

ISSN 1563-0218  
Индекс 75866; 25866

ӘЛ-ФАРАБИ атындағы ҚАЗАҚ ҰЛТТЫҚ УНИВЕРСИТЕТІ

# ХАБАРШЫ

Биология сериясы

---

КАЗАХСКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ имени АЛЬ-ФАРАБИ

# ВЕСТНИК

Серия биологическая

---

AL-FARABI KAZAKH NATIONAL UNIVERSITY

# BULLETIN

Biology series

---

№4 (69)

Алматы  
«Қазақ университеті»  
2016



# ХАБАРШЫ

БИОЛОГИЯ СЕРИЯСЫ №4 (69)



25.11.1999 ж. Қазақстан Республикасының Мәдениет, ақпарат және қоғамдық келісім министрлігінде тіркелген

Күәлік №956-Ж.

Журнал жылына 4 рет жарыққа шығады

## ЖАУАПТЫ ХАТШЫ

Оразова С.Б. – б.ғ.к. (Қазақстан)

## РЕДАКЦИЯ АЛҚАСЫ:

Заядан Б.К., б.ғ.д., профессор – ғылыми редактор  
(Қазақстан)

Бисенбаев А.К., б.ғ.д., ҚР ҰҒА корреспондент мүшесі –  
ғылыми редактордың орынбасары (Қазақстан)

Тұлеуханов С.Т., б.ғ.д., профессор (Қазақстан)

Айташева З.Г., б.ғ.д., профессор (Қазақстан)

Канаев А.Т., б.ғ.д., профессор (Қазақстан)

Кистаубаева А.С., б.ғ.к. (Қазақстан)

Жубанова А.А., б.ғ.д., профессор (Қазақстан)

Ивашенко А.Т., б.ғ.д., профессор (Қазақстан)

Мухитдинов Н.М., б.ғ.д., профессор (Қазақстан)

Нургазин С.Т., б.ғ.д., профессор (Қазақстан)

Шүлембаева К.К., б.ғ.д., профессор (Қазақстан)

Берсимбай Р.И., б.ғ.д., профессор, ҚР ҰҒА академигі  
(Қазақстан)

Турусбеков Е.К., б.ғ.к., ассоциацияланған профессор  
(Қазақстан)

Бекманов Б.О., б.ғ.к., доцент (Қазақстан)

Омаров Р.Т., б.ғ.к., доцент (Қазақстан)

Искаков Б.К., б.ғ.д., профессор (Қазақстан)

Сарбасов Д., PhD докторы, профессор (АҚШ)

Абжанов А., PhD докторы, профессор (АҚШ)

Рацкакуэ М., PhD докторы, профессор (АҚШ)

Орынбаева З.С., PhD докторы (АҚШ)

Поляк Б., PhD докторы (АҚШ)

Фридман Г., PhD докторы (АҚШ)

Курмашева Р.Т., PhD докторы (АҚШ)

Сапарбаев М., PhD докторы, профессор (Франция)

Партон С., PhD докторы, профессор (Ұлыбритания)

Дигель И., PhD докторы, профессор (Германия)

Даниленко М.П., PhD докторы (Израиль)

Тургай Т., PhD докторы (Туркия)

Лось Д., б.ғ.д., профессор (Ресей)

Маторин Д.Н., б.ғ.д., профессор (Ресей)



ҚАЗАҚ  
УНИВЕРСИТЕТІ  
Б А С П А Ү Й І

## Ғылыми басылымдар бөлімінің басшысы

Гульмира Шаккозова

Телефон: +77017242911

E-mail: Gulmira.Shakkozova@kaznu.kz

## Компьютерде беттеген:

Айгүл Алдашева

## Жазылу мен таратуды үйлестіруші

Мәлдір Өміртайқызы

Телефон: +7(727)377-34-11

E-mail: Moldir.Omirtaikyzy@kaznu.kz

## ИБ № 11323

Басуға 14.12.2016 жылы қол қойылды.

Пішімі 60x84 1/8. Көлемі 11,3 б.т. Офсетті қағаз. Сандық басылыс.

Тапсырыс № 5172. Таралымы 500 дана. Бағасы келісімді.

Әл-Фараби атындағы Қазақ ұлттық университетінің

«Қазақ университеті» баспа үйі.

050040, Алматы қаласы, әл-Фараби даңғылы, 71.

«Қазақ университеті» баспа үйінің баспаханасында басылды.

© Әл-Фараби атындағы ҚазҰУ, 2016

1-бөлім  
**БОТАНИКА**

---

Раздел 1  
**БОТАНИКА**

---

Section 1  
**BOTANY**

<sup>1</sup>Айменова Ж.Е.,  
<sup>2</sup>Дигель И.Э., <sup>1</sup>Ешибаев А.А.

<sup>1</sup>Южно-Казахстанский  
государственный университет им.  
М. Ауэзова, Казахстан, г. Шымкент  
<sup>2</sup>Аахенский университет прикладных  
наук, Германия, г. Юлихъ

**Динамика накопления  
лагохирзина в фитомассе  
*Lagochilus setulosus* в течение  
вегетационного периода и  
особенности возделывания в  
условиях типичного серозема**

*L.setulosus* предлагается для создания биологического препарата с гемостатическим эффектом – «Сетулин», основным действующим веществом которого является дитерпеноид – лагохирзин. Представлены результаты по содержанию и динамике накопления дитерпеноида лагохирзина в различных частях растения лагохилуса щетинистого (*L.setulosus*): в корнях, стеблях, листьях, цветках и чашелистиках в течение вегетационного периода, а также приведены результаты возделывания *L.setulosus* в условиях типичного серозема, ввиду эндемичности данного вида растения. Установлено, что динамика накопления лагохирзина в фитомассе нарастает с начала до середины вегетационного периода. С помощью химического анализа проб *L.setulosus* на предмет исследования локализации лагохирзина в различных органах растения установлено, что максимальное количество лагохирзина накапливается в чашелистиках растений. Выявлено, что *L.setulosus* можно возделывать в условиях типичного серозема, данному виду растений рода *Lagochilus* необходимо минеральное питание, кроме азотных удобрений, поскольку увеличение азотного питания приводит к гибели растений в фазе кушения и образования цветков. Сравнительное изучение дикорастущей и культурной форм *L.setulosus* показало, что в культивируемой фитомассе растений содержание лагохирзина на 17–20% больше, чем в дикорастущей.

