., Сейтпан К.М., Сливаков В.А.* Результаты ягнения овец после внутриматочного осеменения замороженной спермой // *Новости науки Казахстана.* – 2013. – № 4. – С. 106-117.

14 *Лопырин А.И.* Повышение плодовитости овец и коз. – М.: Сельхозгиз, 1953. – 232 с.

15 *Sheep Production Handbook*, C&M Press, Denver, Colorado, 1996.

16 *Желтобрюх Н.А., Ивахненко В.К., Тутова Л.А.* Необходимо совершенствовать методы замораживания семени барана // *Овцеводство*. – 1977. – № 9. – С. 37-38.

17 *Логонова Н.В., Желтобрюх Н.А.* Оценка различных способов замораживания семени // *Овцеводство*. – 1968. – № 9. – С. 22-25.

***Малмаков Нурлан Икласович***, доктор сельскохозяйственных наук.  
e.mail: nurlan\_malnikov@mail.ru

***Адилай Ермухан***, магистрант, e.mail: adilay11@mail.ru

С.А.Бабкенова<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Научно-производственный центр зернового хозяйства  
им. А.И.Бараева, пос. Шортанды, Казахстан

## ГЕНЕТИЧЕСКИЕ РЕСУРСЫ УСТОЙЧИВОСТИ СОРТООБРАЗЦОВ ЯРОВОЙ ПШЕНИЦЫ К СЕПТОРИОЗУ

---

---

**Аннотация.** В инфекционном питомнике научно-производственного центра зернового хозяйства им. А.И. Бараева на фоне искусственного заражения растений проведена оценка устойчивости более 687 сортов яровой мягкой (*Triticum aestivum*) и твердой (*Triticum durum*) пшеницы к возбудителю септориоза. По итогам иммунологической оценки среди сортов яровой мягкой пшеницы отобрано 1,9 % устойчивых и 5,7 % умеренно устойчивых форм. Среди сортобразцов яровой твердой пшеницы выделены 0,9 % устойчивых и 1,4 % умеренно устойчивых образцов, остальные проявили восприимчивость. Выделенные резистентные генотипы будут использованы в качестве исходного материала для селекции на устойчивость к септориозу.

**Ключевые слова:** яровая пшеница, устойчивость к септориозу, инфекционный фон, септориоз пшеницы.



**Түйіндеме.** А.И.Бараев атындағы астық шаруашылығы ҒӨО-ның инфекционды питомнигінде өсімдіктерді жасанды жұқтыру фонында септориоз қоздырғышына қарсы 687-ден астам жаздық жұмсақ бидай (*Triticum aestivum*) мен қатты (*Triticum durum*) бидай сорттарының төзімділігіне баға берілді. Иммунологиялық баға беру нәтижесінде жаздық жұмсақ бидай сорттарының ішінде 1,9 % төзімді және 5,7 % орташа төзімді түрлері іріктеліп алынды. Жаздық қатты бидай сорттарының арасында 0,9 % төзімді және 1,4 % орташа төзімді үлгілері бөлініп алынды, қалғаны сезімталдық көрсетті. Бөлініп алынған резистентті генотиптер селекцияда септориозға қарсы төзімділіктің бастапқы материалы ретінде пайдаланылады.

**Түйінді сөздер:** бидай, төзімділік, инфекционды фон, септориоз.

---

*\*Работа выполнена в рамках программы грантового финансирования Комитета науки МОН РК по проекту "Изучение видового разнообразия возбудителей септориоза с использованием методов молекулярной биологии и создание исходного материала устойчивого к септориозу на основе маркер ассоциативной селекции" (№ ГР 0115РК02363)*



**Abstract.** An estimate of more than 687 varieties of spring bread (*Triticum aestivum*) and hard (*Triticum durum*) wheat for resistance to the causative agent of Septoria has been carried out in the infectious nursery of the LLP "Scientific-Production Center of Grain Farming named after A.I. Baraev" on the artificial infection background. 1.9 % of resistant and 5.7 % of moderately resistant forms among spring bread wheat varieties were selected according to the results of immunological estimate. 0.9 % of resistant and 1.4 % of moderately resistant samples were isolated among the varieties of spring hard wheat, others showed susceptibility. The isolated resistant genotypes will be used as a starting material for breeding of resistance varieties to Septoria.  
**Key words:** wheat, resistance, infectious background, Septoria.

**Введение.** Пшеница является основным продуктом питания для человечества [1]. Растение пшеницы подвергается различным биотическим и абиотическим стрессам. В процессе длительной эволюции пшеницы к ней приспособились многие возбудители болезней, среди которых доминирующими являются грибные микроорганизмы. Наиболее опасными представителями прогрессирующих заболеваний пшеницы являются возбудители рода *Septoria*, которые интенсивно нарастают с начала 1980-х гг. и в настоящее время распространились повсеместно [2]. Общеизвестно, что наиболее эффективным, экономически выгодным и экологически оправданным способом борьбы с вредоносными организмами являются внедрение и районирование устойчивых сортов. Болезнеустойчивые сорта - это не только сохранение урожая, но и охрана биосферы от загрязнения пестицидами, снижение затрат на их применение и получение экологически безопасной продукции [3].

Для создания сортов, резистентных к септориозу, необходимо проводить поиск новых источников устойчивости. С этой целью выполнен скрининг сортообразцов пшеницы из различных стран мира по устойчивости к септориозу на искусственном инфекционном фоне.

В качестве объектов исследования были использованы 687 сортообразцов различного эколого-географического происхождения. Исследования сортообразцов на устойчивость к септо-

ризу проведены в течение 2-х лет в условиях искусственного инфекционного фона согласно методике Государственного сортоиспытания сельскохозяйственных культур [4]. Посев образцов для иммунологической оценки проводили в оптимальные сроки. Инокуляция растений пшеницы выполняли в фазу трубкования растений путем распыления водной суспензии спор патогена, которая при 100 %-ной жизнеспособности должна содержать 10<sup>7</sup> спор/мл, расход суспензии – 100 мл/м<sup>2</sup>. Растения заражали в фазу трубкования.

**Методы исследования.** Учет проводили по модифицированной шкале Сари-Прескотта (в баллах):

- 0 – отсутствие инфекции;
- 0,1 – инфекция отсутствует, но некоторые признаки имеются;
- 1 – устойчивый: отдельные мелкие пятна преимущественно на нижних листьях;
- 2 – устойчивый: пятна распространяются на другие ярусы листьев, 1-й лист имеет слабое поражение;
- 3 – устойчивый: слабо поражен 3-й лист: нижние листья поражены в пределах от средней до сильной степени;
- 4 – умеренно устойчивый: нижние листья поражены в средней степени, слабо поражены в средней степени, слабо поражены листья среднего яруса;
- 5 – умеренно восприимчивый, нижние листья поражены в сильной степени, среднего яруса – от средней до слабой степени, верхнего яруса – свободны от инфекции; инфекция не распространена выше среднего яруса листьев растения;
- 6 – умеренно восприимчивый: сильно поражен 3-й снизу лист, в средней степени - листья среднего яруса, поражение перешло на верхний ярус;
- 7 – восприимчивый: сильное поражение листьев нижнего и среднего ярусов; инфекция распространилась от нижних листьев до флаг-листа;
- 8 – восприимчивый: сильное поражение листьев нижнего и среднего ярусов; от умеренного до сильного поражен 3-й сверху лист; флаг-лист поражен как и другие верхние листья;

9 – высоко восприимчивый: сильно поражены все листья; поражен колос [5].

Первичное проявление симптомов отмечали через 10 дней после инокуляции, а основной учёт развития болезни проводили в фазу молочной спелости зерна.

**Результаты исследования и их обсуждение.** В 2015-2016 гг. на искусственном инфекционном фоне изучены 467 образцов яровой мягкой пшеницы по устойчивости к септориозу. В результате проведенной иммунологической оценки отобрано 9 (1,9 %) устойчивых образцов и 27 (5,7 %) умеренно устойчивых образцов. Наибольшее количество образцов, устойчивых к септориозу, представлено сортами из Международного центра СИММИТ – 5, из Норвегии – 2, из Канады и Китая по одному образцу (таблица).

**Сорта яровой пшеницы, устойчивые к популяции *S. tritici***

Сорт, линия	Происхождение	Поражение <i>S. tritici</i> , балл
1	2	3
<b>Мягкая пшеница</b>		
Акмола 2, стандарт	НПЦ ЗХ им. А.И. Бараева	7
A.C. Crystal	Канада	3
MN 94382	США	4
Guadalupe	Франция	4
Gus	СИММУТ	4
SD 80-89	США	4
SD 0027	США	4
SD 3391	США	4
SD 8080	США	4
SD 3290	США	4
Roblin	США	4

<i>Продолжение таблицы</i>		
1	2	3
Исток	Россия	4
Краснодарская	Россия	4
Есаул	Россия	4
Дельта	Россия	4
Лира	Россия	4
Руфа	Россия	4
Нота	Россия	4
Москвич	Россия	4
Велютинум 15	Казахстан	4
Апасовка	Россия	4
Лютесценс 360/96-6	Россия	4
Лютесценс 363/96-4	Россия	4
Laban	Норвегия	3
GN 06600	Норвегия	3
Krabat	Норвегия	4
Demonsrant	Норвегия	4
Long 94-4083	Китай	3
PREMIO/ 5/ CROC_1/AE.SQUARROSA (205) // BORL95/ ... CMSA09Y00947S-050Y-108BMX-6Y-02B-0WGY	СИММИТ Мексика	1
ND643/ 2*WBLL1// ND643/ 2*WAXWING CMSS09Y00051S-099Y-099M-099Y-7WGY-0B	то же	0
PREMIO/ 3/ KA/ NAC// TRCH CMSA08WM00146S-050ZTM-050Y-28ZTM-012Y-02B-0WGY	"	3
CROC_1/ AE.SQUARROSA (205) // BORL95/3/2*MILAN/... CMSS09Y00357S-099Y-099M-099Y-12WGY-0B	"	4
PREMIO/2*BAVIS CMSA09Y00228S-050M-050Y-050BMX-0NJ-099NJ-3WGY-0B	"	2
MILAN/KAUZ//PRINIA/3/BAV92/4/BAVIS CMSA09Y00896S-050Y-050ZTM-0NJ-099NJ-10WGY-0B	"	4

Окончание таблицы		
1	2	3
PREMIO/ SOKOLL//WBLL1		
CMSA09Y00955S-050Y-16BMX-2Y-02B-0WGY	"	4
ATTILA/3/URES/PRL//BAV92/4/WBLL1/5/WBLL4//...	"	4
PTSA09M00067S-050ZTM-050Y-2WGY-0B		
HAHN/2*WEAVER/4/BOW/CROW//BUC/PVN/3/...	"	3
CMSS10Y00768T-099TORM-099Y-099M-7WGY-0B	"	3
MURGA	"	"
CMSS93B00686S-12Y-010M-010Y-010M-7Y-1M-0Y-3SJ-0Y-...	"	3
<b>Твердая пшеница</b>		
Дамсинская 90, стандарт	Казахстан	6
Лавина	Казахстан	3
Асангали	Казахстан	3
Г 02-156-1	Россия	4
Омский изумруд	Россия	4
Irida	Италии	4

Селекция пшеницы на устойчивость к септориозу активно проводится в международном центре "СИММИТ" (Мексика). В центре осуществляются широкие комплексные исследования по испытанию коллекционных образцов пшеницы на устойчивость к этому патогену. В результате выполнения исследовательской программы созданы сорта, резистентные к данному возбудителю.

Кроме того, в группу умеренно устойчивых сортообразцов вошли 11 сортов из России, 7 – из США, 5 – из Международного центра "СИММИТ", 2 – из Норвегии, из Казахстана и Франции по одному образцу.

Высокий процент умеренно устойчивых форм из России объясняется тем, что селекция на устойчивость к болезням в этой стране направлена на поиск новых источников и доноров устойчивости и создание на их основе сортов, сочетающих продуктивность и устойчивость к болезням. Примером тому могут

служить сорта яровой пшеницы, устойчивые и толерантные к септориозу: Паллада, Уля, Вершина, Творец и Ласка из Краснодарского НИИСХ [6].

Кроме того, на искусственном инфекционном фоне для выявления источников устойчивости к *S. tritici* была проведена иммунологическая оценка образцов яровой твердой пшеницы, представленных 5 эколого-географическими группами, куда вошли образцы из Казахстана, России, Италии, Германии, США. Исследования по оценке устойчивости 220 образцов твердой пшеницы позволили выявить 2 (0,9 %) устойчивых и 3 (1,4 %) умеренно устойчивых форм. Устойчивые образцы представлены двумя сортами из Казахстана, а умеренно устойчивые – двумя сортами из России и одним сортом из Италии.

Остальные сортообразцы по пораженности септориозом относились либо к числу умеренно, либо высоко восприимчивых, что обусловлено слабой селекционной работой по созданию сортов устойчивых к данному заболеванию.

### **Выводы**

В результате проведенных иммунологических оценок по фенотипу среди сортообразцов яровой пшеницы отобраны источники устойчивости, наиболее полно отвечающие требованиям, предъявляемым к исходному материалу. Среди проанализированных 467 образцов яровой мягкой пшеницы выделено низкое количество устойчивых форм – 9, или 1,9 %, умеренно устойчивых – 27, или 5,7 %. Наибольшее число устойчивых образцов отмечено среди сортов Международного центра "СИММИТ".

По яровой твердой пшенице изучены 220 образцов, в группу устойчивых отнесены 2, а в группу умеренно устойчивых – 3 сортообразца. Наиболее ценные формы будут включены в селекционную программу для создания сортов яровой пшеницы, устойчивых к неблагоприятным факторам внешней среды.

Таким образом, полученные данные могут служить основой для составления селекционных программ на устойчивость к септориозу. Выполнение исследований в виде создания резистентных сортов позволит улучшить фитосанитарную и экологи-

ческую обстановку в агрофитоценозе и сохранить при этом 30-40 % урожая.

### **Список литературы**

1 *Curtis B.C., Rajaram S. and Macpherson H.G.* Bread wheat Improvement and production // Food and Agriculture Organization of the United Nations. – Rome Italy, 2002. – 554 p.

2 *Назарова Л.Н., Соколова Е.А.* Прогрессирующие болезни зерновых культур // АГРО XXI. – 2000. – № 4. – С. 18-19.

3 *Мохова Л.М., Горьковенко В.С., Аблова И.Б.* Полиморфизм сортов пшеницы по устойчивости к *Septoria tritici* Rob. et. Desm // Актуальные проблемы иммунитета и защиты сельскохозяйственных культур от болезней и вредителей: матер. Междунар. науч.-практ. конф. – Одесса, 2007. – С. 11-12.

4 Методика государственного сортоиспытания сельскохозяйственных культур. – Алматы, 2002. – С. 270-272.

5 Методы оценки устойчивости селекционного материала и сортов пшеницы к септориозу. – М.: ВНИИФ, 1989. – 52 с.

6 *Зеленева Ю.В., Судникова В.П.* Видовой состав и структура популяций возбудителей септориоза на сортах пшеницы, возделываемых в ЦЧР// Сб. докл. науч.-практ. конф. молодых ученых и специалистов. – Саратов, 2014. – С. 30-32.

**Бабкенова Сандукаш Амантаевна**, кандидат сельскохозяйственных наук,  
e-mail: s.babkenova@mail.ru

Г.Ж.Турметова<sup>1</sup>, Т.Р.Нурпашова<sup>1</sup>,  
Б.Ю.Юсупов<sup>1</sup>, Г.А.Бабаева<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Қожа Ахмет Ясауи атындағы Халықаралық қазақ-түрік университеті, Түркістан қ., Қазақстан

## ТҮРКІСТАН ӨңІРІ ЖАҒДАЙЫНДА ҚАУЫН ШЫБЫНЫМЕН КҮРЕСУДЕ ИНСЕКТИЦИДТЕРДІҢ ТИІМДІЛІГІ

---

---

**Түйіндеме.** Мақалада зерттеу жұмыстары Оңтүстік Қазақстан облысы, Түркістан ауданына қарасты Сауран, Иқан және Бірлік елдімекендерінің жеке шаруа қожалықтарында қауынның Ананас, Торпеда, Мирзачульский сұрыптарының қауын шыбынымен зақымдалуына қарсы инсектицидтердің әсері анықталды. Атап айтсақ, Гаучо, Нурелл, Энжио препараттары инсектицидтер ретінде қолданылды. 3 реттік өңдеуден кейін Сауран елдімекенінде зақымдалған қауынның пайыздық көрсеткіші Торпеда сұрыпында 4,3 %, Мирзачульский сұрыпында 3,2 %, ал Ананас сұрыпында 4,2 % құраса, Иқан елдімекенінде 2,4 %, 3,6 % және 2,8 %- ды құрады. Бірлік елдімекенінде 1,8 % Торпеда сұрыпы, 2,3 % Мирзачульский сұрыпы, ал 3,3 % Ананас сұрыпының қауындары зақымдалып, жалпы өнімділіктің төмендеуіне алып келді. Қауынның Торпеда, Мирзачульский және Ананас сортымен жүргізілген тәжірибеде ең жоғарғы көрсеткіш Нурелл препаратында бай-қалды.

**Түйінді сөздер:** қауын сұрыптары, бақша дақылы, қауын шыбыны, инсектицид, өнімділік, өнім.



**Аннотация.** В статье изложены результаты исследования дыни сортов Ананас, Торпеда, Мирзачульский в местностях Сауран, Икан и Бирлик Туркестанского района, Южно-Казахстанской области. В качестве инсектицидов против дынной мухи применялись препараты Гаучо, Нурелл, Энжио. После трехкратной обработки посевных площадей местности Сауран процентный показатель повреждаемости у сорта Торпеда составлял 4,3 %, у сорта Мирзачульский – 3,2 %, у сорта Ананас – 4,2 %. В местности Икан этот же показатель равнялся 2,4, 3,6 и 2,8 %; в местности Бирлик – 1,8, 2,3, 3,3 % что привело к снижению продуктивности урожая. Выявлено, что самым эффективным среди этих препаратов является препарат Нурелл.

**Ключевые слова:** сорта дыни, бахчевая культура, дынная муха, инсектициды, продуктивность, урожай.



**Abstract:** There are represented the results of a research of Pineapple, Torpedo, Mirzachoulian melon sorts in areas Sauran, Ichan and Birlik of the Turkestan district, the Southern Kazakhstan. The Gaucho, Nurell, Enzhio preparations have been applied as a melon musca control insecticides. After triple cultivation processing of the area Sauran, a percentage indicator of damage ability at a Torpedo sort worked out 4,3 %, at a Mirzachoulian sort – 3,2 %, at a Pineapple sort – 4,2 %; in the area Icahn the same indicator equaled 2,4 %, 3,6 and 2,8 %; in the area Birlik of-1,8 %, 2,3 %, 3,3 % respectively. It was revealed that the most effective among them is Nurell preparation

**Key words:** Sorts of melon, melons and gourds, melon musca, insecticide, productivity, crops.

**Кіріспе.** Қауын – бір жылдық жайылып өсетін шөптесін өсімдік, өте дәмді бақша дақылдарының бірі. Оның құрамында адам ағзасына оңай сіңетін А, С дәрумендері бар. Қауын жемісінің 100 грамында 30 мг-дай С дәрумені кездессе, құрамындағы фоллий қышқылы қанды молайтуға тікелей қатысады.

Қауындағы С дәруменінің мөлшері алмаға пара-пар, ондағы темір мөлшері тауық етіндегіден 2 есе, балықтан 3 есе, ал сүттен 17 есеге көп.

Қауынның дәмділігі жағынан жемістерден кем түспейді, онда жеңіл сіңімді қанттар мен дәрумендерге бай болғандықтан, жүрек пен бауырдың жұмыстарын жақсартады, ағзаның жалпы тонусын көтереді. Қауынның жемістерінде ерімейтін ақуызды еритін пентонға айналдыратын ферменттер де болады. Қауынды халықтық медицинада түрлі ауруларға ем ретінде қолданады [1].

Піскен жемістері адам ағзасында зат алмасу үрдістері үшін физиологиялық маңызды қосылыстар мен минералды заттардың қайнар көзі. Профессор К.Петровскийдің мәліметі бойынша қауын жемісінің құрамындағы фоллий қышқылының ісікке қарсы склеротикалық әсері бар, ал темір тұздары қандағы тотығу және есу процестерінің жүруінде маңызды рөл атқарады. Талшықтары асқорытуға жағымды әсер етіп, ағзадан холестеринді шығаруға жәрдемдеседі.

Жергілікті жердің топырақ – климаттық жағдайына байланысты қауынның құрамында 7 – 14,7 % қант, 2,5-6,7 % жасұнық, 1-3,5 % пектинді және т.б. заттар кездеседі.

Қауынды 40-тан астам мемлекеттерде, соның ішінде негізінен Оңтүстік Азия, Европаның оңтүстік елдерінде, Солтүстік Американың оңтүстік – батыс штаттарында және Үндістанда, Қытайда, Жапонияда, Ауғанстан, Түркияда, бұрынғы ТМД елдерінде кеңінен өсіреді. Ал Латын Америка, Австралия және Европада жылыжайларда өсіріледі [2].

Орта Азияда суғару арқылы өсірілетін қауынның өнімділігі 30-40т/га құрайды. Ресейдің Оңтүстік Европалық бөлігінде суғарылмайтын жағдайда әртүрлі озық әдістерді қолданғанда ғана, жақсы сұрыптарының өнімділігін 20-30 т/га арттыруға мүмкіндік береді. Оңтүстік Батыс Азияда, Иранда 3-4 ай бойы қауын негізгі тамақ өнімі ретінде кеңінен қолданылады. Солтүстік Африкада қауын байырғыдан ауылшаруашылығында маңызды рөл атқарады. Африка, Үндістан және Қытайда жабайы және жартылай мәдени түрлерін де пайдаланады [3].

Қазақстанның оңтүстік аудандары қауын шаруашылығының дамуына оңтайлы болуына байланысты, соңғы жылдары бұл дақылға деген диқандардың қызығушылығы артып, мол табыстың көзіне айналып отыр.

Осыған байланысты ОҚО аймақтарының климаттық, топырақ құнарлылығына, құрғақшылыққа, аурулар мен зиянкестерге жүргізілетін агротехникалық шаралары бүгінгі күні қайта қаралуды талап етеді. Соның маңызды құраушысының бірі – қауынның зиянкестері болып табылады. Қауын шаруашылығында маңызды іс-шаралардың бірі ол зиянкестермен ұқыпты күресу. Себебі, улы химиялық препараттарды сауатсыз қолдану өнімді уға айналдырып жіберуі де мүмкін. Одан белек топырақтың құнарлылығына да өз әсерін тигізетіндігі анық. 2012 жылы Түркістан ауданындағы кейбір елдімекендер қауын шыбыны зиянкесінен үлкен зардап шеккен болатын. Кейбір шаруа қожалықтарының өнімдерінің 100%-ы зақымдалып, жарамсыз күйінде қалған. Сол себепті осы зиянкестермен тиімді күресу – бүгінгі күннің талабы болып отыр [4].

Қауын шыбыны зиянкесі көршілес Өзбекстан, Түркіменстан Республикаларында 2005 жылы пайда болып, 2010 жылы тек Қарақалпақстан Республикасы аумағында 20мың га-ға жуық қа-

уындықты залалдап, жарамсыз жағдайға жеткізген. Ал, Қазақстан Республикасы аумағында 2006 жылы алғашқы рет Қызылорда облысында тіркелсе, 2012 жылдан бері Оңтүстік Қазақстан облысында пайда болып, екі жыл ішінде негізгі қауын егетін аймақтарына түгел дерлік таралып үлгерді деуге болады. Былтырдан бері біздің өңірдің аудандарының қауын алқабында бұрын-соңды кездеспеген "қауын шыбыны" зиянкесі пайда болып, шаруашылыққа қиыншылық туындатып отыр [5].

### **Материалдар мен әдістер**

Зерттеу жұмыстары қауынның Ананас, Торпеда, Мирзачульский, сұрыптарына жүргізілді. Зерттеулер Түркістан ауданына қарасты Сауран, Иқан және Бірлік елдімекендерінің жеке шаруа қожалықтарында жүргізілді.

Зерттеу жұмысында "Байер" компаниясының Гаучо препараты 1 га/0,3 кг мөлшерде қолданылды. Препараттың құрамындағы әсер етуші зат 700г/кг имидаклоприд. "Сингента" компаниясының Нурелл препаратындағы 0,75 кг/га, әсер етуші заттар: 500,0 г/л хлорпирифос және 50 г/л – циперметрин. Осы аталған компанияның Энжио препараты 1 га/0,36 мл мөлшерінде, ондағы әсер етуші зат лямбда-цигалотрин 106 г/л және тиаметоксам 141 г/л [6].

Дала тәжірибелері Доспеховтың "Методика полевых опытов" әдістемесі және зиянкестердің таралуын және оларды есепке алу жұмыстары С.С.Литвиновтың "Методика полевого опыта в овощеводстве" әдістемесі негізінде жүргізілді .

### **Зерттеу нәтижелері және оларды талдау**

Агротехникалық күресте зиянкестер пайда болған алқаптарда өнімді жинап алысымен, қалған өнім қалдықтарын кемінде 100 сантиметр тереңдікте топырақ қабатына көму, жерді терең етіп жырту, ауыспалы егіс тәртібін сақтау, егістегі және егіске шекаралас жерлердегі арамшөптерді жою, қауын шыбынының жаппай ұшу кезеңінде дақылдың ертерек өсіп, зиянкестің аналығы жұмыртқасын сала қоймайтындай үлкен түйіндердің пайда болуына жағдай жасайтын қауынның ерте пісетін сұрыптарын егу және егіске 3-4 жыл бұрынғы қауын тұқымдарын пайдалану керек [7].

Қауын шыбынының дамуына, көбеюі және зиян тигізетін мерзімдеріне тоқталатын болсақ, бұл зиянкес көбінесе бір маусымда 2 ұрпақ беріп дамиды, ал күн жылы болған жылдары үшінші ұрпақ беруі де мүмкін. Қауын шыбыны негізінен дақылдың тұқымын және залалданған өнімді тасымалдау кезінде алыс қашықтықтарға тараса, шыбынның ұшуы арқылы 5-7 шақырымға дейін тарай алады. Зерттеу нәтижесі көрсеткендей, қауын шыбынының 1-ші ұрпағы 22-25 мамыр аралығында пайда болса, 28- мамыр -3-маусым арасында жұмыртқа салатындығы анықталды. Дернәсілдің қуыршаққа айналуы мерзімі 10-17 маусым аралығында өтетіндігі, 2-ші ұрпақтың даму кезеңдері 23 маусым мен 2 – тамыз аралығында, ал 3-ші ұрпақтың даму кезеңі 10-тамыздан бастап 6-қыркүйек аралығында жүретіндігі анықталды [8].

Зерттеу нәтижесінде осы қауын шыбыны зиянкестерінен ең көп зардап шеккен Сауран елдімекені болып табылды. Зерттелген егістікте зиянкестердің таралуына назар аударсақ, Торпеда сұрыпының 67 %, Мирзачульский сұрыпының 70 %, Ананас сұрыпының 64 %-ын құрайтындығы анықталды. Өнімдердің қауын шыбынымен зақымдалу деңгейіне келетін болсақ, Торпеда сұрыпында 36 %, Мирзачульский сұрыпында 40 %, Ананас сұрыпында 28 % зақымдалғандығы анықталды. Иқан және Бірлік елдімекендерінде қауын шыбынының таралуы барлық сұрыптарда 50 %-дан астам болғандығы байқалды. Сонымен қоса, бұл аймақтағы қауын өнімдерінің зақымдалуы 28 %-дан жоғары екендігі анықталды. Зерттеу нәтижесінде 3 сұрыптың арасында Сауран және Бірлік елдімекендерінде Ананас сұрыпында зиянкестің таралуы және зақымдалу деңгейін төмендегі кестеден көруге болады (1 кесте)

Тәжірибеге 1 га егістіктен 100 өсімдіктен алынып, екі нұсқада жүргізілді. Бақылау нұсқасындағы өсімдіктерге ешқандай өңдеу жүргізілмеді, ал тәжірибе нұсқасындағы өсімдіктер инсектицидтермен 3 реттен өңдеу жұмыстары жүргізілді. Барлық зерттелген елдімекеніндерде қауынның Торпеда, Мирзачульский және Ананас сұрыптарымен жүргізілген тәжірибеде ең жоғарғы көрсеткішті Нурелл препаратында байқалды (2-кестеде). Яғни, 3 реттік өңдеуден кейін, Сауран елдімекенінде зақымдалған қауынның пайыздық көрсеткіші Торпеда сұрыпында 4,3 %, Мирза-

**Түркістан өңіріндегі қауын алқаптарындағы қауын шыбынының таралуы және өнімнің зақымдалуы**

Зерттеу аймақтары	Қауын сұрыптары	Егістіктің көлемі, жалпы, га	Зиянкестердің таралуы, %	Өнімнің зақымдалуы, %
Сауран е.м.	Торпеда	18	67	36
	Мирзачульский	16	70	40
	Ананас	8	64	28
И•ан е.м.	Торпеда	10	54	28
	Мирзачульский	14	52	26
	Ананас	12	56	32
Бірлік е.м.,	Торпеда	8	65	28
	Мирзачульский	9	63	32
	Ананас	7	58	16

чульский сұрыпында 3,2 %, ал Ананас сұрыпында 4,2%-ды құрады. Иқан елдімекенінде 2,4 %, 3,6 және 2,8 %-ды құрады. Бірлік елдімекенінде Торпеда сұрыпы – 1,8 %, Мирзачульский – 2,3 %, Ананас сұрыпында – 3,3 % қауындар зақымдалғаны анықталды. Тәжірибенің бақылау нұсқасында бұл көрсеткіш Сауран елдімекенінде 26,4%-дан – 32,1 % ды, Иқан елдімекенінде 21,9% дан - 28,9 % -ды, Бірлік елдімекенінде 19,3 % -дан - 21,4 % -ға дейін қауындар зақымдалғаны анықталды.

Гаучо препаратымен жүргізілген зерттеулерде елдімекендерде төмен көрсеткішті көрсеткендігі анықталды. Сауран елдімекенінде қауын сұрыптарының орташа зақымдалуы 9,93%, Иқан елдімекенінде орташа 9,23 %, ал Бірлік елді мекенінде 9,03 % -ды құраған болатын. Бақылау нұсқасында қауындардың зақымдалуы 22,36 %-дан – 25,33 %-ды құрады.

Энжио препаратымен жүргізілген зерттеулер Нурелл препаратымен салыстырғанда біршама төмен көрсеткішті көрсетті. Яғни, тәжірибеде қауын сұрыптарының зақымдалу көрсеткіші орташа есеппен 4,73 %-дан 6,2 %-ды құрады. Ал бақылаудағы қауындардың зақымдалу көрсеткіші 22,03 %-дан – 29,03 % болғандығы анықталды.

**Түркістан ауданында қауынның сұрыптарының қауын шыбынына қарсы инсектицидтердің тиімділігі**

Препараттар, кг/га	Қауын өнімінің шыбынмен зақымдалуы, %					
	Торпеда сұрыпы		Мирзачульский сұрыпы		Ананас сұрыпы	
	Бақылау	Тәжірибе	Бақылау	Тәжірибе	Бақылау	Тәжірибе
<b>Сауран елдімекені</b>						
Гаучо, 0,3	22,8	8,8	24,3	11,4	28,9	9,6
Нурелл, 0,75	26,4	4,3	29,0	3,2	32,1	4,2
Энжио, 0,36	28,7	6,7	27,6	5,4	30,8	6,5
<b>Иқан елдімекені</b>						
Гаучо, 0,3	23,7	10,3	27,6	9,7	20,7	7,7
Нурелл, 0,75	28,9	2,4	24,6	3,6	21,9	2,8
Энжио, 0,36	26,7	6,7	28,7	4,8	24,7	5,7
<b>Бірлік елдімекені</b>						
Гаучо, 0,3	21,3	9,4	22,7	8,5	23,1	9,2
Нурелл, 0,75	20,2	1,8	19,3	2,3	21,4	3,3
Энжио, 0,36	22,4	5,2	21,5	4,9	22,2	4,1

**Қорытынды**

Зерттелген жұмыстарымыздың нәтижелеріне сүйене отырып, қауын шаруашылығының негізгі қауын шыбыны сияқты зиянкестерімен күресуде Нурелл препаратын 1 га/0,75 кг есебінде қолдану, қауын шаруашылығының өнімділігінің жоғары болуына және мол табыс табуының мүмкіндігі болатындығы анықталды.

**Әдебиеттер**

- 1 Тараканов Г.И., Мухин В.Д., Шуин К.А. и др. Овощеводство. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: "КолосС", 2003. – 472 с.
- 2 Die Entwicklung den Melonen systematic //Die Kulturpflanze. – 1995. – Bd. 1. Grebenschikov A.A. Cucurbitaceae // Shultze-Motel,.

(Herausg.). Rudolf Mansfelde verzeichnis. Canwirtschaftlicher und gartnerischer kulturpflanzen. – 2. – Berlin. – Akadernic-verlag. – 1986. – Aufl. 2. – P. 914-951.

3 *Sarpeleh*. The role of *Monosporascus cannonballus* in melon collapse in Iran // *Australasian Plant Disease Notes*. – 2008. – № 3. – С. 162-164.

4 *Сулаймонов Б.А., Хасанов Б.А. и др.* Вредители и болезни бахчевых и тыквенных овощных культур и меры борьбы с ними. – Ташкент, 2013. – С. 53-59.

5 *Хакимов Р.А.* Биологические и хозяйственные особенности узбекских дынь // Сб. науч. тр. по овощеводству и бахчеводству. – М., 2011. – С. 548-551.

6 *Сапармамедова Н.К.* К изучению дынной мухи *Myiopardalina* Big в Туркмении // *Энтомологическое обозрение*. – 2004. LXXXIII. – № 3. – С. 517-519.

7 *Торениязов Е.Ш., Юсупов Р.О., Ешмуратов Э.Г.* Развитие грызущих и сосущих вредителей на посевах овощебахчевых культур // Проблемы рационального использования и охрана биологических ресурсов Южного Приаралья: Междунар. науч.-практ. конф. Отд. АН Уз. 22- 23 июня 2012 г. – Нукус: "Илим", 2012. – С. 124-125.

8 *Толихов Дж., Ахмедов Т., Имамкулова З.* Инсектициды в борьбе с дынной мухой (*Myiopardalispardalina* Big) в Таджикистане: матер. Междунар. науч.-практ. конф. // Современное состояние и перспективы инновационного развития овощеводства". – Минск: Нац. акад. наук Беларуси, 2014. – С. 134-137.