**Ключевые слова:** *Lagochilus setulosus*, дитерпеноиды, лагохирзин, локализация, вегетационный период, Сетулин.

<sup>1\*</sup>Aimenova Zh.E.,  
<sup>2\*</sup>Digel I.E., <sup>1</sup>Eshibaev A.A.

<sup>1</sup>M. Auezov South Kazakhstan State  
University, Kazakhstan, Shymkent  
<sup>2</sup>Aachen University of Applied Sciences,  
Germany, Julich

**Dynamics of accumulation  
of lagochirzin in *Lagochilus  
setulosus* phytomass during the  
growing season and also features  
of its cultivation in the conditions  
of a typical sierozem**

*L.setulosus* is offered for creation of biopreparation «Setulin», possessing hemostatic action, the basic reactant of biopreparation is diterpen – lagochirzin. Results under the maintenance and dynamics of diterpen lagochirzin accumulation in various parts of *L.setulosus* are presented: in roots, stalks, leaves, flowers and calyx lobes during the growing season, and also results on conditions of cultivation *L.setulosus* in the conditions of a typical sierozem are resulted. From the obtained data is visible, that the given species of a plant is endemic. It is established, that dynamics of accumulation of lagochirzin in phytomass accrues from the beginning to the middle of the growing season. The chemical analysis of *L.setulosus* on a localization of lagochirzin in various organs of a plant, has shown, that the greatest quantity of lagochirzin collects in calyx lobes of the plants. Also it is established, that *L.setulosus* can be cultivated in the conditions of the typical sierozem, a mineral food is necessary for the given species of plants of *Lagochilus* genus, except nitric fertilizers. Comparative studying of wild-growing and cultural forms of *L.setulosus* has shown, that in the cultivated phytomass of plants the maintenance of lagochirzin on 17–20 % higher than in the wild-growing species.

**Key words:** *Lagochilus setulosus*, diterpenes, lagochirzin, localization, growing season, Setulin.

<sup>1</sup>Айменова Ж.Е.,  
<sup>2</sup>Дигель И.Э., <sup>1</sup>Ешибаев А.А.

<sup>1</sup>М. Әуезов атындағы Оңтүстік  
мемлекеттік университеті,  
Қазақстан, Шымкент қ.  
<sup>2</sup>Аахен қолданбалы ғылымдар  
университеті, Германия, Юлих қ.

**Вегетациялық кезең  
барысында *Lagochilus setulosus*  
фитомассасында  
лагохирзиннің жинақталу  
динамикасы және қалыпты сұр  
топырақ жағдайында егудің  
ерекшеліктері**

*L.setulosus* гемостатикалық әсері бар биологиялық препарат – «Сетулинді» жасауға ұсынылады, оның құрамындағы негізгі әсер етуші зат дитерпеноид-лагохирзин болып табылады. Вегетациялық кезең барысында қылшықты лагохилус (*L.setulosus*) өсімдігінің әртүрлі бөліктері: тамыры, сабағы, жапырағы, гүлдерінде және гүл тостағаншаларындағы дитерпеноид лагохирзиннің болуы мен жинақталу динамикасы бойынша нәтижелер ұсынылған, сондай-ақ қалыпты сұр топырақ жағдайындағы *L.setulosus*-ты егу шарттары бойынша нәтижелер берілген, себебі аталған өсімдік түрінің эндемикалық өсімдік болып табылатындығы анықталған. Фитомассада лагохирзиннің жинақталу динамикасы вегетациялық кезеңнің басынан ортасына дейін артатындығы анықталған. *L.setulosus* үлгісін зерттеліп отырған заттың өсімдіктің әртүрлі мүшелерінде орналасуына жүргізілген химиялық сараптама өсімдіктің гүл тостағаншаларында лагохирзин ең жоғары болып анықталған. Сондай-ақ *L.setulosus*-ты қалыпты сұр топырақ жағдайында егуге болатындығы дәлелденді, *Lagochilus* туысының аталған түріне азоттық тыңайтқыштардан бөлек минералдық қорек қажет, себебі азоттық қоректендіруді арттыру өсімдіктің түптену және гүлдеу фазаларында тіршілігін жоюына алып келеді. *L.setulosus*-тың жабайы өсетін және мәдени формаларын салыстырмалы түрде зерттеу жабайы түріне қарағанда өсімдіктің мәденилендірілген фитомассасында лагохирзин мөлшерінің 17–20%-ға көбірек болатындығын көрсетті.