**Турметова Гүлмира Жүсіпалиевна**, техн.ф.к., қауымд. проф. м.а.,  
e-mail: gulmir\_70@mail.ru

**Нурпашова Таңшолпан Ырысбайызы**, 2-курс, магистранты

**Юсупов Бахадыр Юлдашевич**, б.ф.к., аға оқытушы

**Бабаева Гүлмира Абдумуталиповна**, аға оқытушы

Б.Н.Нуралин<sup>1</sup>, С.В.Олейников<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Западно-Казахстанский аграрно-технический университет  
им. Жангир хана, г. Уральск, Казахстан

---

---

## МЕТОДИКА АНАЛИТИЧЕСКОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ ПОВЕРХНОСТИ РОМБОВИДНОГО КОРПУСА ПЛУГА

---

---

**Аннотация.** В статье приведены методы расчета и проектирования лемешно-отвальных поверхностей рабочих органов плуга, которые позволили бы прогнозировать их основные параметры, исходя из условий работы и назначения. На этой основе можно создавать новые формы ромбовидных плужных корпусов, более полно соответствующих требованиям технологии отвальной вспашки. Разработанная методика построения поверхности по заданному технологией вспашки движению пласта позволяет выбрать форму лемешно-отвальной поверхности ромбовидного корпуса для работы на скорости 2,5 м/с, которая хорошо согласуется с поверхностью скоростного корпуса, предназначенного для работы на той же скорости. Результаты сравнительных испытаний показывают, что тяговое сопротивление плуга с ромбовидными корпусами меньше, чем у серийного. За счет снижения тягового сопротивления снизилось буксование трактора, повысились рабочая скорость и его производительность, снизился поектарный расход топлива для опытного агрегата. Разработанный ромбовидный корпус обеспечивает плотность и крошение почвы по агротехническим требованиям, не уступая обычному.

**Ключевые слова:** проектирование плуга, ромбовидный плуг, рабочий орган плуга, поверхность плуга, методы построения поверхностей, движение земельного пласта.



**Түйіндеме.** Мақалада топырақ қопсытқыш-тарының бет жақ жазықтықтарының тұрғызудың әр түрлі тәсілдеріне талдау жасалып, олардың кемшіліктері келтірілген. Жерді жырту технологиясына сәйкес пластың берілген қозғалуы негізінде жұмыс жасау жылдамдығын 2,5 м/с қамтамасыз ете алатын ромба тәріздес отвалдың бет жазықтығын тұрғызу методикасы ұсынылған. Салыстырмалы сынаудың қортындысы бойынша ұсынылған плугтың ромба тәріздес топырақ қопсытқышының көр-сеткіштері кәдімгі түріне қарағанда: тартуға кедергісі, гектарға жұмсалатын жанар май шығыны және трактордың тұрып қалуы төмендейді, жұмыс өнімділігі және жылдамдығы артады, жер жыртудың сапасы агротехникалық талаптарға сәйкес орындалады.

**Түйінді сөздер:** проектирование плуга ромб тәріздес топырақ қопсытқышы, лемех-отвал бет жазықтығы, бет жазықтықтарын тұрғызудың графикалық және графоаналитикалық тәсілдері, сфералық бейнелеу әдісі, пласттың салыстырмалы қозғалысының шекті траекториясы.



**Abstract.** In the article methods of calculation and design of the lem to dump surfaces of working bodies are given, which would allow to predict their basic parameters, proceeding from working conditions and purpose. On this basis, to create new forms of plow bodies, in particular diamond-shaped, more fully meet the requirements of the technology of dump plowing. The developed technique for constructing the surface using the technology of plowing determined by the formation movement allows one to choose the shape of the diamond - dump surface of the diamond - shaped body for working at a speed of 2,5 m / s, which agrees well with the surface of the high - speed hull intended for operation at the same speed. The results of comparative tests show that the pull resistance of the plow with diamond-shaped bodies is less than that of the serial one. Due to the reduction of traction resistance, the tractor's skidding decreased, the working speed and its productivity increased, the per-hectare fuel consumption for the experimental unit decreased. The designed diamond-shaped body provides density and crumbling of soil according to agrotechnical requirements, not yielding to the usual.

**Key words:** diamond-shaped working body, dredging surface, graphical and grapho-analytical methods for constructing surfaces, method of spherical mapping, limiting trajectory of relative movement of the formation.

**Введение.** Основой для создания плуга с ромбовидными рабочими органами послужило обеспечение возможности свободного перекачивания колес трактора с широкими шинами по борозде. Результаты исследований показали [1,2], что по сравнению с обычными плугами, отрезающими и оборачивающими пласт прямоугольного сечения, применение ромбовидных корпусов на плуге позволяет:

- уменьшить межкорпусное расстояние и сократить длину плуга;
- снизить скручивающий момент на стойке корпуса путем изменения длины груди отвала и его крыла;
- повысить производительность плуга, снижая тяговое сопротивление корпусов на 16 % при глубокой вспашке до 31 см;
- снизить удельный расход на 29,5 % и буксование – на 13,6 %.

- снизить эксплуатационные затраты на последующие операции по подготовке поля, так как поверхность вспаханного поля менее гребнистая.

Энергетические и агротехнические показатели работы плуга являются результатом механического взаимодействия рабочего органа плуга с почвой. В связи с этим важное место в решении задачи определения рациональных параметров ромбовидных рабочих органов и плуга, занимают вопросы механики движения пласта по лемешно-отвальной поверхности и методы проектирования самой поверхности.

Развитие земледельческой механики связано с исследованиями отечественных и зарубежных ученых, работавших над проблемами почвообработки [3-8]. Отмечая ценность этих работ в процессе познания механики движения почвы по рабочей поверхности корпуса, следует отметить, что они, вместе взятые, не смогли создать более стройной теории лемешно-отвальной поверхности. Предложенные все способы построения таких поверхностей являлись либо чисто графическими, либо графоаналитическими [9-17] и имели следующие недостатки: отсутствие обоснования выбора форм направляющих кривых, закономерностей изменения угла постановки образующих к стенке борозды и т. д. В основном они использовались для построения уже существующих поверхностей и не были пригодны при разработке новых, более скоростных рабочих органов.

Наиболее остро вопрос о создании теоретических основ построения рабочих поверхностей встал с появлением более энергонасыщенных тракторов и с повышением рабочих скоростей пахотных агрегатов. Л. В. Гячевым [18] предложены 2 аналитических метода проектирования развертывающих поверхностей, одним из которых является метод сферического отображения поверхности. Построение лемешно-отвальной поверхности по данному методу требует составления уравнения кривой сферического отображения, которая строится как минимум по двум заданным точкам: в виде углов установки лемеха  $\varepsilon_1$  и  $\gamma_1$ , и крыла отвала  $\varepsilon_2$  и  $\gamma_2$ . Они выбираются либо априорно, либо по существующим поверхностям с учетом коэффициента повыше-

ния скорости проектируемого отвала. Однако через 2 точки можно провести бесконечное множество различных кривых, а следовательно, получить различные поверхности. В этом случае уравнения кривой сферического отображения должно быть предварительно задано, тем не менее это не дает обоснования для выбора формы направляющей кривой.

На эти же недостатки указывает в своей работе В. К. Шаршак [19], использовавший метод сферического отображения при построении поверхностей: по заданной предельной траектории относительного движения пласта. Данный метод позволяет наиболее полно учитывать требования технологического процесса оборота пласта. Задача построения в этом случае сводится к отысканию поверхности цилиндра, на которой верхняя предельная траектория является геодезической линией, т. е. винтовой линией. Основными факторами, определяющими форму траектории частиц почвы на поверхности, являются степень связанности пласта и скорости движения его по поверхности. Возрастание связанности пласта и скорости пахоты приближает траекторию их движения к верхней предельной кривой, а именно геодезической линии поверхности.

При малых скоростях пахоты траектория движения элемента пласта располагается ниже верхней предельной траектории. Тогда поверхность, спроектированная по заданной предельной траектории, будет отличаться от требуемой по технологии. В этом случае построение поверхности можно вести по уточненной траектории пласта на выкройке, которая определяется методом последовательного приближения. Это обстоятельство снижает точность построения и делает ее более трудоемкой, требующей дополнительных экспериментальных данных.

Несмотря на отмеченные выше недостатки, методика построения поверхности по заданному технологией вспашки движению пласта представляется, несомненно, наиболее рациональной.

**Теоретические основы движения пласта.** Поскольку движение ромбовидного пласта на первом этапе не отличается от прямоугольного, то можно считать, что эти зависимости справедливы и для ромбовидного пласта [20].

$$\left. \begin{aligned} V_x &= 2\pi \cdot V \cdot \alpha_0 \sqrt{\frac{x(2\epsilon - x)}{S^2 + (2\pi \cdot \epsilon)^2}} \\ V_y &= V \cdot \alpha_0 \frac{S}{\sqrt{S^2 + (2\pi \cdot \epsilon)^2}} \\ V_z &= 2\pi \cdot V \cdot \alpha_0 \frac{\epsilon - x}{\sqrt{S^2 + (2\pi \cdot \epsilon)^2}} \end{aligned} \right\} (1)$$

$$\left. \begin{aligned} x &= \epsilon - \epsilon \cdot \cos \frac{2\pi \cdot V \cdot \alpha_0 \cdot t}{\sqrt{S^2 + (2\pi \cdot \epsilon)^2}} \\ y &= V \cdot \alpha_0 \cdot t \frac{S}{\sqrt{S^2 + (2\pi \cdot \epsilon)^2}} \\ z &= \epsilon \cdot \sin \frac{2\pi \cdot V \cdot \alpha_0 \cdot t}{\sqrt{S^2 + (2\pi \cdot \epsilon)^2}} \end{aligned} \right\} (2)$$

где  $V$  – скорость движения орудия, м/с;

$\alpha_0$  – коэффициент, учитывающий изменение поступательной скорости почвы при вступлении ее на клин;

$S$  – шаг винтовой линии траектории, м.

Наличие второго полюса  $n_1$  изменит системы (1) и (2), но при небольших величинах  $d$  это изменение незначительно и им можно пренебречь. Кроме того, на втором этапе оборота движение пласта может осуществляться за счет гравитационных сил, поскольку ц. м. находится за пределами опорной плоскости (рис.1). Следовательно, на этом этапе нет необходимости в лемешно-отвальной поверхности и поэтому можно считать, что во

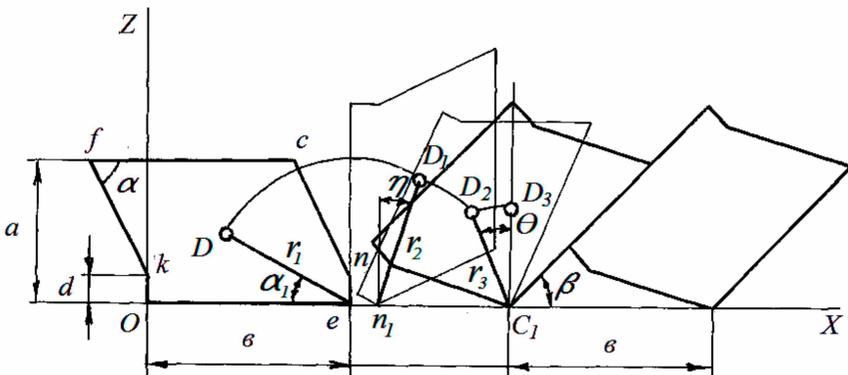


Рис. 1. Схема оборота ромбовидного пласта

время контакта пласта с рабочей поверхностью корпуса уравнения (2) достаточно полно описывают движение точки пласта, принадлежащей его нижней стороне.

Однако следует подчеркнуть, что уравнения движения пласта (2) описывают траекторию движения, обусловленную исключительно технологическими требованиями работы плужного органа. Увязать же траекторию движения с энергетическими факторами возможно лишь при рассмотрении движения пласта в динамике. Используя основной закон динамики, определим силы, действующие на элемент пласта в процессе движения его по данным траекториям. На элемент почвенного пласта действует система сил (рис. 2), которую можно представить следующим образом:

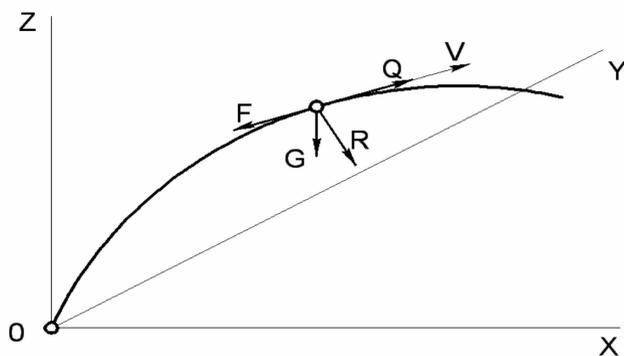


Рис. 2. Силы, действующие на элемент пласта

$Q$  – сила взаимодействия элемента пласта с остальными его частями или сила подпора;

$F$  – сила трения почвы о рабочую поверхность;

$G$  – сила тяжести пласта, обладающего массой  $m$ ;

$R$  – реакция поверхности отвала.

Тогда уравнение движения элемента пласта в дифференциальной форме будет иметь вид:

$$m \frac{d\vec{V}}{dt} = \vec{Q} + \vec{F} + \vec{G} + \vec{R} \quad (3)$$

Преобразуя данное выражение через единичные векторы по направлениям скорости и реакции отвала и учитывая, что реакция поверхности отвала зависит от силы подпора, получим:

$$m \cdot \frac{d\vec{V}}{dt} = \vec{G} + \vec{R} - \frac{\vec{V} \times (\vec{G} \cdot \vec{V})}{V^2} \quad (4)$$

или в декартовых координатах

$$\left. \begin{aligned} m \cdot \frac{dV_x}{dt} &= R_x + m \cdot g \cdot \frac{V_x \cdot V_z}{V^2} \\ m \cdot \frac{dV_y}{dt} &= R_y + m \cdot g \cdot \frac{V_y \cdot V_z}{V^2} \\ m \cdot \frac{dV_z}{dt} &= R_z + m \cdot g \cdot \frac{V_z^2}{V^2} - m \cdot g \end{aligned} \right\} \quad (5)$$

Из системы уравнений (5) следует, что реакция рабочей поверхности, действующая на элемент пласта, существенно зависит от скорости. Это означает, что при движении почвы по лемешно-отвальной поверхности траектория ее движения будет определяться не только параметрами поверхности, но и скоростью движения.

Для того чтобы исключить эту неопределенность, наложим на условие задачи следующее ограничение. Лемешно-отвальная поверхность должна быть такой, чтобы некоторая точка пласта реализовывала заданную траекторию при известной скорости. Такое условие выполнимо только в том случае, если поверхность рабочего органа в каждой точке будет перпендикулярна реакции  $R$ , возникающей при движении пласта по заданной тра-

ектории. А поскольку реакция и сила трения связаны между собой зависимостью:

$$\bar{F} = \bar{R} \cdot \operatorname{tg} \psi_{mp}, \quad (6)$$

из выражения (5) следует, что минимум  $R$  при прочих равных условиях даст минимум тягового сопротивления.

*Теоретические основы методики аналитического проектирования.* Для построения криволинейных поверхностей на практике существует несколько способов. Одним из наиболее распространенных является способ построения по шаблонам или выкройкам. Такие выкройки располагают с определенным, постоянным для относительно простых криволинейных поверхностей, или переменным интервалом – для сложных. Набор таких выкроек образует скелет искомой поверхности.

Из условия о перпендикулярности реакции отвальной поверхности следует, что она может быть геометрическим параметром поверхности. Причем таким параметром будет не величина реакции, а ее направление по аналогии со сферическим отображением поверхности, предложенной Л. В. Гячевым [18].

Выразив  $R_z$  и  $R_y$  из системы (5) через  $R$  и составляющие единичного вектора  $n_z$ ,  $n_y$  и, разделив одно на другое, получим (рис. 3):

$$\frac{n_z}{n_y} = \frac{\frac{dV_z}{dt} - g \cdot \frac{V_z^2}{V^2} + g}{\frac{dV_y}{dt} - g \cdot \frac{V_y \cdot V_z}{V^2}} \quad (7)$$

$$\frac{n_z}{n_y} = \frac{g - \frac{4 \cdot \pi^2 \cdot b}{S^2 + (2 \cdot \pi \cdot b)^2} \left\{ b \cdot g - \frac{z}{b} \left[ (\mu \cdot V)^2 - g \cdot z \right] \right\}}{\frac{2 \cdot \pi \cdot g \cdot S}{S^2 + (2 \cdot \pi \cdot b)^2} \cdot (x - b)} \quad (8)$$

Отношение  $n_z/n_y$  определяет направление реакции  $R$ , следовательно, также служит параметром, определяющим искомую поверхность.

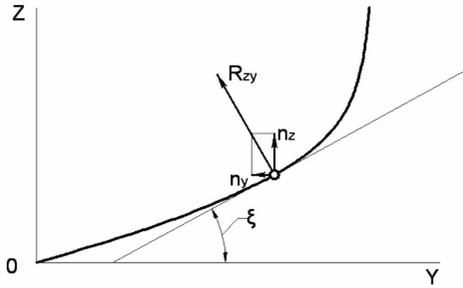


Рис. 3. Расчетная схема

Из определения касательной к некоторой кривой в координатах  $ZOY$  следует  $tg\xi = \frac{dz}{dy}$ .

С другой стороны, этот параметр можно выразить и через отношение  $tg\xi = -\frac{n_z}{n_y}$ .

Тогда, приравняв правые части, получим уравнение выкройки сечения рабочей поверхности в дифференциальной форме в плоскости  $ZOY$ :

$$dy = -\frac{n_z}{n_y} dz \quad (9)$$

Отношение  $\frac{n_z}{n_y}$  при рассмотрении выражения (8) содержит две линейные переменные  $z$  и  $x$ , следовательно, является теоретически неразрешимым. И вместе с тем эти два линейных параметра между собой взаимосвязаны. Для установления этой взаимосвязи рассмотрим некоторое сечение  $I-I$  траектории движения элемента пласта в плоскости  $ZOX$  (рис. 4), где вертикальный участок  $d$  условно не показан.

Каждая точка нижней стороны пласта, приходящая в сечение  $l-l$ , имеет свои значения  $b$  и  $x$ , а общим параметром для них будет расстояние от секущей плоскости до полюса вращения пласта  $k$ , величина которого равна

$$k = \varrho - x = \sqrt{\varrho^2 - z^2} \quad (10)$$

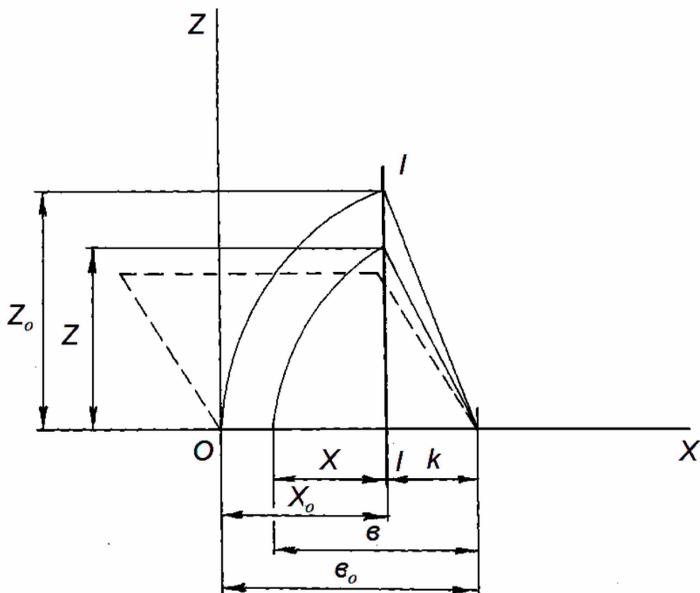


Рис. 4. Расчетная схема к определению взаимосвязи  $k$ ,  $x$  и  $b$ .

Подставив в уравнение выкройки (9) выражение (8) и (10) и проинтегрировав данное уравнение при некоторых фиксированных значениях скорости (скорости плуга  $V$ ), шага винтовой линии траектории  $S$  и для конкретного сечения  $k$ , т.е. при  $V=const$ ;  $S=const$ ;  $k=const$ , получим:

$$y = \frac{S^2 - 2(\pi \cdot b)^2}{2 \cdot \pi \cdot S} \arcsin \frac{z}{b} - \frac{2\pi \cdot k \cdot z}{S \cdot b} \cdot \left( \frac{V^2}{g} + b \right) + C \quad (11)$$

Постоянную интегрирования  $C$  определим исходя из начальных условий для двух вариантов (рис. 5):

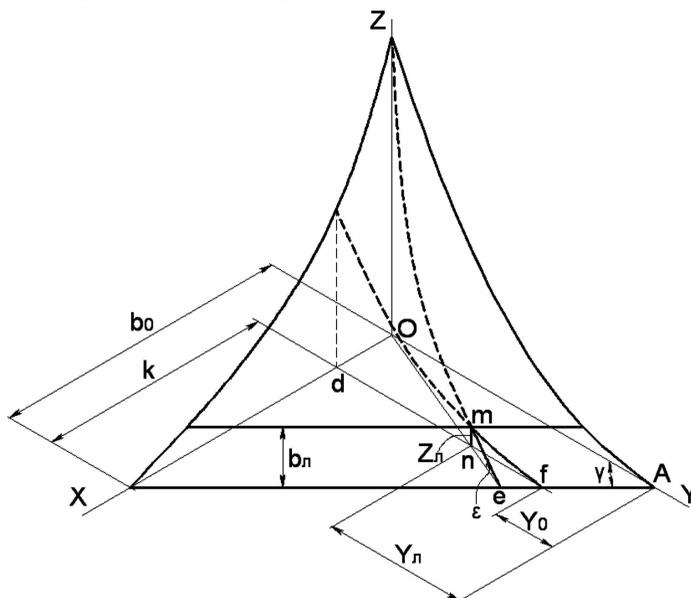


Рис. 5. Расчетная схема к определению постоянной интегрирования

- Лемешно-отвальная поверхность рассматривается как единое целое, т.е. рабочая поверхность лемеха имеет вогнутую форму. В этом случае за начальные условия следует принимать угол постановки лемеха к стенке борозды и расчетную ширину захвата корпуса, при  $z=0$  следует  $y=y_0$

$$C = \frac{b_0 - \kappa}{\operatorname{tg} \gamma}, \tag{12}$$

где  $b_0$  – расчетная ширина захвата корпуса;  
 $\gamma$  – угол постановки лемеха к стенке борозды.

- Рабочая поверхность лемеха не имеет кривизны (плоский лемех), при  $z=z_n$  следует  $y=y_n$

$$C = \frac{b_n \cdot \cos \varepsilon + (b_0 - \kappa) \cdot \cos \gamma}{\sin \gamma} \quad (13)$$

где  $b_n$  – ширина лемеха;

$\varepsilon$  – угол постановки лемеха ко дну борозды.

Шаг винтовых траекторий точек пласта для обычного корпуса с трапецидальным лемехом определяется по формуле:

$$S = 2 \cdot \pi \cdot b \cdot \sqrt{\frac{2 \cdot [V^2 + g \cdot (b - z)] \cdot \{g \cdot z + [V^2 + g \cdot (b - z)]\} - (k \cdot z)^2}{g^2 \cdot (2 \cdot b^2 - k^2) + 2 \cdot g \cdot z \cdot [V^2 + g \cdot (b - z)]}} + 4 \cdot \left( \frac{k}{\operatorname{tg} \gamma} + \frac{b_n \cdot \cos \eta}{\sin \eta} \cdot \sqrt{1 - \sin^2 \varepsilon \cdot \sin^2 \eta} \right) \quad (14)$$

По результатам расчетов по вышеприведенной формуле построен график зависимости шага  $S$  от  $k$  и  $Z$  показан на рис. 6.

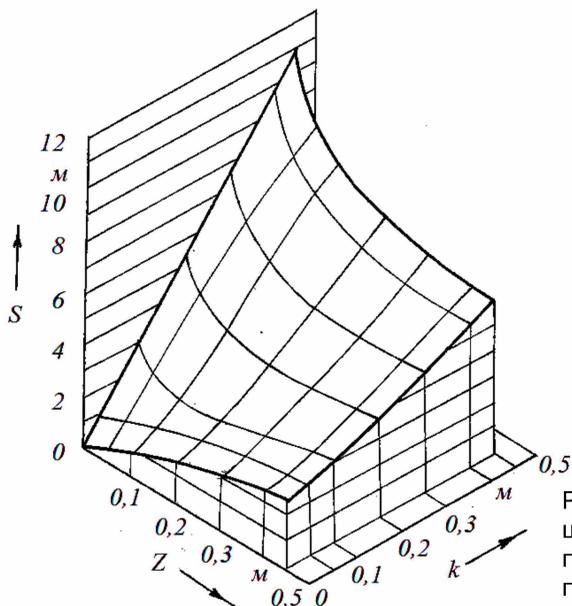


Рис. 6. Зависимость шага  $S$  от  $z$  и  $k$  для трапецидального лемеха при  $V = 2,5$  м/с

**Методика построения.** На основании проведенных теоретических исследований предлагается методика аналитического построения лемешно-отвальных поверхностей ромбовидных корпусов, основанная на получении выкроек сечений поверхности вертикальными плоскостями, параллельными плоскости ZOY, которые образуют каркас рабочей поверхности корпуса. Схема образования рабочей поверхности плужного корпуса ромбовидного типа приведена на рис. 7.

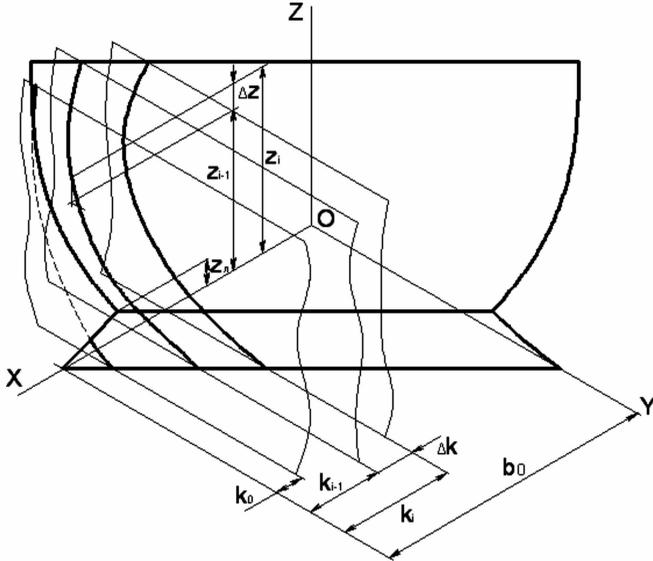


Рис. 7. Схема образования рабочей поверхности плужного корпуса

Разработанная методика сводится к следующему [21]:

1. Задаем исходными данными, т. е. глубиной пахоты и шириной захвата корпуса, углами постановки лемеха ко дну и стенке борозды, типом лемеха (треугольный или трапецеидальный) и рабочей скоростью.

2. Задаем количество секущих плоскостей  $m_i$ , необходимых и достаточных для отображения поверхности, и выражаем расстояние от  $i$ -ой плоскости до полюса вращения пласта через  $k_i$

$$\kappa_i = \kappa_0 + \Delta\kappa \cdot m_i \quad (15)$$

где  $\kappa_0$  – расстояние от полюса вращения до начальной плоскости;

$\Delta\kappa$  – расстояние между соседними секущими плоскостями.

3. Задаемся количеством точек  $n_i$ , достаточных для построения шаблона в  $k_i$ -сечении, и интервалом между ними  $\Delta z$

$$z_i = z_0 + \Delta z \cdot n_i \quad (16)$$

где  $z_0$  – начальная высота (для плоского лемеха  $z_0 = z_n$ , а для вогнутого лемеха  $z_0 = 0$ );

4. По формуле (14) в соответствии с типом лемеха определяем шаг винтовых траекторий  $S_i$  для каждой точки пласта в конкретном сечении.

5. Подставив соответствующие значения  $k_p$ ,  $z_i$  и  $S_i$  в выражение (11), определим  $\gamma_i$  и построим линии пересечения искривленной поверхности с соответствующими секущими плоскостями.

6. По общепринятой методике, изложенной в работе [4], строим абрис лобового контура корпуса.

7. Далее известными методами начертательной геометрии строим необходимые проекции корпуса и его сечения в любых других плоскостях.

**Анализ результатов исследования.** Многообразие случайных факторов, влияющих на свойства и характер движения почвенного пласта в реальных условиях, и невозможность их всестороннего учета при теоретическом исследовании, обуславливают необходимость экспериментальной проверки полученных зависимостей и их дополнения. С этой целью были проведены полевые испытания ромбовидных рабочих органов.

Условия проведения экспериментов выбирались в соответствии с требованиями соответствующих ГОСТов и ОСТов [22-24]. Опыты проводились на среднесуглинистых черноземах при влажности 29 %, плотности  $1,43 \times 10^3$  кг/м<sup>3</sup>, твердости 3,66 МПа.

При выборе лемешно-отвальной поверхности скоростного корпуса были рассмотрены 20 вариантов разворачивающихся поверхностей [25]. Проведенные исследования показали, что на скоростях 9-12 км/ч наименьшим тяговым сопротивлением обладает корпус, лемешно-отвальная поверхность которого представляет собой рациональное сочетание поверхностей двух корпусов и цилиндра. Методика проектирования таких поверхностей подробно изложена в литературных источниках [5,26]. По данной методике была построена лемешно-отвальная поверхность скоростного корпуса и линии пересечения этой поверхности с секущими плоскостями, параллельными плоскости  $ZOY$ . Решив уравнение (4) относительно  $S$  и подставив значения  $k_p, z_p, \gamma_p$ , которые были определены путем замера на чертеже, получим зависимость шага  $S$  от величины  $k$  и  $z$  для скоростного корпуса. По результатам замеров и расчета построен график зависимости  $S = f(k, z)$  (рис. 8).

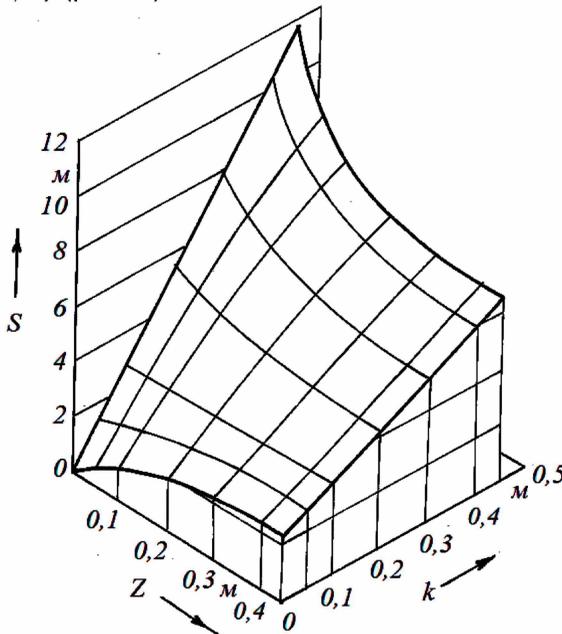


Рис. 8. Зависимость шага  $S$  от  $k$  и  $z$  для скоростного корпуса

Анализ графиков 6 и 8 показывает, что расчетная форма лемешно-отвальной поверхности ромбовидного корпуса для работы на скорости 2,5 м/с хорошо согласуется с поверхностью скоростного корпуса, предназначенного для работы на той же скорости. Исходя из этого, при изготовлении экспериментальных ромбовидных корпусов за базовый был принят выпускаемый серийно скоростной корпус. Эти же корпуса впоследствии использовались при сравнительных испытаниях. Общий вид рабочей поверхности экспериментального корпуса показан на рис. 9.

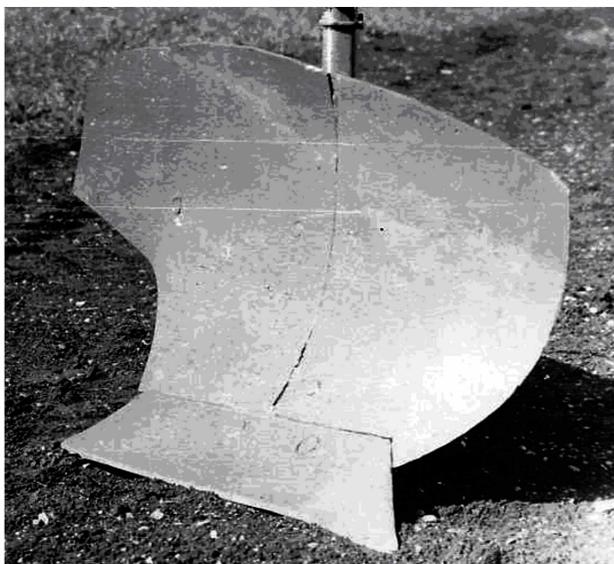


Рис. 9. Общий вид рабочей поверхности экспериментального корпуса

Результаты сравнительных испытаний по энергозатратам и качественным показателям представлены в табл. 1, 2.

Таблица 1

**Результаты сравнительных испытаний плуга ПЛП-6-35 с опытными и серийными рабочими органами по энергозатратам**

Наименование показателя	Опытный	Серийный
Марка трактора	Т-150 К	Т-150 К
Передача	II	II
Фактическая скорость движения, м/с	2,25	2,13
Тяговое сопротивление, кН	30,08	33,42
Удельное сопротивление, кПа	55,09	61,21
Часовая производительность, га/ч	1,75	1,66
Часовой расход топлива, кг/ч	31,86	33,98
Погектарный расход топлива, кг/га	18,20	20,47

Анализ полученных данных показывает, что тяговое сопротивление плуга с ромбовидными корпусами меньше, чем у серийного. За счет снижения тягового сопротивления снизилось буксование трактора, повысились рабочая скорость и его производительность, снизился погектарный расход топлива для опытного агрегата.

Плуг с ромбовидными рабочими органами по крошению на старопахотных почвах почти не уступает обычному. Плотность почвы, характеризующаяся объемной массой, после пахоты ромбовидными рабочими органами не превышает  $0.9...1.1 \times 10^3$  кг/м<sup>3</sup>, что более соответствует оптимальной плотности почвы под яровую пшеницу ( $1.1-1.2 \times 10^3$  кг/м<sup>3</sup>).

Мало изменились и такие показатели, как заделка и глубина заделки растительных остатков. Вместе с тем уменьшилась гребнистость поверхности пашни, увеличилась выравненность.