**Түйін сөздер:** *Lagochilus setulosus*, дитерпеноидтар, лагохирзин, орналасу, вегетациялық кезең, Сетулин.

**ДИНАМИКА  
НАКОПЛЕНИЯ  
ЛАГОХИРЗИНА  
В ФИТОМАССЕ  
*LAGOCHILUS SETU-  
LOSUS* В ТЕЧЕНИЕ  
ВЕГЕТАЦИОННОГО  
ПЕРИОДА И  
ОСОБЕННОСТИ  
ВОЗДЕЛЫВАНИЯ  
В УСЛОВИЯХ  
ТИПИЧНОГО  
СЕРОЗЕМА**

**Введение**

На сегодняшний день на отечественном рынке производства биопрепаратов наблюдается качественный скачок от эмпирической медицины к натуральной фармацевтике с научно подтвержденными параметрами качества и установленными механизмами действия. Все больше пациентов, врачей и фармацевтов признают преимущества фитопрепаратов, которые по качеству и эффективности не уступают химико-синтетическим медикаментам, а в отношении безопасности и отсутствия побочных эффектов даже превосходят их [1].

В связи с этим, значимость лекарственных средств растительного происхождения для лечения и профилактики различного рода заболеваний находит особое применение [2, 3].

В международном научно-производственном холдинге «Фитохимия» проводятся ширококомасштабные исследования различных лекарственных растений и создаются различные биологические препараты, основу которых составляют растительные соединения. Одним из таких препаратов является мазь «Биалм», разработанная на основе живицы сосны обыкновенной (*PinussilvestrisL.*). Живица, входящая в состав препарата, содержит сумму терпенов, состоящую из моно-, сескви- дитерпенов, их кислородосодержащих производных и смоляных кислот, всего содержится более 100 индивидуальных компонентов [4].

Изучению терпеноидов уделяется все большее внимание, поскольку согласно последним исследованиям терпеноиды могут проявлять противоопухолевые свойства. Так, в работах Лацерус Л.А., Барышникова А.Ю. приводятся данные о противоопухолевой активности различных групп веществ из класса терпеноидов растительного происхождения, в том числе – полученных из хвойных деревьев семейства *Pinaceae* [5].

Растения рода *Lagochilus* также известны своими лечебными свойствами благодаря наличию в них дитерпеноидов. Они издавна входили в список лекарственных растений Востока и широко использовались в народной медицине [6]. Однако, несмотря на ценные и разнообразные фармакологические свойства – гемостатические, седативные, гипотензивные, деаллер-

гизирующие, – большинство видов этого рода по сей день остаются без внимания исследователей. Особенно это касается видов лагохилуса, распространенных в странах Средней Азии [7].

В современной медицине растения рода *Lagochilus* используются в качестве источника гемостатических веществ – дитерпеноидов лагохилина и лагохирзина. Дитерпены из растительного сырья имеют большое значение в связи с их разносторонней высокой физиологической активностью, возможностью использования в качестве основы для получения эффективных кровоостанавливающих препаратов [8]. Известно, что разнообразие и содержание различных дитерпеноидных соединений в растениях *Lagochilus* высоки, однако более детально в химическом отношении они почти не изучены. Литературные данные свидетельствуют, что для многих видов растений рода лагохилус основным по содержанию дитерпеноидом является лагохилин [9]. В то время как, согласно литературным данным, дитерпеноид лагохирзин, содержащийся в *L.setulosus*, превосходит лагохилин по гемостатическим свойствам [10] (рисунок 1).

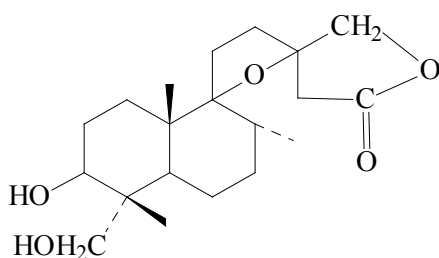


Рисунок 1 – Структурная формула лагохирзина [10]

Результатами наших более ранних исследований было установлено, что высокая гемостатическая эффективность препарата «Сетулин» на основе экстрактов *L.setulosus* связана с наличием в фитомассе растений именно лагохирзина [11]. В связи с этим, целью настоящего исследования являлось изучение содержания лагохирзина в различных частях растений лагохилуса щетинистого и динамики его накопления в течение вегетационного периода. Также следует отметить, что ценность *L.setulosus*, в качестве растительного сырья для создания кровоостанавливающего биопрепарата, подтверждена многочисленными исследованиями его гемостатической активности [9].

Вместе с тем, в ходе флористических исследований установлено, что сырьевая база

*L.setulosus* в естественных популяциях не является достаточной для систематического сбора сырья на этапе создания биопрепарата [12]. Данный факт обуславливает необходимость изучения условий интродукции данного вида, а также исследование значений содержания дитерпеноида лагохирзина в дикорастущем и культивируемом виде *L.setulosus*.

## Материалы и методы

В качестве материала исследования нами были использованы корни, стебли, листья, цветки и чашелистики растений *L.setulosus*, собранные в Ордабасинском районе Южно-Казахстанской области, возле населенного пункта «Монтайтас» на южном склоне холма. Исследование динамики накопления лагохирзина в различных частях вегетативной массы растений проводили на основе проб, собранных в мае, июне, июле, августе и сентябре 2014 года. При этом анализировали общее содержание лагохирзина как в усредненной биомассе всех частей данного растения, так и в его отдельных органах.

Для химического анализа использовали воздушно-сухую измельченную фитомассу названных частей растений. Выделение лагохирзина из фитомассы *L.setulosus* проводили в 2 этапа: первый – удаление лагохилина, второй – обнаружение лагохирзина.

Удаление лагохилина проводилось согласно следующей методике [13]: 100 г мелкоизмельченного *L.setulosus* помещали в колбу Бунзена с тубусом и цилиндрической горловиной, стеклом марки ТС, объемом 2500 мл и заливали 1000 мл хлороформа. Колбу с содержимым, присоединив с обратным холодильником, нагревали на водяной бане в течение 1 часа. Затем экстракт охлаждали и фильтровали. Таким же способом экстракцию хлороформом повторяли 5-6 раз (из одного сырья). Далее хлороформные экстракты объединили и отгоняли хлороформ до получения сухого остатка. К сухому остатку добавляли 100 мл дистиллированной воды и нагревали 5 мин на водяной бане, затем добавили 150 мл 10% NaOH и продолжили нагревание на водяной бане в течение 30 мин. Водно-щелочную смесь, после охлаждения, многократно обрабатывали этиловым эфиром (5-6 раз). Объединенные эфирные экстракты концентрировали до 100 мл и оставляли для кристаллизации лагохилина, который затем отделили фильтрованием через взвешенный фильтр.

Обнаружение лагохирзина проводилось согласно следующей методике [14]: водно-щелочной раствор, после удаления лагохилина нейтрализовали 20%-ным раствором  $H_2SO_4$  до слабокислой реакции ( $pH=5$ ) и смесь 5-6 раз обрабатывали хлороформом. Хлороформные извлечения объединялись, концентрировались и далее хлороформ отгоняли. В результате получили сухой остаток, который пропускали через колонку с 100 г силикагеля SilicaGel диаметром пор от 5 до 10 мкм марки Merck (Германия) (диаметр колонки 2 см, высота 20 см) и элюировали смесью этиловый эфир-петролейный эфир (40:1); получили 20 фракций по 5 мл. Каждую фракцию подвергли хроматографическому анализу методом тонкослойной хроматографии с помощью пластин «Sorbfil» (Россия) типа ПТСХ-АФ-В-УФ.5-12 фракции содержали лагохирзин. Далее фракции объединяли, выпаривали, сухой остаток высушивали с помощью лиофильной сушки Zirbus-technology GmbH (Германия)

модель 100-5 с минимальной температурой  $-80^{\circ}C$ . Полученный сухой остаток взвешивали на аналитических весах ВСЛ-А (Россия).

Для определения условий интродукции *L.setulosus*, были использованы семена растений, собранные в вегетационный период, отмеченный максимальной локализацией лагохирзина в измельченной фитомассе *L.setulosus*. Первым этапом было инкубирование семян в количестве 100 шт в лабораторном сушевоздушном термостате ТС-1/20 СПУ (Россия) при температуре  $28^{\circ}C$  в течение 5 суток (рисунок 2). Далее семена были посажены в 3 керамических сосуда ёмкостью 1,0 литр с использованием смеси почвогрунт, которую составляли перегной, серозем, кварцевый песок в соотношениях 1:1:1 по массе, по 20 семян в каждом сосуде. Оставшиеся 40 семян были посажены в почвенный субстрат для определения полевой всхожести семян – 20 семян осеннего и 20 семян весеннего посева.



Рисунок 2 – Выделение семян из *L.Setulosus*

Для увеличения статистической достоверности исследования данную методику повторяли 8 раз. Полученные данные усреднялись с учетом стандартного статистического отклонения.

### Результаты исследования

По результатам химических анализов нами получен чистый лагохирзин в виде белого кристаллического вещества, характеризующееся  $R_f$  0,48 (система V), температурой плавления  $141-143^{\circ}C$  (из эфира) и  $[\alpha]_D^{20} - 13,82^{\circ}$ . Лагохирзин

хорошо растворим в метаноле, ацетоне, плохо в эфире, петролейном эфире, нерастворим в воде. При действии водного раствора едкого натра лагохирзин переходит в раствор и при последующем подкислении выделяется в неизменном виде, что доказывает его принадлежность к группе лактонов [15].

Нами была исследована динамика изменения содержания лагохирзина в наземной части *L. setulosus*, собранной ежемесячно, с мая по сентябрь. Результаты исследований приведены на рисунке 3, из которого видно, что содержание

лагохирзина в растении изменяется в течение вегетационного периода примерно в 3-4 раза и достигает максимального значения в августе.

Для эффективной заготовки фармацевтического сырья немаловажное значение имеет также выяснение локализации лагохирзина в различных органах растения. Изучение особенностей накопления лагохирзина в различных частях растений проводили на пробах, приготовленных из корней, стеблей, листьев, цветков и чашелистиков, собранных в августе и предварительно высушенных в тени. Химический анализ проб показал, что в корневой массе и стеблях растений лагохирзин в детектируемых количествах не накапливается. Низкое содержание это-

го вещества обнаружено и в цветках – не более 0,035% от исследуемой массы проб. Содержание лагохирзина в листьях также оказалось невысоким, не более 0,06%. Как показано на рисунке 4, наибольшее количество лагохирзина было обнаружено в чашелистиках растений – порядка 0,3% от массы проб.

Вероятно, это связано с тем, что *L.setulosus* является типичным ксерофитом. Листья у этих растений формируются только у основания главного стебля, причём только на ранних этапах вегетации (май, июнь). В апикальных частях главного стебля и во всех боковых стеблях листья видоизменены в колючки. Поэтому функцию листьев выполняют более массивные чашелистики.