Таблица 2

**Результаты сравнительных испытаний плуга ПЛП-6-35 с опытными и серийными рабочими органами по качественным показателям**

Наименование показателя	Опытный	Серийный
Марка трактора	Т-150К	Т-150К
Марка плуга	ПЛП-6-35	ПЛП-6-35
Рабочие органы	ромбовидный	ПЛЖ-31
Скорость движения, м/с	2,25	2,13
Глубина обработки:		
математическое ожидание $\times 10^{-2}$ .., м	25,26	25,27
среднее квадратическое отклонение $\times 10^{-2}$ .., м	3,48	2,30
коэффициент вариации, %	13,77	9,12
Ширина захвата, м:		
математическое ожидание, м	2,165	2,156
среднее квадратическое отклонение $\times 10^{-2}$ .., м	5,9	4,0
коэффициент вариации, %	2,71	1,89
Гребнистость поверхности пашни, средняя высота гребней $\times 10^{-2}$ .., м	6,4	8,1
Выравненность, среднее квадратическое отклонение $\times 10^{-2}$ .., м		
до прохода плуга	0,83	0,84
после прохода плуга	3,12	5,51
Заделка растительных и пожнивных остатков, %	94,4	93,9
Глубина заделки растительных остатков $\times 10^{-2}$ .., м	5,44	4,88
Угол наклона отвального пласта, град.	44	45
Качество крошения по весу, %		
размеры фракций: свыше 200 мм	3,4	3,6
200-100 мм	13,5	14,4
100-50 мм	30,2	28,6
менее 50 мм	52,9	53,4
Забивание и залипание рабочих органов	Не наблюдалось	

## Выводы

Анализ результатов исследования пространственного динамометрирования ромбовидного и обычного корпусов показывает следующее:

- тяговое сопротивление ромбовидных корпусов в сравнении с обычными снижено почти на 10 %;
- различие в боковых усилиях, действующих на стойку корпуса и вертикальных составляющих тягового сопротивления обоих корпусов, очень незначительно и существенного значения на процесс работы ромбовидного корпуса не оказывает;
- повысилась рабочая скорость с 2,13 до 2,25 м/с за счет снижения буксования трактора;
- увеличилась производительность на 5,4 %;
- снизился погектарный расход топлива для опытного агрегата на 11,09 %.

## Список литературы

1 *Stoppel A., Reich R.* Vergleiche Untersuchungen an Rauten- und Nermalpflug körpern // *Grundlage Landtechnik.* – 1979. – Vol. 29, № 3. – S. 73-78.

2 *Нуралин Б.Н., Олейников С.В., Мурзагалиев А.Ж.* Обоснование формы и параметров ромбовидного рабочего органа поворотного плуга для гладкой вспашки // *Новости науки Казахстана.* – 2016. – № 2. – С. 186-195.

3 *Сладков Н.В.* Графический метод построения рабочих поверхностей пахотных орудий. Вып.1. Плужные корпуса. – М., Иваново-Вознесенск. политехн. ин-т им. Фрунзе, 1928.

4 *Синеоков Г.Н.* Проектирование почвообрабатывающих машин. – М.: Машиностроение, 1965.

5 *Щучкин Н.В.* Методика проектирования цилиндрических отвалов // *Теория, конструкция и производство сельскохозяйственных машин*, Т. 4. – М.; Л., 1936.

6 *Горячкин В.П.* Собр.соч. Т. 1-3. – М.: Колос, 1965.

7 *Gilewicz K., Gilewicz K., Turski A., Mendzelewski W.* – *Analisa efektywnosci orki rombowej Maszyny i Ciggniki Rolnicze.* – 1981. – № 11-12. – S. 5-7.

8 *Stubenbock H.I.* Untersuchungen uber das Pflugen mit Rautenkörpern // *Grun-dlage Landtechnik.* – 1981. – № 21, № 1. – S. 1-9.

9 *Шутина Н.Г.* Обоснование формы и основных параметров рабочих поверхностей плужных корпусов с криволинейными образующими: автореф. дис...канд. техн. наук. – Оренбург, 1994. – 21 с.

10 *Семенов В.В.* Обоснование основных параметров поверхности корпуса плуга в условиях автоматизированного проектирования: автореф. дис...канд. техн. наук. – Барнаул, 2000. – 22 с.

11 *Natsis A., Petropoulos G., Pandazaras C.* Influence of local soil conditions on mouldboard ploughshare abrasive wear // *TRIBOLOGY INTERNATIONAL.* – 2008. – Т. 41, вып.3 – С. 151-157.

12 *Colon & Rectum.* Symposium Schering Plough: Traitement moderne des colites aiguës // *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology,* 2010. – P. 1-15.

13 *Oluwajobi A., Chen X.* The Effect Of The Variation Of Tool End Geometry // *On Material Removal Mechanisms In Nanomachining Conf.: 13th International Conference on Tools (ICT 2012).* – Miskolc, HUNGARY публ.: MAR 27-28, 2012.

14 *Васьков А.А., Дорохов А.С., Трушина Л.Н.* Графическое построение рабочих поверхностей корпусов плуга // *Вестник ФГОУ ВПО МГАУ.* – 2012. – № 2. – С. 51-53.

15 *Adriano Fagali De Souza, Diniz Anselmo Eduardo, De Souza Adriano Fagali, Berkenbrock Ernesto* и др. Influences of the tool path strategy on the machining force when milling free form geometries with a ballend cutting tool // *Journal Of The Brazilian Society Of Mechanical Sciences And Engineering.* – 2015. – Т. 37, вып. 2. – С. 675-687.

16 *Ibrahmi A. Ibrahmi A., Bentaher H., Hamza E.* et al. 3D finite element simulation of the effect of mouldboard plough's design on both the energy consumption and the tillage quality// *J Adv Manuf Technol* (September 2016). doi:10.1007/s00170-016-9391-9

17 *Advanced analytical method of mouldboard plough's design* // *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology.* – 2017. – Vol. 88, Iss. 1. – P. 781-788. DOI: 10.1007/s00170-016-8806-y

18 *Гячев Л. В.* Теория лемешно-отвальной поверхности // Тр. Азово-Черноморского ИМСХ, вып. 13. – зерноград, 1961. – 317 с.

19 *Шаршак В.К.* Основания для проектирования рабочей поверхности плужного канавокопателя методом "сферического отображения поверхностей" // Тр. ЧИМЭСХ. – 1969. – Вып. 46. – С.43-51.

20 *Бледных В. В.* Кинематика отвальной вспашки // Сб. науч. тр. ЧИМЭСХ. – Челябинск, 1983. – С. 9-17.

21 *Нуралин Б.Н., Олейников С.В.* Проектирование плужных рабочих органов почвообрабатывающих машин // Совершенствование рабочих органов плугов для гладкой вспашки. – Уральск, ЗКАТУ им. Жангир хана, 2015. – 246 с.

22 ГОСТ 20915-75. Методы определения условий испытаний. – Введен 01.01.77. – 01.01.82. – М.: Изд-во стандартов, 1977.

23 ГОСТ 24055-88. Методы эксплуатационно-технологической оценки. Общие положения. Введен 01.01.89.-01.01.94. – М.: Изд-во стандартов, 1988.

24 ОСТ 70.4.1-80 "Машины и орудия для глубокой обработки почвы. Программа и методы испытаний" ГК СССР по стандартам. – М., 1980.

25 *Бурченко П.Н.* О разворачивающейся лемешно-отвальной поверхности скоростного корпуса // Тр. ВИМ, вып. 82. – М., 1978. – С. 3-24.

26 *Бурченко П.И., Найдыш В.Л.* К вопросу изыскания новых методов проектирования разворачивающихся лемешно-отвальных поверхностей // Науч.-техн. бюл. ВИМ. – 1983. – Вып. 55. – С. 13-17.

***Нуралин Бекет Нурғалиевич***, доктор технических наук, профессор  
e-mail: bnuralin@mail.ru, 50-13-08

***Олейников Сергей Владимирович***, кандидат технических наук, доцент  
+7(7112)50-10-85, e-mail: oleinikov@mail.ru

# РЫБНОЕ ХОЗЯЙСТВО

---

МРНТИ 69.25.13, 34.33.33

*Е.В.Федоров<sup>1</sup>, Д.К.Жаркенов<sup>1</sup>*

<sup>1</sup>Казахский научно-исследовательский институт  
рыбного хозяйства, г. Алматы, Казахстан

## ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ ФОРМИРОВАНИЯ И ЭКСПЛУАТАЦИИ МАТОЧНЫХ СТАД СИГОВЫХ РЫБ-ПЛАНКТОФАГОВ В ОЗЕРАХ СЕВЕРНОГО КАЗАХСТАНА\*

---

**Аннотация.** Проанализированы проблемы формирования маточных стад сиговых рыбпланктофагов в северном регионе Казахстана. Дано описание водоемов, в которых возможно выращивание сиговых рыб, методов выбора модельных водоемов, а также биотехнических приемов формирования ремонтно-маточных стад рипуса и пеляди на и их последующей эксплуатации с целью получения оплодотворенной икры и личинок. Даны расчеты экономической эффективности содержания производителей сиговых рыбпланктофагов. Обоснованы стоимость оплодотворенной икры и личинок от разновозрастных производителей этих видов и экономическая эффективность их разведения. Даны выводы, подтверждающие, что предложенные биотехнические приемы являются экономически выгодными, а значит, могут найти свою сферу применения на предприятиях по искусственному разведению рыб.

**Ключевые слова:** сиговые рыбы, озерное рыбоводство, ремонтно-маточное стадо, оплодотворенная икра, личинки рыб, экономическая эффективность рыбоводства.



**Түйіндеме.** Мақалада ҚР Солтүстік аймағында планктофаг - ақсаха балығының аналық үйірін қалыптастырудың қиындықтары қысқаша сипатталған. Ақсаха балықтарын есіруге болатын суқоймалардың қысқаша сипаттамасы, модельдік су айдындарының таңдауы берілген. Солтүстік Қазақстан көлдерінде пайдабалық пен көкшұбардың ремонттық-аналық үйірін қалыптастырудағы биотехникалық әдістері, ұрықтанған уылдырық пен дернәсілдерді алу мақсатында оларды кейіннен пайдаланудың қысқаша си-

---

\*Источник финансирования исследований – программа ПЦФ "Разработка эффективных технологий товарного рыбоводства в Республике Казахстан".

паттамасы көрсетілген. Ақсаха балықтары – планктофагтардың тұқым берушілерін ұстау (асырау, бағу), модельдік су айдындарында балықтың осы түрінің әртүрлі жастағы тұқым берушілерінен ұрықтанған уылдырық пен дернәсілдерді алудың экономикалық тиімділік есебі, тиімділігінің сандық көрсеткіштері берілген. Ұсынылған биотехникалық әдістер экономикалық жағынан тиімді екендігі және алынған нәтижелерді қай салада қолдануға болатыны жайлы қорытынды берілген.

**Түйінді сөздер:** ақсаха балықтар, көлде балық өсіру, ремонттық-аналық үйір, ұрықтанған уылдырық, дернәсіл, экономикалық тиімділік.



**Abstract.** The problems of forming the brood stocks of plankton eating white fishes in North Kazakhstan shortly described in this article. Choice of model water basins, short description of water basins in which breeding the white fishes is possible are given. Short description of biotechnical methods of forming the brood stocks of peled (*Coregonus peled*) and *Coregonus albula ladogensis* on the lakes of North Kazakhstan, their exploitation in next time with the getting the fertilized spawn and larvae is presented. The calculation of economical effectively by maintenance of brood stock of plankton eating white fishes, getting the fertilized spawn and larvae from different ages of brood stocks of these species of fishes on the model water basins, parameters of economical effectively in values are presented. The conclusions in which is shown that suggested biotechnical methods are economically effect are given. The sphere of using of getting results is shown.

**Key words:** white fishes, good fish-breeding on the lakes, brood stocks, fertilized spawn, larvae, economical effectively.

## Введение

В Послании Президента Республики Казахстан – Н.А. Назарбаева народу Казахстана от 14.12.2012 г. "Стратегия "Казахстан - 2050" Новый политический курс состоявшегося государства" поставлена задача – совершить качественный рывок в сельскохозяйственном производстве.

Рыбоводство является важной продовольственной составляющей в экономике Казахстана. Поэтому была определена долгосрочная Концепция развития рыбного хозяйства страны, которая предусматривает сохранение, воспроизводство и рациональное использование рыбных ресурсов, рыбохозяйственных водоемов, развитие рыбоводящей и рыбоперерабатывающей отрасли, товарного рыбоводства.

В условиях снижения рыбных запасов [“О Концепции развития рыбного хозяйства Республики Казахстан на 2007-2015 гг.”, Постановление Правительства Республики Казахстан от 6 октября 2006 г. № 96] актуальной является разработка рекомендаций по внедрению экономически эффективных форм рыбного хозяйства в рыбохозяйственных водоемах страны. Эффективное ведение рыбного хозяйства, в свою очередь, предусматривает рациональное использование земельных, водных и других необходимых ресурсов и материалов. Решением в данном случае является развитие товарного рыбоводства.

Отсутствие каких-либо программ по развитию данного направления не позволило субъектам рыбного хозяйства осуществить полноценную деятельность в этом секторе отрасли. В настоящее время научным подразделением института проводится разработка новых технологических приёмов ведения прудовых хозяйств для развития производств товарной рыбы. Так, для эффективной деятельности рыбоводных хозяйств в условиях рыночной экономики рекомендован пересмотр технологических приемов выращивания ценных объектов аквакультуры для обеспечения их рентабельности.

Сиговые рыбы являются наиболее распространенными объектами озерного рыбоводства северного региона Казахстана. Это наиболее перспективные объекты для товарного выращивания в озерах и водохранилищах Костанайской, Северо-Казахстанской, Акмолинской, Павлодарской, Восточно-Казахстанской областей, частично Карагандинской области.

К сиговым рыбам-планктофагам, являющимся объектами аквакультуры Казахстана, относятся рипус, пелядь, сибирская ряпушка. Вследствие ухудшения гидрологического режима озер, наблюдаемого в последнее время, возможности формирования маточных стад сиговых рыб заметно уменьшаются. В сложившейся ситуации следует рассмотреть вариант использования для этой цели водохранилищ северного региона, в частности канала им. К. Сатпаева, Бухтарминского водохранилища и некоторых других водоемов. В исключительных случаях следует также провести работы по формированию коллекционных маточ-

ных стад сиговых в условиях прудовых рыбоводных хозяйств Казахстана, с привлечением всех заинтересованных организаций.

Технологические приемы формирования ремонтно-маточных стад сиговых достаточно полно отработаны в Польше и Российской Федерации. В этих странах, кроме озерно-товарного, применяются также индустриальные методы выращивания сиговых рыб. В Казахстане выращивание сиговых рыб проводится в озерах северного региона страны путем зарыбления личинками, произведенными на рыбопитомниках, по технологиям, разработанным в 80-х гг. прошлого столетия. Исследования по экономической эффективности сиговодства в Казахстане проводятся впервые.

**Цель исследований** – определение экономической эффективности формирования ремонтно-маточных стад сиговых рыб в естественных водоемах северного региона Казахстана.

**Материал и методика.** Материалом для проведения исследований экономической эффективности отечественного сиговодства была нормативно-технологическая документация по формированию ремонтно-маточных стад сиговых рыб в озерах Северного Казахстана [1]. Для оценки экономической эффективности предлагаемых мероприятий в современных экономических условиях, а именно в условиях регулируемой рыночной экономики была использована специальная методика, разработанная ТОО "Казахский научно-исследовательский институт рыбного хозяйства", по аналогии с методами, применяемыми на предприятиях малого и среднего бизнеса США [2-4].

В качестве модельных водоемов были использованы данные, полученные по 3-м озерам Акмолинской области: Зеренда, Имантау, Жаксы-Жангизтау. С использованием технологической базы данных по названным водоемам произведена калькуляция затрат в течение 5 лет эксплуатации озер в режиме нагульно-маточных водоемов, с начала эксплуатации маточных стад сиговых рыб (3-й год после первого зарыбления личинками) до 5-го года эксплуатации водоемов в указанном режиме.

Из основных показателей экономической эффективности использовали полученные значения себестоимости конечной

рыбоводной продукции сиговых рыб – оплодотворенной икры и личинок, которую сравнивали со стоимостью закупленных личинок, зарыбленных в модельные водоемы.

Аналогичные исследования с целью отработки экономических эффективных технологий аквакультуры проводятся также в России и странах Европы [5-10].

**Результаты исследований.** Маточные стада сиговых рыб в Казахстане с биологической точки зрения наиболее целесообразно создавать на крупных озерах и водохранилищах северного региона, имеющих благоприятный для этих рыб гидролого-гидрохимический режим и удовлетворительное состояние естественной кормовой базы, а также значительную площадь водной поверхности, что снижает вероятность встречи молоди сиговых с хищными рыбами (окунем и щукой).

При работе в режиме озерно-товарного рыбоводного хозяйства начальной продукцией сиговых в таких озерах является оплодотворенная икра, заготавливаемая в осеннее время. Выращивание маточных стад сиговых в озерах осуществляется в монокультуре, поскольку только в этом случае исключается возможность гибридизации и отрицательных последствий межвидовых скрещиваний сиговых.

Подготовка озер и водохранилищ для формирования в них маточных стад сиговых заключается прежде всего в подавлении численности малоценных рыб всеми возможными способами, в том числе путем интенсивного отлова весной в период нерестовых концентраций. Значительное количество местной малоценной рыбы может быть отловлено закидными неводами с размером ячейки в кутке 10 мм, а также в осенний период, когда производится отлов производителей сиговых. Эффективность отлова сорной и малоценной рыбы значительно повышается при использовании ставных неводов и ловушек (мережи, заколы, вентера и др.), ставных сетей [1].

На севере Акмолинской области в качестве питомных могут быть задействованы заморные карасевые озера и так называемые "курьи" - естественные спутники многих озер области. Зарыбление личинками оправдано лишь в том случае, если в во-

доеме нет малоценной рыбы или ее численность значительно сокращена [10]. Однако при формировании маточных стад сиговых "от икры", при завозе рыбопосадочного материала с рыбоводных заводов Российской Федерации, при отсутствии озер-спутников и приспособленных рыбоводных прудов целесообразно и зарыбление личинками.

При определении стратегии зарыбления озер для формирования маточных стад сиговых также необходимо учитывать, что наиболее жизнеспособное потомство дают самки в возрасте 3-5-пятилеток. Рассмотрим сокращенные варианты технологических карт формирования маточных стад сиговых на примере крупных озер Акмолинской области.