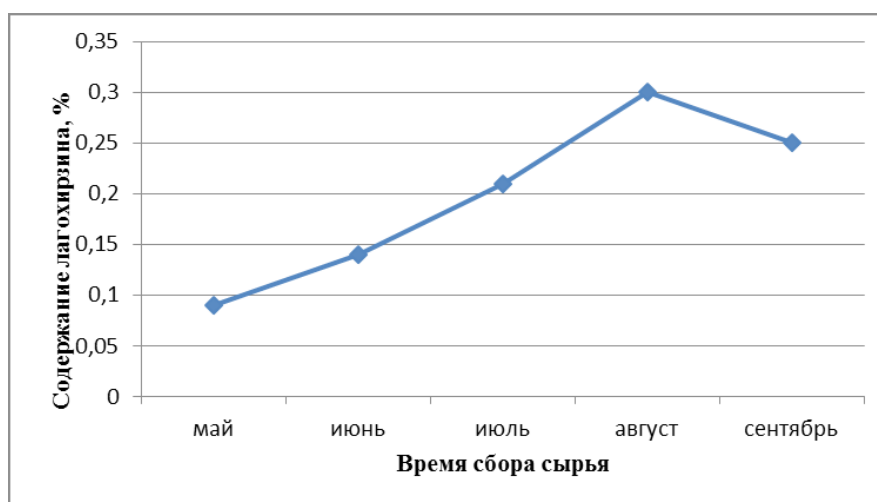


Рисунок 3 – Содержание лагохирзина в измельченной фитомассе *L.setulosus* по месяцам

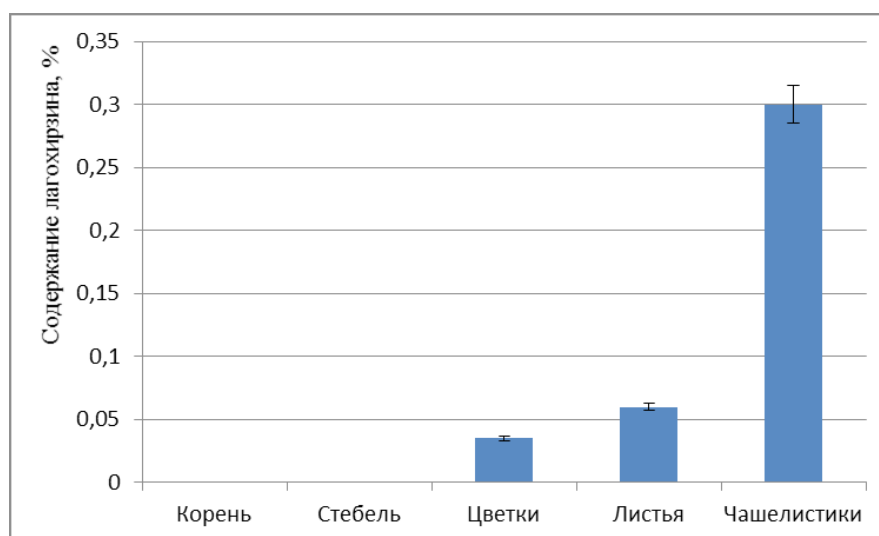


Рисунок 4 – Локализация лагохирзина в различных частях растения *L.setulosus*



Результаты исследования лабораторной всхожести семян *L.setulosus* в течение 3 месяцев показали, что общая всхожесть семян составила всего  $7,8 \pm 0,3\%$ .

Исследования полевой всхожести семян *L.setulosus*, проведенные в условиях агрофона типичного серозема показали результат в значении  $2,9-3,0 \pm 0,1\%$ . При этом показатели всхожести семян *L.setulosus* осеннего и весеннего посевов существенно не различались и составили также  $2,7-2,9 \pm 0,2\%$ . В результате исследований выявлено, что *L.setulosus* хорошо растет в теплице и переносит пересадку в полевые условия рассадой. Установлено, что оптимальной глубиной заделки семян в условиях серозема является 3,5-4 см. Результаты тестирования реакции на уровень минерального питания показали, что они оказывают положительное влияние на *L.setulosus*, за исключением азотного питания. Так, в ходе экспериментальных данных установ-

лено, что оптимальным уровнем фосфорного, калийного и азотного питания являются следующие показатели:  $P_2O_5$  – 50 кг/га; K – 50 кг/га; N – 20 кг/га. Повышение дозы азота до N – 60 кг/га приводит к гибели растений в фазе кущения и образования цветков. Летний полив растений значительно продлевает срок вегетации растений на 35-45 дней, что также способствует повышению всхожести семян. Так, всхожесть семян с полевых опытов урожая 2014 года составила  $58,8 \pm 2,4\%$ .

Результатами исследований сравнительного содержания лагохирзина в культурной и дикорастущей форме *L.setulosus* было установлено, что содержание дитерпеноида лагохирзина в культивируемом растении на 20% выше, чем в дикорастущем (рисунок 5), что объясняется наличием минерального питания, а также наличием летнего полива, продлившего срок вегетации.

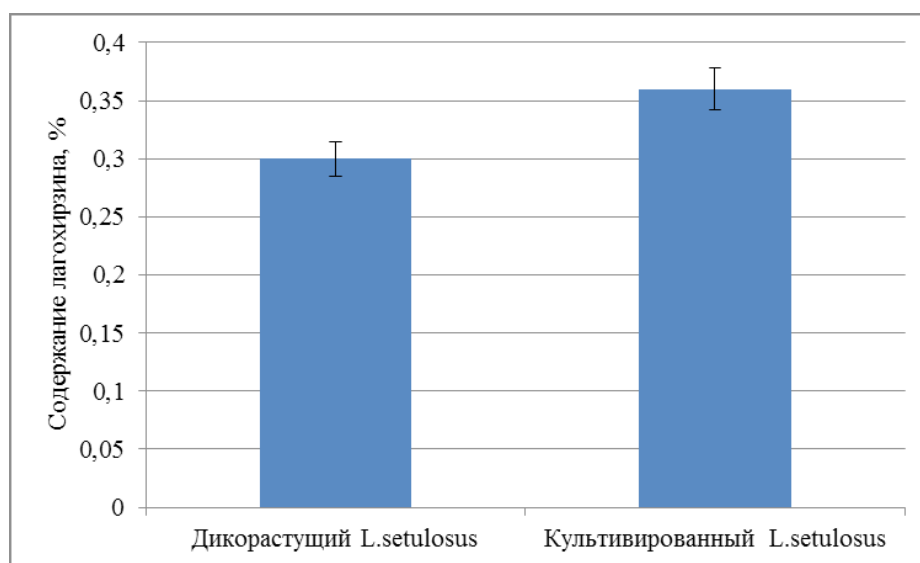


Рисунок 5 – Сравнительное содержание лагохирзина в дикорастущей и культурной формах *L.setulosus*

### Обсуждение результатов

Полученные нами результаты исследований позволяют сделать вывод о том, что в климатических условиях Южно-Казахстанской области наибольшее количество дитерпеноида лагохирзина в фитомассе растений *L.setulosus* накапливается в августе в чашелистиках растения (достигая порядка 0,3% от суховоздушной массы проб).

Результаты интродукции *L.setulosus* позволяют заключить, что данный вид можно возделывать в лабораторных и полевых условиях в целях получения фармацевтического сырья. Растения этого вида хорошо произрастают на типичном сероземе, отзывчивы к минеральному питанию и поливу, но очень чувствительны к высоким дозам азотного питания.

Сравнительное изучение дикорастущей и культурной форм *L.setulosus* в отношении на-

личия дитерпеноида лагохирзина показало, что в культивируемой фитомассе растений содержание лагохирзина на 17-20% больше, чем в дикорастущей. Выявленные закономерности

в динамике накопления лагохирзина, а также в условиях его интродукции использованы в создании биопрепарата гемостатического действия «Сетулин» на этапе выращивания *L.setulosus* [9].

### Литература

- 1 Всемирная организация здравоохранения. Руководящие принципы ВОЗ по надлежащей практике культивирования и сбора (GACP) лекарственных растений. -Женева. – 2003.-86 с.
- 2 Куркин В.А. Фармакогнозия: учебник для студентов фармацевтических вузов (факультетов.). Самара: ООО «Офорт» – 2007. – 840 с.
- 3 Куркин В.А. Основы фитотерапии: учебное пособие для студентов фармацевтических вузов. – Самара: ООО «Офорт». – 2009. – 963 с.
- 4 Пак Р.Н., Тусупбекова М.М., Батралиева А.К., Жугашева С.К., Снопкова В.А., Рахимов К.Д., Адекенов С.М. Ранозаживляющие и антимикробные свойства нейтральной фракции сосновой живицы // Химико-фармацевтический журнал. – 2003.-№6.-С.40.
- 5 Лацврус Л.А., Барышников А.Ю. Растительные терпеноиды как возможные противоопухолевые агенты // Российский биотерапевтический журнал. – 2010.-№1. – С.3-8.
- 6 Зайнутдинов У.Н. и др. Гемостатическая активность дитерпеноидов группы лагохилина и ее связь со структурой // Химия природных соединений. -2002. – Т. 3.- С. 135-136.
- 7 Зайнутдинов У.Н., Алимов Д.Н., Матчанов А.Д, Исламов А.Х., Тлегенов Р.Т., Бозорова Н.Х., Собирова Ф.А. Сравнительное изучение дикорастущей и культурной форм *Lagochilus inebrians* // Химия растительного сырья.-2011.-№2 -С.189-190.
- 8 Bobokulov Kh.M., Levkovich M.G., Islamov A.Kh., Zainutdinov U.N., Abdullaev N.D. Quantitative determination by pmr spectroscopy of Lagochilin in the substance and tablets of the Medicinal preparation Inebrian // Chemistry of natural compounds.-2007.-Vol.43., No 2.– P.149-152.
- 9 Aimenova Zh.E., Eshibaev A.A., Elemanova Zh.R., Abil'daeva R.A., Daulbaj A.D. Effect of Setulin Hemostatic Drug Excipient on the Hemostasis in Rabbits with Experimental Hypocoagulation // Research Journal of Pharmaceutical, Biological and Chemical Sciences. – 2016. – No.1.- P.195.
- 10 Aimenova Zh.E., Eshibaev A.A., Zainutdinov U.N. Research of areas of distribution of valuable medicinal species of plants of *Lagochilus Bunge (Lamiaceae)* genus of South Kazakhstan Territory // IV European conference on biological and medical sciences, Austria. – 2014.-P. 4-9.
- 11 Айменова Ж.Е., Выпова Н.Л., Зайнутдинов У.Н. Сетулин – новый гемостатик на основе сухого экстракта *Lagochilus setulosus* // «Узбекистонда табиий бирик малаар кимёсининг ривожива келажаги» илмий-амалий конференцияси материаллари туплами. – 2016.- С.307-308.
- 12 Айменова Ж.Е., Ешибаев А.А., Зайнутдинов У.Н., Акынова Л.А. Территориальное распространение и биологические свойства растений рода *Lagochilus*, произрастающих в южном регионе Казахстана и Республике Узбекистан // Вестник Семипалатинского государственного университета имени Шакарима – Семей, 2014.-С. 133-137.
- 13 Мараджапова Л.А. Фармакогностическое изучение *Lagochilus Gypsaceus Vved.* – Дисс.... канд. фарм. наук. -Ташкент, 2001 – 120 с.
- 14 Зайнутдинов У.Н. Дитерпеноиды растений рода *Lagochilus*. Дисс. ... доктора хим. наук.- Ташкент, 1993.- 211 с.
- 15 Zainutdinov U.N., Islamov R. and oth. Structure-activity relationship for hemostatic lagochilin diterpenoids // Chemistry of natural compounds.-2002.-Vol.38, №2.- P.161-163.