Для оз. Зеренда после тотального облова, при возможном уровне рыбопродуктивности для 2-леток пеляди, равном 60-80 кг/га, рекомендуется ежегодное зарыбление сеголетками пеляди в количестве 250 шт./га. При этом средняя масса сеголеток планируется 25 г, двухлеток – 100 г, производится только нагул рыбы в озере. На второй год эксплуатации озера рыбопродуктивность по 3-леткам планируется на уровне 50-60 кг/га, а их средняя масса – 240 г. Часть выращенного поголовья 3-леток в количестве 35-45 шт./га уже можно использовать для получения половых продуктов. На третий год эксплуатации озера рыбопродуктивность по 4-леткам планируется на уровне 45-50 кг/га, а их средняя масса – 440 г. При этом можно использовать для получения половых продуктов часть выращенного поголовья в количестве 30-40 шт./га. На 5-й год эксплуатации озера рыбопродуктивность по 5-леткам планируется на уровне 35-45 кг/га со средней массой 700 г, а выращенное поголовье в количестве 25-28 шт./га можно использовать для получения половых продуктов.

При ежегодном зарыблении оз. Зеренда не сеголетками, а личинками пеляди в количестве 7500 шт./га для взятия половых продуктов можно использовать поголовье 3-леток в количестве 30-40 шт./га, 4-леток – 28-32 шт./га, 5-леток – 18-22 шт./га. При этом планируемый уровень рыбопродуктивности увеличивается для 2-леток на 12,5-17 %, для 3-леток – на 30-33 %, 4-леток –

на 12-20 %, для 5-леток уровень рыбопродуктивности остается тем же.

Для оз. Жаксы-Жангизтау после интенсивного отлова абorigенной ихтиофауны при возможном уровне рыбопродуктивности для сеголеток рипуса, равном 45 кг/га, рекомендуется ежегодное зарыбление личинками рипуса в количестве 12000 шт./га. При этом средняя масса сеголеток планируется 20 г, 2-леток - 80 г. На 3-й год эксплуатации озера рыбопродуктивность по 3-леткам планируется на уровне 45 кг/га, средняя масса - 220 г, часть выращенного поголовья в количестве 30-35 шт./га уже можно использовать для получения половых продуктов. На четвертый год эксплуатации озера рыбопродуктивность 4-леткам планируется на уровне 45 кг/га, средняя масса - 400 г, уже можно использовать для получения половых продуктов 30-40 шт./га выращенного поголовья. На 5-й год эксплуатации озера рыбопродуктивность по 5-леткам планируется также на уровне 45 кг/га, средняя масса - 600 г, часть выращенного поголовья в количестве 16-20 шт./га можно использовать для получения половых продуктов. При ежегодном зарыблении оз. Жаксы-Жангизтау не личинками, а сеголетками рипуса в количестве 200 шт./га для взятия половых продуктов можно использовать поголовье 3-леток в количестве 26-35 шт./га, 4-леток - 30-40 шт./га, 5-леток - 20-25 шт./га.

Для оз. Имантау при возможном уровне рыбопродуктивности для сеголеток пеляди, равном 50-60 кг/га, рекомендуется ежегодное зарыбление сеголетками пеляди в количестве 350 шт./га. При этом средняя масса 2-леток планируется 100 г, 3-леток - 240 г, 4-леток - 420 г, 5-леток - 650 г. На 2-й год эксплуатации озера рыбопродуктивность по 3-леткам планируется на уровне 50-60 кг/га, средняя масса - 240 г, 26-30 % выращенного поголовья уже можно использовать для получения половых продуктов. На 4-й год эксплуатации озера рыбопродуктивность по 4-леткам планируется на уровне 45-50 кг/га, средняя масса - 420 г, уже можно использовать для получения половых продуктов 26-30 % выращенного поголовья. На 5-й год эксплуатации озера рыбопродуктивность по 5-леткам планируется также на

уровне 45-50 кг/га, средняя масса – 650 г, 21-26 % выращенного поголовья можно использовать для получения половых продуктов.

При ежегодном зарыблении оз. Имантау не сеголетками, а личинками пеляди в количестве 13500 шт./га для взятия половых продуктов можно использовать 30-35 % поголовья 3-леток, 26-30 % – 4-леток, 20-26 % – 5-леток.

На основании представленных данных, используя начальные показатели экономической эффективности, разработанные для озерно-товарного рыбоводства Казахстана, можно произвести расчет экономической эффективности формирования и эксплуатации ремонтно-маточных стад сиговых рыб [2].

Для оз. Зеренда, рассматриваемого в качестве модельного водоема, стоимость 1 икринки составит:

- на 3-й год эксплуатации водоема – 0,71 тенге/шт.,
- на 4-й год – 0,32 тенге/шт.,
- на 5-й год – 0,23 тенге/шт.

Для оз. Имантау, рассматриваемого в качестве модельного водоема соответственно: 0,97, 0,48, 0,33 тенге/шт.

Как видно из расчетных данных, представленных для озер Зеренда и Имантау, зарыбляемых личинками одного вида – пеляди, стоимость получаемой оплодотворенной икры колеблется в пределах 0,23-0,33 тенге/шт. Различие между верхней и нижней границей значений составляет 43,48 %. Для получения более точных данных необходимо доскональное исследование естественной кормовой базы конкретного водоема, а в случае необходимости – сведения о проведенных рыбоводно-мелиоративных мероприятиях.

Для оз. Жаксы-Жангизтау, рассматриваемого в качестве модельного водоема, составит:

- на 3-й год эксплуатации – 0,79 тенге/шт.,
- на 4-й год – 0,36 тенге/шт.,
- на 5-й год – 0,29 тенге/шт.

Сбор икры на 3-й год эксплуатации оз. Жаксы-Жангизтау должен составить 78260 шт. икринок. В этом случае стоимость 1 икринки будет равна 0,54 тенге/шт. На 4-й год эксплуатации

сбор икры должен составить 130400 шт. икринок. Стоимость 1 икринки по затратам текущего года – 0,06 тенге/шт., средняя за 2 года стоимость 1 икринки – 0,24 тенге/шт. На 5-й год эксплуатации оз. Жаксы-Жангизтау как модельного водоема сбор икры должен составить 104300 шт. икринок. Стоимость 1 икринки по затратам текущего года - 0,085 тенге/шт., средняя за 3 года стоимость 1 икринки – 0,19 тенге/шт.

Как видно из представленных расчетных данных, при использовании личинки рипуса отечественного происхождения общие производственные затраты существенно снижаются. Стоимость 1 икринки снижается на 31,65-34,48 %.

Для инкубации икры сиговых рыб применяются цехи, оборудованные инкубаторами, представляющими собой стойки с инкубационными аппаратами Вейса, стеклопластиковыми лотками ейского типа, системой водоподготовки. Водоснабжение инкубационных цехов для сиговых осуществляется, как правило, с помощью насосных станций. Схема цеха для инкубации сиговых рыб, по аналогии с инкубационным цехом Шидертинского нерестово-выростного хозяйства Павлодарской области представлена на рис. 1. Используя расчетные данные, являющиеся основой представленной экспликации, можно рассчитать сумму затрат на содержание инкубационного цеха, а затем – значение фабрично-заводской себестоимости личинки сиговых рыб.

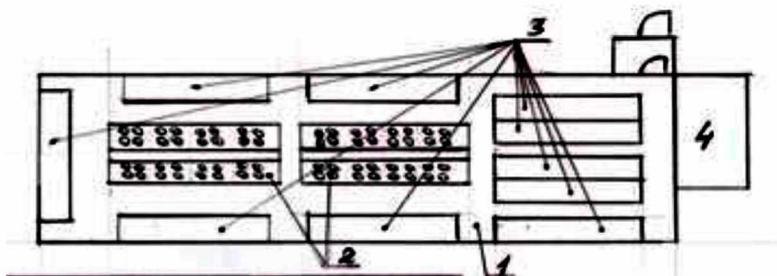


Рис. 1. Схема инкубационного цеха для сиговых рыб:  
1 – здание инкубационного цеха; 2 – инкубатор "Сибирь";  
3 – лотки; 4 – отделение водоподготовки; 5 – насосная станция

Стоимость строительства инкубационного цеха с предполагаемыми размерами корпуса цеха 19\*6 м, корпуса отделения водоподготовки 4\*2 м; высотой стен основного цеха 4,0 м, отделения водоподготовки 7,0 м; при расчете по типовой методике, основанной на количестве бетона в эквиваленте, в ценах августа 2016 г. составляет 10160 тыс. тенге. Величина затрат на содержание описываемого цеха с отделением водоподготовки (сумма амортизационных отчислений, расходов на ремонт, налога на имущество) составляет 350520 тенге в год (расчет произведен по типовой методике; значения показателей могут быть изменены после проведения проектно-изыскательских работ и заключения договоров с подрядными строительными организациями).

Стоимость строительства насосной станции с размерами корпуса 2\*2 м, высотой стен 4,0 м по состоянию на 24.08.2016 г. составляет 587 тыс. тенге. При нормативном сроке эксплуатации 50 лет сумма ежегодных затрат на содержание насосной станции (сумма амортизационных отчислений, расходов на ремонт, налога на имущество) составляет 20251,5 тенге/год.

Типовой инкубационный цех для сиговых рыб, представленный на рисунке, включает в себя 64 инкубационных аппарата Вейса, 10 стеклопластиковых лотков ейского типа, 2 насоса производительностью 12 м<sup>3</sup>/ч каждый. При стоимости насосов 200 тыс.тенге, применяемого рыбоводного оборудования –  $64*66000 + 10*100000 = 5\,224\,000$  тенге, сумма ежегодных затрат на содержание насосов, оборудования отделения водоподготовки и рыбоводного оборудования (сумма амортизационных отчислений, расходов на ремонт, налога на имущество) составляет 487608 тенге/год.

Стоимость малоценных быстроизнашивающихся предметов (МБП), используемых при работе инкубационного цеха, составляет 26904 тенге/год. Зная величину затрат на содержание инкубационного цеха и технологического оборудования, можно рассчитать себестоимость личинки рипуса и пеляди, полученной в типовом инкубационном цехе.

При расчете стоимости личинок пеляди, полученных от оп-

лодотворенной икры, предположительно заготовленной на оз. Зеренда, стоимость оплодотворенной икры составит 14131200 тенге/год, количество потребляемой электрической энергии – 469022,4 тенге/год, фонд заработной платы с социальными отчислениями и накладными расходами – 3466080 тенге/год; общая сумма затрат – 18951585,9 тенге в год. При выходе личинок пеляди от оплодотворенной икры, заложенной на инкубацию, равном 65 %, заводская себестоимость личинки пеляди составит 0,57 тенге/шт.

При расчете стоимости личинок пеляди, полученных от оплодотворенной икры, предположительно заготовленной на оз. Имантау, стоимость оплодотворенной икры составит 20275200 тенге/год, количество потребляемой электрической энергии – также 469022,4 тенге/год, фонд заработной платы с социальными отчислениями и накладными расходами – также 3466080 тенге/год; общая сумма затрат – 25095585,9 тенге в год. При выходе личинок пеляди от оплодотворенной икры, заложенной на инкубацию, равном 65 %, заводская себестоимость личинки пеляди составит 0,75 тенге/шт.

Как видно из представленных данных, доля стоимости оплодотворенной икры в общей себестоимости конечной продукции инкубационного цеха составляет по икре из оз. Зеренда 74,56 %, по икре из оз. Имантау – 80,79 %. Кратность превышения стоимости единицы количества личинок (1 шт.) над аналогичным показателем по оплодотворенной икре (1 шт.) для икры пеляди из оз. Зеренда составляет 2,48; для икры пеляди из оз. Имантау – 2,27.

При расчете стоимости личинок рипуса, полученных от оплодотворенной икры, предположительно заготовленной на оз. Жаксы-Жангизтау, при эксплуатации маточного стада, полученного от завезенных личинок, стоимость оплодотворенной икры составит 17817600 тенге/год, количество потребляемой электрической энергии и фонд заработной платы с социальными отчислениями и накладными расходами – также 469022,4 тенге/год и 3466080 тенге/год соответственно; общая сумма затрат – 22637985,9 тенге в год. При выходе личинок рипуса от оплодот-

воренной икры, заложенной на инкубацию, равном 65 %, заводская себестоимость личинки рипуса составит 0,68 тенге/шт.

При расчете стоимости личинок рипуса, полученных от оплодотворенной икры, предположительно заготовленной на оз. Жаксы-Жангизтау, при эксплуатации маточного стада, полученного от личинок собственного (отечественного) производства, стоимость оплодотворенной икры составит 11673600 тенге/год, количество потребляемой электрической энергии и фонд заработной платы с социальными отчислениями и накладными расходами – также 469022,4 тенге/год и 3466080 тенге/год соответственно; общая сумма затрат –16493985,9 тенге в год. При выходе личинок рипуса от оплодотворенной икры, заложенной на инкубацию, равном 65 %, заводская себестоимость личинки рипуса составит 0,50 тенге/шт.

Как видно из представленных данных, доля стоимости оплодотворенной икры в общей себестоимости конечной продукции инкубационного цеха составляет по икре из оз. Жаксы-Жангизтау 78,71 %. Кратность превышения стоимости единицы количества личинок (1 шт.) над аналогичным показателем по оплодотворенной икре (1 шт.) для икры рипуса из оз. Жаксы-Жангизтау составляет 2,34. В случае получения икры от маточного стада, сформированного в озере от личинок собственного производства доля стоимости оплодотворенной икры составляет 70,77 % (меньше на 10,09 %), кратность превышения стоимости единицы количества личинки над аналогичным показателем по стоимости икры – 2,63.

**Обсуждение результатов.** Как видно из вышепредставленных данных, при увеличении стоимости оплодотворенной икры пропорционально увеличивается и процентная доля ее стоимости в себестоимости личинок, полученных в инкубационном цехе. При увеличении стоимости оплодотворенной икры пропорционально снижаются значения кратности превышения стоимости 1 личинки сиговых рыб – планктофагов, полученной в инкубационном цехе, по отношению к стоимости оплодотворенной икры (рис. 2а, б).

Стоимость личинки сиговых рыб-планктофагов, полученной в результате выполнения описанных рыбоводных мероприятий, оказалась выше аналогичного показателя зарыбленной личинки

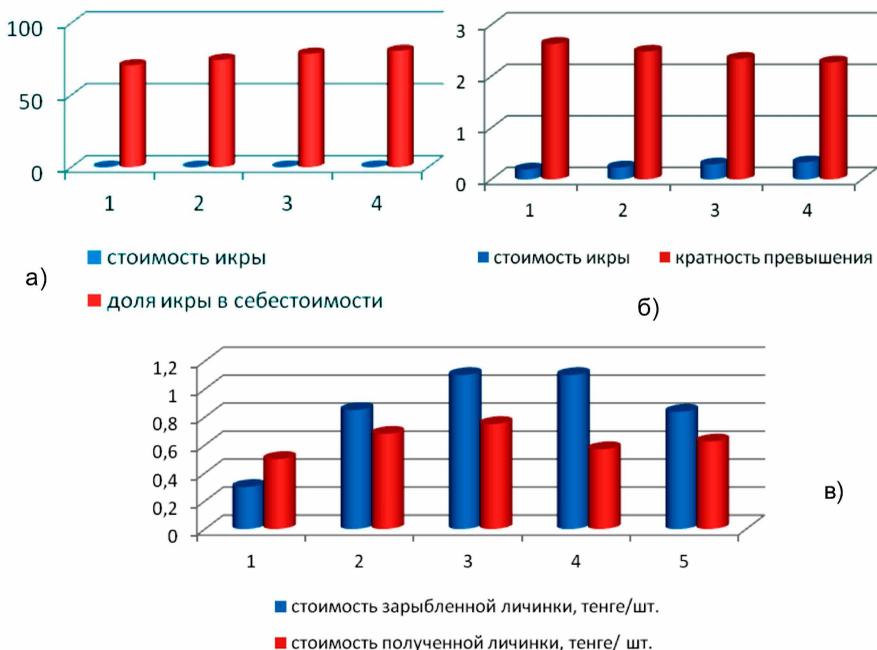


Рис. 2. Диаграммы показателей стоимости оплодотворенной икры сиговых рыб-планктофагов

только в одном случае (оз. Жаксы-Жангизтау, объект – рипус, зарыбление озера личинкой собственного производства, позиция 1). При проведении работ в других случаях (озера Зеренда и Имантау, объект – пелядь, зарыбление озера личинкой собственного производства; оз. Жаксы-Жангизтау, объект – рипус, зарыбление озера личинкой, завезенной из-за рубежа; средние значения по всем 4 описываемым случаям, позиции 2,3,4,5) стоимость полученной личинки сиговых - планктофагов во всех случаях была меньше по сравнению с аналогичным показателем зарыбленной личинки (рис. 2в).

Полученные результаты исследований показали, что зарыбление озер Северного Казахстана личинками сиговых рыб-планктофагов (рипуса и пеляди), завозимых из-за рубежа, создание на этой основе маточных стад сиговых с последующим получением собственной рыбоводной продукции (оплодотворенной икры и личинок), является экономически эффективным видом производства. Стоимость личинки, полученной после формирования маточных стад рипуса и пеляди, составляет 0,6 тенге/шт., что меньше аналогичного показателя завозимой личинки сиговых на 25 %.