### References

- 1 The World Health Organization (2003) Supervising principles of WHO on appropriate practice of cultivation and gathering of (GACP) herbs [Rukovodjashhie principy VOZ po nadlezhashhej praktike kul'tivirovaniya i sbora (GACP) lekarstvennyh rastenij]. Geneva, pp.86. (In Russian)
- 2 Kurkin VA (2007) Pharmacognosy: the textbook for students of pharmaceutical high schools (faculties) [Farmakognozija: uchebnik dlja studentov farmacevticheskijh vuzov (fakul'tetov)] 2nd edition, Ofort, Samara, pp. 840. (In Russian)
- 3 Kurkin VA (2009) Bases of phytotherapy: Textbook for students of pharmaceutical High Schools [Uchebnoe posobie dlja studentov farmacevticheskijh vuzov] Ofort, Samara, pp.963. (In Russian)
- 4 Pak RN, Tusupbekova MM, Batralieva AK, Zhugasheva SK, Snopkova VA, Rahimov KD, Adekenov SM (2003) Wound healing and antimicrobial properties of neutral fraction of pinepitch, **Chemistry-pharmaceutical journal [Ranozazhivljajushhie i antimikrobnye svojstva nejtral'noj frakcii osnovnoj zhivicy. Himiko-farmaceuticheskij zhurnal]** 6: 38-40. (In Russian)
- 5 Lacvrus LA, Barishnikov A (2010) Vegetative terpenes as possible antineoplastic agents, The Russian biotherapeutic journal [Rastitel'nye terpenoidy kak vozmozhnye protivopuholevyje agenty. Rossijskij bioterapevticheskij zhurnal] 1: 3-8. (In Russian)

- 6 Zainutdinov UN and others. (2002) Haemostatic activity of diterpenes of lagochilin group and its connection with structure, Chemistry of natural compounds [Gemostaticheskaja aktivnost' diterpenoidov gruppy agohilina i ee svyaz' so strukturoj . Himija prirodnyh soedinenij] 3:135-136. (In Russian)
- 7 Zainutdinov UN, Alimov DN, Matchanov AD, Islamov AH, Tlegenov RT, Bozorova NH, Sobirova FA (2011) Comparative study of wild-growing and cultivated forms of *Lagochilus inebrians*, Chemistry of vegetative raw materials [Srvnitel'noe izuchenie dikorastushhej i kul'turnoj form Lagochilus inebrians. Himija rastitel'nogo syr'ja] 2: 189-190. (In Russian)
- 8 Bobokulov KhM, Levkovich GM, Islamov AKh, Zainutdinov UN, Abdullaev ND (2007) Quantitative determination by pmr spectroscopy of Lagochilin in the substance and tablets of the Medicinal preparation Inebrin, Chemistry of natural compounds, 43 (2): 149-152.
- 9 Aimenova Zh, Eshibaev A, Elemanova Zh, Abil'daeva R, Daulbaj A (2016) Effect of Setulin Hemostatic Drug Excipient on the Hemostasis in Rabbits with Experimental Hypocoagulation, Research Journal of Pharmaceutical, Biological and Chemical Sciences. 7(1): 1951-1955.
- 10 Aimenova Zh, Eshibaev A, Zainutdinov U (2014) Research of areas of distribution of valuable medicinal species of plants of *Lagochilus Bunge (Lamiaceae)* genus of South Kazakhstan Territory, Proceedings of IV European conference on biological and medical sciences, Vienna, Austria. P. 4-9.
- 11 Aimenova Zh, Vipova NL, Zainutdinov UN (2016) Setulin – new hemostatic on the basis of dry extract of *Lagochilus setulosus*, «Uzbekistonda tabiiy birikmalar kimjosining rivozhiva kelazhagi» ilmiy-amaliy konferencijasi materiallari toplami [Setulin – novii gemostatik na baze suhogo ekstrakta *Lagochilus setulosus*. Uzbekistonda tabiiy birikmalar kimjosining rivozhi va kelazhagi» ilmiy-amaliy konferencijasi materiallari toplami] 2:307-308. (In Uzbek)
- 12 Aimenova ZhE, Eshibaev AA, Zainutdinov UN, Akinova LA (2014) Territorial distribution and biological properties of plants of *Lagochilus* genus growing in South Kazakhstan and Republic of Uzbekistan, Shakarim Semipalatinsk State University Bulletin [Territorial'noe rasprostranenie i biologicheskie svoystva rastenij roda Lagochilus, proizrastajushhih v juzhnom regione Kazahstana i Respublike Uzbekistan. Vestnik Semipalatinskogo gosudarstvennogo universiteta imeni Shakarima] 2:133-137. (In Russian)
- 13 Maradzhapova LA (2001) Pharmacognosy studying of *Lagochilus Gypsaceus* Vved. [Farmakognosticheskoe izuchenie Lagochilus Gypsaceus Vved.] PhD Tesis of pharm.sciences, Tashkent, Uzbekistan, pp.71-73. (In Russian)
- 14 Zainutdinov UN (1993) Diterpenes of *Lagochilus* genus plants [Diterpenoidy rastenij roda Lagochilus] Doctoral Tesis of chem.sciences, Tashkent, Uzbekistan, pp. 125-128. (In Russian)
- 15 Zainutdinov UN, Islamov R and others. (2002) Structure-activity relationship for hemostatic lagochilin diterpenoids, Chemistry of natural compounds, 38(2): 161-163.