### **Выводы**

Таким образом, возможно искусственное зарыбление озер Северного Казахстана личинками сиговых рыб-планктофагов (рипуса и пеляди) и создание на этой основе маточных стад сиговых с последующим получением собственной рыбоводной продукции (оплодотворенной икры и личинок). Это является экономически эффективным видом производства, поскольку:

– Стоимость личинки, полученной от сформированных маточных стад рипуса и пеляди, составляет 0,6 тенге/шт., что меньше аналогичного показателя завозимой личинки сиговых на 25 %.

– Используя предложенную методику формирования маточных стад сиговых рыб-планктофагов, возможно проведение широкомасштабных работ по данному направлению отечественной аквакультуры.

– Теоретический материал, полученный при исследованиях, может быть использован субъектами агробизнеса северного региона Казахстана, имеющими в пользовании озера, пригодные для выращивания сиговых.

Для наиболее полного освоения биотехнических приемов сиговодства субъектами агробизнеса северного региона РК необходимо продолжить исследования в данном направлении. В частности, это касается выращивания товарной продукции сиговых в озерах по технологиям, применяемым в Западной Сибири, а также выращивания товарной продукции и формирования ремонтно-маточных стад сиговых в садках, применяемых на северо-западе Российской Федерации и в Польше.

### Список литературы

1 Абдиев Ж.А., Коломин Ю.М., Фефелов В.В. Сиговое рыбоводство в Северном Казахстане: проблемы и перспективы развития // Междунар. конф. по сиговому рыбоводству. – Тюмень: ГосРыбЦентр, 2010. – С. 195-199.

2 Федоров Е.В., Бадрызлова Н.С., Диденко Т.А. Разработка методики экономической оценки выращивания рыбы в озерно-товарных рыбоводных хозяйствах Казахстана в условиях современной рыночной экономики // Новости науки Казахстана. – 2012. – Вып. 1-2. – С.114-120.

3 Fedorov E.V., Badryzlova N.S., Zharkenov D.K. Profitability of introduction the fish-planting material of pikeperch bred by fish hatcheries into water reservoirs of south of Kazakhstan // The scientific heritage. – 2016. Vol. 1, No 2 (2). P. – 81-87.

4 Федоров Е.В., Асылбекова С.Ж., Диденко Т.А. Структурные составляющие цены бизнеса при выращивании карпа и растительноядных рыб в прудовых хозяйствах юга Казахстана // Вестн. с.-х. науки Казахстана. – 2016. – № 9-10. – С. 61-71.

5 Year book of fishery statistics. FAO. Aquaculture production // Rome. – 2001. – Vol. 88.2. – 180 p.

6 Fish management in a variable water environment. Olsztyn, 2011. – 279 p.

7 Fopp-Bayat D., Kaczmarczyk D., Szczepkowski M. Genetic characteristics of Polish whitefish (*Coregonus lavaretus maraena*) broodstocks – recommendations for the conservation management // Czech J. Anim. Sci., 60, 2015(4):171–177.

8 Лютиков А.А. Воспроизводство кубенской нельмы // Вопросы рыболовства. – 2014. – Т. 2., № 2. – С. 190-200.

10 Szczepkowski M., Szczepkowska B., Krzywosz T., Wunderlich K., Stabinski R. Growth rate and reproduction of a broodstock of European white fish (*Coregonus lavaretus* L.) from Lake Galadus under controlled rearing conditions. Arch. Pol. Fish (2010) 18:3-11.

# ОХРАНА ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ. ЭКОЛОГИЯ ЧЕЛОВЕКА

---

МРНТИ 87.19.91, 73.31.11

Н.А.Ибрагимова<sup>1</sup>, А.А.Косякова<sup>1</sup>, А.С.Тайсарина<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Казахстанско-Немецкий университет,  
г. Алматы, Казахстан

## ОЦЕНКА ЗАГРЯЗНЕНИЯ ВОЗДУХА В АЛМАТЫ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ КОСВЕННЫХ МЕТОДОВ

---

**Аннотация.** Проведена оценка эмиссии поступления  $\text{CO}_2$  автомобильным транспортом г. Алматы. Определен уровень накопления кислотных оксидов, биогенных элементов и тяжелых металлов в коре древесных растений и почве вдоль автомобильной магистрали. Установлено, что вклад г. Алматы в эмиссию парниковых газов составляет 14 % в общем объеме поступления по Казахстану в 2015 г. Наибольшие концентрации кислотных оксидов и тяжелых металлов отмечаются в почве "нижней части города", что приводит к ингибированию деления клеток корня *Allium cepa* и хромосомным аберрациям. Алматы может по праву занимать лидирующее положение по выбросам парниковых газов в центральноазиатском регионе. Содержание кислотных оксидов, биогенных элементов и тяжелых металлов в коре и почве может свидетельствовать о неравномерном их распределении в зависимости от рельефа, а также от автомобильной нагрузки автомагистрали.

**Ключевые слова:** автотранспорт, загрязнение воздуха, кислотные оксиды, тяжелые металлы, *Picea abies*, *Allium cepa*.



**Түйіндеме.**  $\text{CO}_2$  автомобиль көлігімен Алматы қаласы және жинақтау деңгейі үшін түскен қышқылдық оксид, биогендік элементтер және ауыр металдардың ағаш өсімдіктердің тамырлары және топырағы бойындағы автомобиль магистралін жүргізу эмиссиясын бағалау. 2015 жылдың жалпы көлемінде салым Қазақстан республикасы Алматы қаласыда парниктік газдардың эмиссиялары 14 %-ды құрайды. Қышқыл оксидтерінің концентрациясы мен ауыр металдар "қаланың төменгі бөлігінде", – ингибирование белу жасушалар тамырдың *Allium cepa* және хромосомным аберрациямы

байқалады. Алматы қаласы орталық Азия аймағындағы құқықтық атқаруға парниктік газдар шығындылары бойынша көшбасшы. Қышқыл оксидтері, биогендік элементтер және ауыр металдар қыртысының және топырақтың жасағанын растауы мүмкін біркелкі бөлу байланыстары жер бедерінің және тәуелді автомобиль жүктемесінің автомагистральдары.

**Түйінді сөздер:** көлік, атмосфералық ауаның ластануы, қышқыл оксидтері, ауыр металдар, *Picea abies*, *Allium cepa*.



**Abstract.** We assessed the estimation of CO<sub>2</sub> emissions by motor transport of Almaty city and determined the level of accumulation of acid oxides, biogenic elements, heavy metals in the bark of woody plants and soil along the highway. The contribution of Almaty in the emission of greenhouse gases is 14 % from the total volume of income in the Republic of Kazakhstan in 2015. The highest concentrations of acid oxides and heavy metals are found in the soil of the "lower part of the city", which leads to inhibition of the division of the cells of the root of *Allium cepa* and chromosomal aberrations. Almaty city can rightfully occupy a leading position on greenhouse gas emissions in the Central Asian region. The content of the acid oxides, nutrients and heavy metals in the soil and in the bark may be indicative of their uneven distribution, depending on the terrain and on the car load motorway.

**Key words:** motor transport, air pollution, acid oxides, heavy metals, *Picea abies*, *Allium cepa*.

## Введение

Как известно, вклад автомобильного транспорта в загрязнение окружающей среды на локальном уровне зависит от географических и климатических особенностей. При этом эмиссии транспортных средств остаются основным источником загрязнения в городах и рассматриваются в качестве главных поставщиков парниковых газов. Основные загрязнители воздуха – окись углерода CO, оксиды азота NO<sub>x</sub>, включая NO и NO<sub>2</sub> и твердые частицы (ТЧ) [1], которые являются основной причиной заболеваемости и смертности населения урбанизированных территорий. Например, существует положительная связь между концентрациями NO<sub>2</sub> и CO в атмосферном воздухе и увеличения случаев сердечно-сосудистых заболеваний [2,3]. Известно, что вдоль дороги между зданиями автомобильные выбросы могут попадать в ветровой вихрь, что приводит к более высокой концентрации загрязняющих веществ на автомагистрали, поэтому про-

блема загрязнения атмосферного воздуха с использованием косвенных способов оценки является актуальной [4].

Каждая страна разрабатывает свои собственные стратегии по снижению выбросов от автотранспорта. Так, в настоящее время в г. Алматы курсируют 600 экологически чистых автобусов и 850 троллейбусов, работающих на электроэнергии. Это результат совместного проекта с Европейским банком реконструкции и развития. Несомненно, экологически чистый транспорт необходим Алматы, поскольку 80 % вредных выбросов в атмосферу города производит именно транспорт [5].

**Цель исследований** – провести оценку эмиссии поступления  $\text{CO}_2$  автомобильным транспортом г. Алматы и уровень накопления кислотных оксидов, биогенных элементов и тяжелых металлов в коре древесных растений и почве вдоль автомобильной магистрали.

**Методы исследования.** Эмиссию  $\text{CO}_2$  определяли согласно [6]. По другим парниковым газам – метану и закиси азота, полученные значения переводили в  $\text{CO}_2$ -эквивалент и при расчете по выбросам метана умножали эту величину на коэффициент 21 и по выбросам закиси азота – на коэффициент 310. Типы транспортного средства определяли на основании статистических данных Министерства национальной экономики Комитета по статистике [7]. Согласно официальным данным, средний годовой пробег автомобиля одного жителя г. Алматы составляет 15480 км, или 42 км в день. Автолюбители, проживающие в пригороде, в среднем проезжают почти в 2 раза больше, т.е. 28 900 км в год [8].

В исследованиях были определены 2 точки отбора проб (коры и почвы): "верхней части города" (перекресток аль-Фараби - Фурманова) и "нижней части города" (перекресток Райымбека - Розыбакиева). pH определяли на pH-метр (PH3210 Set Tw). Электропроводность – с помощью кондуктомера Tetra Con 325/Cond 3110 SET2. Кислотные оксиды, фосфаты, общий углерод, общий азот и свинец определяли в водном экстракте коры ели обыкновенной (*Picea abies*) и почве по общепринятым методикам на спектрофотометре Spectroquant Spectro

Phago 100 (Merck). Отбиралась навеска используемых проб массой 25 г в 100 мл дистиллированной воды. Исследования проводили через 24 ч после пробоподготовки.

Цитогенетические исследования выполняли на объекте *Allium cepa L.*, определяя число клеток на различных стадиях митоза при общем числе проанализированных клеток не менее 2 тыс. на каждую луковицу, и высчитывали митотический индекс каждой фазы. Статистическая обработка проводилась с использованием критерия Стьюдента.

**Результаты исследования.** Изучение статистической информации позволило определить, что наибольшее число автомобилей представлено легковым транспортом и наиболее популярными считаются автомобили с объемом двигателя 1500-2000 см<sup>3</sup>, доля которых в 2015 г. составляла 52,3 % из общего числа транспортных средств г. Алматы [9]. При этом значительное количество – автомобили старше 10 лет. Как известно, с увеличением срока эксплуатации возрастает количество выбросов, что связано с изношенностью двигателя и его составляющих, а также с низкими налоговыми сборами для этих автомобилей. Показатели выбросов парниковых газов автомобильным транспортом г. Алматы представлены на рис. 1-3. Определение эмиссии CO<sub>2</sub> транспортом показало, что суммарный выброс углекислого газа от всех типов автомобилей составляет 18345243305,09 т ежегодно, CH<sub>4</sub> – 636298979,50 т CO<sub>2</sub> – эквивалент в год и N<sub>2</sub>O – 910834902,8 т CO<sub>2</sub> эквивалент в год.

Проведенные натурные исследования автотранспортных потоков на перекрестках Фурманова - аль-Фараби и Райымбека - Розыбакиева позволили определить интенсивность транспортного потока. Так, для перекрестка Фурманова - аль-Фараби составляет 10685 транспортных средств в час и для перекрестка Райымбека - Розыбакиева – 11060 транспортных средств в час "пик"! (с 17.00 до 18.00).

Показатели кислотности коры и почвы находятся на уровне кислотных значений, а электропроводность – в диапазоне от 28,7 до 144,6 мк См/см. Определение концентрации NO<sub>2</sub><sup>-</sup>, NO<sub>3</sub><sup>-</sup> и SO<sub>4</sub><sup>+2</sup> в водном экстракте коры ели обыкновенной показало, что наи-

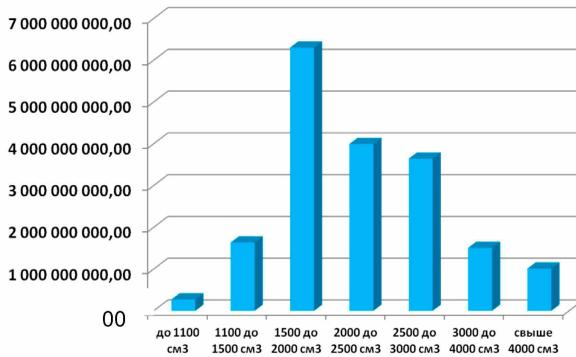


Рис. 1. Эмиссии CO<sub>2</sub>

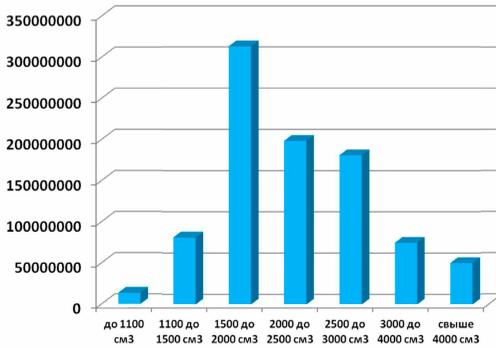


Рис. 2. Эмиссии N<sub>2</sub>O

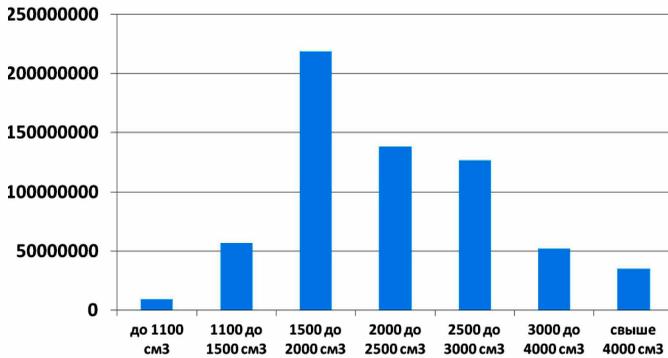


Рис. 3. Эмиссии CH<sub>4</sub>

Таблица 1

**Концентрация биогенных элементов и тяжелых металлов  
в водных экстрактах коры ели обыкновенной *Picea abies*, M±m**

Показатель	Место взятия пробы, перекресток		ПДК
	аль-Фараби - Фурманова	Райымбека - Розыбакиева	
РН	5,5±0,2	4,7±0,2	–
Электропроводность, мкСм/см	144,6±10,4	28,7±5,6	–
SO <sub>4</sub> <sup>-2</sup> , мг/дм <sup>3</sup>	62,3±8,4	<50	500
NO <sub>2</sub> <sup>-2</sup> , мг/дм <sup>3</sup>	26,9±1,8	13,6±3,3	3,0
NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> мг/дм <sup>3</sup>	64,0±9,1	41±6,1	45,0
PO <sub>4</sub> <sup>-2</sup> , мг/дм <sup>3</sup>	6,8±0,9	5,2±5,7	3,5
Общий органический азот, мг/дм <sup>3</sup>	53,6±8,3	45,3±7,3	–
Общий органический углерод, мг/дм <sup>3</sup>	153,3±35,8	200,0±46,9	–
Pb <sup>-2</sup> , мг/дм <sup>3</sup>	1,8±0,1	2,8±0,1	0,03
Cd <sup>-2</sup> , мг/дм <sup>3</sup>	2,7±0,5	3,4±0,4	0,001

большие значения этих оксидов отмечены в ели, произрастающей в "верхней части города", и составляло 26,9±1,8 мг/дм<sup>3</sup> (9ПДК), 64,0±9,1 мг/дм<sup>3</sup> (1,4ПДК) и 62,3±8,4 мг/дм<sup>3</sup> соответственно. Изучение общего органического азота, углерода и полифосфатов выявило одинаковые значения вне зависимости от места прорастания ели: "нижняя часть города" или "верхняя часть города". Так, полученные значения по азоту находились в диапазоне 45,3-53,6 мг/дм<sup>3</sup>, а по углероду – 153,3-200,0 мг/дм<sup>3</sup> и полифосфатам – 5,2-6,8 мг/дм<sup>3</sup> (1,5-1,9 ПДК) (табл. 1). Показатели кислотных оксидов в водных почвенных экстрактах существенно не отличались в зависимости от места сбора проб. Концентрация NO<sub>2</sub><sup>-</sup> составляла 3,4-4,4 ПДК и полифосфатов – 2,1-2,2 ПДК на исследуемых перекрестках города (табл. 2).

Таблица 2

**Концентрация биогенных элементов и тяжелых металлов  
в водных экстрактах почвы, М±m**

Показатель	Место взятия пробы, перекресток		ПДК
	аль-Фараби - Фурманова	Райымбека - Розыбакиева	
РН	5,6±0,7	6,1±0,6	–
Электропроводность, мкСм/см	60,0±12,0	64,2±13,6	–
SO <sub>4</sub> <sup>-2</sup> , мг/дм <sup>3</sup>	63,3±12,0	64,±15,0	500
NO <sub>2</sub> <sup>-2</sup> , мг/дм <sup>3</sup>	10,1±2,6	13,3±1,6	3,0
NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> мг/дм <sup>3</sup>	32,0±8,0	36,0±6,0	45,0
PO <sub>4</sub> <sup>-2</sup> , мг/дм <sup>3</sup>	7,8±1,2	7,5±1,4	3,5
Pb <sup>-2</sup> , мг/дм <sup>3</sup>	3,8±0,8	5,3±0,6	0,03
Cd <sup>-2</sup> , мг/дм <sup>3</sup>	4,6±0,8	6,4±0,8	0,001

Определение концентрации свинца и кадмия выявило значительное превышение ПДК: наибольшие значения отмечены как в коре, так и в почве "нижней части города". В коре концентрация свинца и кадмия составляла 2,8±0,1 мг/дм<sup>3</sup> (93 ПДК) и 3,4±0,4 мг/дм<sup>3</sup> (3400 ПДК), в почве – 5,3±0,6 мг/дм<sup>3</sup> (177 ПДК) и 6,4±0,8 мг/дм<sup>3</sup> (6400 ПДК) соответственно (см. табл.1 и 2).

При изучении прорастаемости *Allium cepa* выявлено, что число корешков, выращенных в водных экстрактах почвы с перекрестков города, было несколько меньше, но их длина – больше, по сравнению с луком, выращенным в дистиллированной воде (табл. 3).

Цитогенетический анализ выявил достоверно значимое снижение митотического индекса клеток апикального участка меристематической ткани корня лука *Allium cepa*, выращенного в водном экстракте почвы, собранной на аль-Фараби - Фурманова и Райымбека - Розыбакиева. Также отмечается достоверно значимое снижения уровня митотических индексов метафазы, анафазы, телофазы и ана-телофазы по сравнению с аналогичными

Таблица 3

**Количество и длина корешков *Allium* сера, выращенного в водном экстракте почвы,  $M \pm m$**

Место отбора пробы	Количество, шт.		Длина, см
	луковиц	корешков	
Контроль (дистиллированная вода)	10	25±6	2,2±0,5
аль-Фараби - Фурманова	10	17±4	4,0±0,9
Райымбека - Розыбакиева	10	21±5	3,7±0,2*

Примечание: при  $p \leq 0,05$ .

показателями в клетках меристемы корня лука, выращенного в дистиллированной воде (табл. 4).

Таблица 4

**Митотический индекс (MI) и фаз клеточного цикла,  $M \pm m$**

Показатель, %	Контроль (дистиллированная вода)	Место отбора	
		аль-Фараби - Фурманова	Райымбека - Розыбакиева
MI	56±6	41±7	38±4*
MI профазы	79±23	96±12	97±16
MI метафазы	1,1±0,05	0,7±0,02*	0,5±0,09*
MI анафазы	8,8±0,4	1,1±0,03*	0,9±0,07*
MI телофазы	12,3±1,4	2,2±0,5*	1,7±0,6*
MI ана-телофазы	21±7	3,3±0,5*	2,6±0,6*

Примечание: при  $p \leq 0,05$ .

Генотоксичные эффекты проявлялись в виде хромосомных aberrаций ("запаздывание", фрагменты, грануляция клеток и мосты). Наблюдаемые типы хромосомных аномалий представлены на рис. 4.

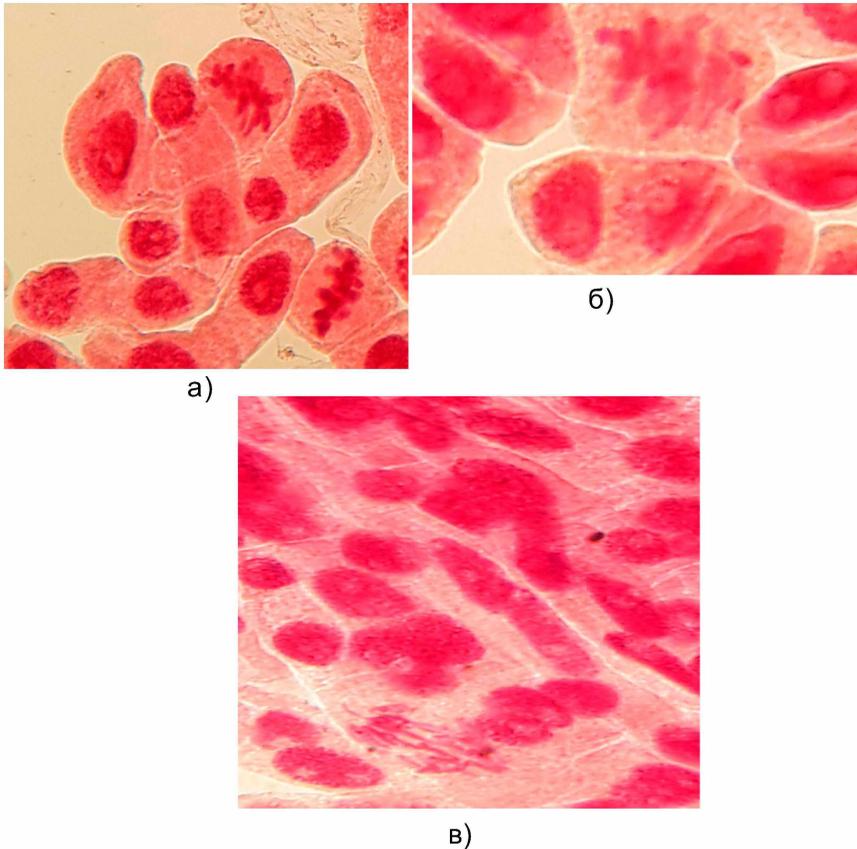


Рис. 4 . Типы хромосомных aberrаций в клетках меристемы корня *Allium cepa*: а) задержка клеточного деления ("запаздывание"); б) фрагмент; в) мосты и микроядро

**Обсуждение результатов.** Город Алматы может по праву занимать лидирующее место по выбросам парниковых газов в центральноазиатском регионе. Содержание кислотных оксидов, биогенных элементов и тяжелых металлов в коре и почве может свидетельствовать о неравномерном их распределении в зависимости от рельефа и обуславливаться автомобильной нагруз-

ки автомагистрали. Каждая страна разрабатывает свои собственные стратегии с целью снижения выбросов автотранспорта, но их можно разделить на 3 большие группы:

- модернизация городского планирования (создание скоростного транспорта) и рационального землепользования [10];
- разработка новых источников энергии;
- ужесточение стандартов по выбросам [11].

На основании проведенного анализа экологической ситуации в г. Алматы и выполненных экспериментальных исследований можно предложить несколько механизмов оптимизации транспортного трафика в городе.

Создание в городе экологических зон малым выбросом (Low Emission Zones, LEZs), запрещение въезда наиболее загрязняющих транспортных средств. LEZ считается наиболее эффективной мерой для уменьшения транспортного потока и, как результат – загрязнение атмосферного воздуха [12]. В настоящее время такие зоны введены в 13 европейских странах [13]. Так, в Европе, согласно принятым директивам, все транспортные средства классифицируются по так называемому "Евро" в зависимости от технических характеристик и в отношении их уровней выбросов от 1 до 6, где "LEZ 1" – ограничение въезда дизельных автомобилей европейского стандарта эмиссии ниже Евро-2 и бензиновых автомобилей европейского стандарта без каталитических нейтрализаторов.

Одним из наиболее развитых примеров применения этого способа оптимизации можно найти в Германии, где экологические зоны малым выбросом (LEZ) были введены с 2008 г. и сейчас – 11 в федеральных землях. Большинство зон функционируют 24 ч и 365 дней в году [14].

В качестве другого эффективного способа можно рассматривать стратегию синхронизации светофоров, оправдывающую себя в высокой плотности дорожной сети (High-density grid road network, HGRN). Структура HGRN является ортогональным образцом шахматной доски, с узкими 2-полосными или 4-полосными дорогами, находящимися на расстоянии 100-300 м друг от друга. Именно синхронизация сигнала светофора может служить

эффективной мерой при образовании "пробок", с целью повышения эффективности и стабильности движения, контроля за образованием и распределением очередей, поддержания непрерывного потока транспортного трафика. Различают 2 вида синхронизации светофоров: "одна длинная зеленая" (LG) и "два длинного красного" (LR).

Первый тип предусматривает непрерывный трафик при средней скорости для всех типов транспортных средств через несколько перекрестков.

Второй тип (LR) аналогичен практически первому, но красный цвет светофора должен гореть дольше [15].

Причем обязательным условием для внедрения HGRN является ее однородность, т. е. наиболее эффективным будет ее использование в районе города, где величина объема трафика, в каждой единице площади одинакова (постоянна) [16]. Большинство используемых моделей HGRN основано на фиксированном времени сигнала светофора [17]. Наиболее оправданным является кооперативное действие нескольких пересечений улиц. Так, при обнаружении "пробок" на одном из перекрестков сигнал передается и на соседние перекрестки [18].

Другой способ – контроль максимального давления (MP): на каждом перекрестке контролируются только очереди, прилегающие к конкретному перекрестку и, как результат – разгрузка прилегающих перекрестков за счет изменения сигнала светофора [19]. Различные способы HGRNs используются во многих городских центрах по всему миру, например, в районе Манхэттен (Нью-Йорк), Гинза (Токио), Банд (Шанхай), Синьцзекоу (Нанкин) и др. [20].

Учитывая дефицит экологических ресурсов г. Алматы, власти стремятся оптимизировать городскую транспортную систему за счет активизации общественного транспорта. В частности, в начале 2015 г. приобретено 200 экологически чистых автобусов общим числом 600 автобусов. Количество общественного транспорта, работающего на электроэнергии, составляет сегодня 850 ед. Это результат 4-летнего совместного проекта с Европейским банком реконструкции и развития. В общей слож-

ности количество экологически чистого общественного транспорта в Алматы, в том числе частных компаний, работающего на газе, составляет в настоящий момент 70 %, т. е. подавляющее большинство [21].

### **Выводы**

1. Вклад г. Алматы в эмиссии парниковых газов составляет 14 % в общем объеме поступления в Республике Казахстан в 2015 г.

2. Наибольшая концентрация кислотных оксидов и тяжелых металлов отмечается в почве "нижней части города", что является причиной к ингибированию деления клеток корня *Allium* сера и хромосомным абберациям.

### **Список литературы**

1 *Anderson H.R.* Air pollution and mortality: A history // Atmospheric Environment. – 2009. – Vol. 43. – P. 142-152.

2 *Chang L.-T., Chuang K.-J., Yang W.-T.* et al. Short-term exposure to noise, fine particulate matter and nitrogen oxides on ambulatory blood pressure: A repeated-measure study // Environmental Research. – 2015. – Vol. 140. – P. 634-640.

3 *Berard E., Bongard V., Dallongeville J.* et al. Expired-air carbon monoxide as a predictor of 16-year risk of all-cause, cardiovascular and cancer mortality // Preventive Medicine. – 2015. – Vol. 81. – P. 195-201.

4 *Zajic D., Fernando H.J.S., Calhoun R., Princevac M.* et al. Flow and turbulence in an urban canyon // J. Appl. Meteorol. Climatol. – 2011. – 50 (1). – P. 203-223.

5 Сетевое издание "Zakon.kz" Казахстанский информационный портал. 2017. - №1 // <http://m.zakon.kz/4686006-bakytzhan-sagintaev-my-ljubim-almaty-i.html> (был доступен 04.03.2017 г.).

6 *Kakouei A., Vatani A.* An estimation of traffic related CO2 emissions from motor vehicles in the capital city of, Iran // Iranian Journal of Environmental Health Sciences & Engineering. – 2012. – № 9 (13) – P. 9-13.

7 1999-2017 Сетевое издание "Zakon.kz" Казахстанский информационный портал. – 2017. – №1 // <http://auto.zakon.kz/4631417-strakhovshhiki-poschitali-skolko-v.htm> (был доступен 04.03.2017 г.).

8 Министерство национальной экономики Республики Казахстан Комитет по статистике. – 2017. – №1 // <http://stat.gov.kz> (был доступен 04.03.2017 г.).

9 *Sayeg P., Bray D.* Estimating changes in emissions from bus rapid transit: making best use of transport sector experience // *Wiley Interdisciplinary Reviews*. – 2012. – № 1 (3). – P.308-316.

10 *Tanaka K., Berntsen T., Fuglestedt J.S., Rypdal K.* Climate effects of emission standards: the case for gasoline and diesel cars // *Environmental Science and Technology*. – 2012. – № 46 (9). – P. 5205-5213.

11 *Bruckmann P., Wurzler S., Brandt A., Vogt K.* Erfahrungen mit Umweltzonen in Nordrhein Westfalen. In: Bundesamt für Strahlenschutz, Bundesinstitut für Risikobewertung, Robert Koch-Institut, Umweltbundesamt, editor. *UMID Umwelt und Mensch - Informationsdienst*, Berlin. – 2011. – P. 27-33.

12 Sadler Consultants Ltd 2007-2017. Regulation of urban access in Europe. – 2017. – №1 // <http://urbanaccessregulations.eu> (was available 04.03.2017).

13 Umweltbundesamt Umweltzonen in Deutschland. – 2014. – №1 // <http://www.umweltbundesamt.de> (es war verfügbar 04.03.2017).

14 *Hu X., Lu J., Wang W. and Zhirui Y.* Traffic Signal Synchronization in the Saturate

15 High-Density Grid Road Network // *Comput Intell Neurosci*. - 2015: 532960. Published online 2015 Jan 13. doi: 10.1155/2015/532960.

16 *Yang J.Y., Wu M.W.* Quantification Study of CBD in China. Nanjing, China: Southeast University Press, 2004.

17 *Dans G., Gazis D.C.* Optimal control of oversaturated store-and-forward transportation networks // *Transportation science*. – 1976. – № 11. – P. 1-19.

18 *Li T., Zhao D., Yi J.* Adaptive dynamic programming for multi-intersections traffic signal intelligent control // *Proceedings of the 11th*

International IEEE Conference on Intelligent Transportation Systems (ITSC '08), December 2008, Beijing, China. – P. 286-291.

19 *Varaiya P.* Max pressure control of a network of signalized intersections // *Transportation Research Part C: Emerging Technologies* – 2013. – 36. – P. 177-195.

20 *Langdon P.* *A Better Place to Live: Reshaping the American Suburb.* Amherst, Mass, USA: University of Massachusetts Press, 1997.

21 Сетевое издание "Zakon.kz" Казахстанский информационный портал. – 2017. – № 1 // <http://m.zakon.kz/4686006-bakytzhan-sagintaev-my-ljubim-almaty-i.html> (был доступен 04.03.2017 г.).

***Ибрагимова Наиля Ахтамовна***, кандидат биологических наук,  
e-mail: [nailya.73@mail.ru](mailto:nailya.73@mail.ru)

***Косякова Алена Аркадьевна***, студентка 4 курса, e-mail:  
[alena\\_sennik@mail.ru](mailto:alena_sennik@mail.ru)

***Тайсаринова Айсулу Саиновна***, магистр, старший преподаватель,  
e-mail: [taisarinova@gmail.com](mailto:taisarinova@gmail.com)

Регистрационное свидетельство № 7528-Ж  
от 01.08.2006 г.  
выдано Министерством культуры и информации  
Республики Казахстан

Редактор *А. А. Козлова*  
Редактор текста на казахском языке *С.А.Оскенбай*  
Редактор текста на английском языке *Г.А.Айтжанова*  
Компьютерная верстка и дизайн *С.А.Дерксен*  
Обложка *Е.С.Кадырова, Л.Н.Гребцовой*

---

Подписано в печать 07.08.2017.  
Формат 60x84/16. Печать офсетная. Бумага офсетная.  
Усл. п. л. 11,0. Тираж 300 экз. Заказ 68.

---

Редакционно-издательский отдел НЦ ГНТЭ.  
050026, г. Алматы, ул. Богенбай батыра, 221

Индекс 75776

**ИНТЕРНЕТ-САЙТ ЖУРНАЛА**

[www.vestnik.nauka.kz](http://www.vestnik.nauka.kz)

Портал АО «НЦГНТЭ – [www.nauka.kz](http://www.nauka.kz)

*Здесь можно найти публикации по областям знаний  
и правила написания научных статей*

**ФОНД НЕПУБЛИКУЕМЫХ ДОКУМЕНТОВ**

**НАЦИОНАЛЬНОГО ЦЕНТРА  
ГОСУДАРСТВЕННОЙ НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКОЙ ЭКСПЕРТИЗЫ**

*более 60 тыс. документов со всего Казахстана*

**Содержание фонда:**

- Отчеты о НИОКР, докторские и кандидатские диссертации
- Диссертации докторов философии PhD

**С запросами по подбору научной информации  
обращайтесь в филиалы НЦГНТЭ**

Астана	<a href="mailto:ncnti_astana@mail.ru">ncnti_astana@mail.ru</a>	(7172) 27-42-13
Усть-Каменогорск	<a href="mailto:vkcnti@rambler.ru">vkcnti@rambler.ru</a>	(7232) 22-27-42
Тараз	<a href="mailto:lniti-taraz@mail.ru">lniti-taraz@mail.ru</a>	(7262) 46-25-26
Уральск	<a href="mailto:zkf_ncnti@mail.ru">zkf_ncnti@mail.ru</a>	(7112) 50-04-83
Караганда	<a href="mailto:karcnti@mail.ru">karcnti@mail.ru</a>	(7212) 56-10-19
Кызылорда	<a href="mailto:kfnti@mail.ru">kfnti@mail.ru</a>	(7242) 27-03-16
Кокшетау	<a href="mailto:lenanga@rambler.ru">lenanga@rambler.ru</a>	(7162) 25-57-93
Шымкент	<a href="mailto:ncsti@bk.ru">ncsti@bk.ru</a>	(7252) 31-49-75

**Адрес:** 050026, Республика Казахстан, г. Алматы, ул. Богенбай батыра, 221

**Диссертационный зал:** 3-й этаж (ежедневно с 9 до 17 часов,  
кроме субботы и воскресенья)

**Тел.:** +7 727 378-0558. **E-mail:** [disszal@inti.kz](mailto:disszal@inti.kz)