Аметов А.А., Мухитдинов Н.М.,  
Абидкулова К.Т.,  
Карашолакова Л.Н., Ыдырыс А.

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

**Характеристика растительных  
сообществ с участием *Lonicera  
iliensis* Pojark. в условиях  
среднего течения реки Или**

Ametov A.A., Mukhitdinov N.M.,  
Abidkulova K.T.,  
Karasholakova L.N., Ydyrys A.

Al-Farabi Kazakh National University,  
Kazakhstan, Almaty

**Characteristics of plant  
communities with *Lonicera  
iliensis* Pojark. in the middle flow  
of the river ili**

Әметов Ә.Ә., Мұхитдинов Н.М.,  
Абидкулова К.Т.,  
Қарашолақова Л.Н., Ыдырыс Ә.

Әл-Фараби атындағы Қазақ ұлттық  
университеті, Қазақстан, Алматы қ.

**Іле өзенінің ортаңғы  
ағысындағы *Lonicera iliensis*  
Pojark өсімдігінің қатысы бар  
өсімдіктер қауымдастығының  
сипаттамасы**

В статье дается геоботаническая характеристика и анализ флоры растительных сообществ с участием редкого и эндемичного растения флоры Казахстана *Lonicera iliensis* Pojark., обнаруженного нами в среднем течении реки Или, ниже Капчагайской ГЭС, вблизи села Баканас Балхашского района Алматинской области. В пределах популяции были зарегистрированы 105 видов растений относящихся к 90 родам и 34 семействам. Ведущими семействами являются Asteraceae, Chenopodoaceae, Brassicaceae, Fabaceae и Poaceae. На долю этих пяти семейств приходится 52 вида (50%) флоры растительных сообществ.

Наши наблюдения показали, что жизненное состояние *Lonicera iliensis* здесь удовлетворительное. В пределах данной популяции встречались молодые генеративные, взрослые генеративные и сенильные особи. Однако, здесь возобновление популяции *Lonicera iliensis* идет очень медленно по разным причинам, главные из них – недостаток влаги, интенсивный выпас скота и большая вероятность пожаров, возникающих по вине отдыхающих и рыбаков-любителей. В связи с этим, рекомендуются взять под охрану участки, где встречаются популяции *Lonicera iliensis* в среднем и нижнем течении реки Или (ниже Капчагайской ГЭС) и ввести ее в интродукцию в ботанических садах Республики Казахстан.

**Ключевые слова:** флора, популяция, доминант, жизненная форма, ассоциация, экотип, эдификатор, *Lonicera iliensis*.

The article presents the geobotanical characteristic and analysis of plant communities flora's with the rare and endemic plant species of Kazakhstan flora *Lonicera iliensis* Pojark., found in the middle flow of the Ili River, below the Kapchagai hydropower plant, near the village of Bakanas in Balkhash district of Almaty region. Within population 105 plant species belonging to 90 genera and 34 families were registered. The leading families are Asteraceae, Chenopodoaceae, Brassicaceae, Fabaceae and Poaceae. To the share of these five families are belong 52 species (50%) of plant communities flora.

Our observations have shown that the vital state of *Lonicera iliensis* is satisfactory. Within this population occur young generative, adults generative and senile individuals. However, recovery of *Lonicera iliensis* population is very slow. The causes are different. The main of them –moisture deficit, overgrazing and a high probability of fires caused by the fault of tourists and fishermen. Considering of this, the authors recommend to protect the areas of *Lonicera iliensis* populations which located in middle and lower reaches of the river Ili and to introduce it in the botanical gardens of the Republic of Kazakhstan.

**Key words:** Flora, population, dominant, form of life, association, ecotype, ed- ificator, *Lonicera iliensis*.

Мақалада Іле өзенінің Қапшағай су электростанциясынан төменгі ағысы жағалауынан табылған Қазақстан флорасының сирек кездесетін және эндемдік түрі *Lonicera iliensis* Pojark. өсімдіктер бірлестіктеріне геоботаникалық сипаттама беріліп, флорасына талдау жасалынған. *Lonicera iliensis* популяциясы кездесетін өсімдіктер қауымдарында түтікті өсімдіктердің 34 тұқымдасқа 90 туысқа жататын 105 түрі тіркелген. Жетекші тұқымдастарына Asteraceae, Chenopodiaceae, Brassicaceae, Fabaceae және Poaceae жатады. Біздің бақылауымыз бойынша бұл жердегі *Lonicera iliensis* өсімдігінің тіршілік күйі қанағаттандырарлық жағдайда, бірақ оның популяциясының табиғи жолмен қалпына келуі баяу, оның бірнеше себебі бар. Біріншіден, бұл учаске судың тапшылығына байланысты экологиялық жағынан Алматы облысындағы ең қолайсыз аймақ. Екіншіден, осы аймаққа жаз айларында демалушылар көп келеді және олар өрттің шығуына себепші болады, үшіншіден, жаз айларында бұл жерде мал көп болады. Сондықтан да, *Lonicera iliensis* өсімдігін Қазақстан Республикасының ботаникалық бақтарында, мәдени жағдайда өсіру керек.

**Түйін сөздер:** флора, популяция, доминант, тіршілік формасы, ассоциация, экотип, эдификатор, *Lonicera iliensis*.

**ХАРАКТЕРИСТИКА  
РАСТИТЕЛЬНЫХ  
СООБЩЕСТВ  
С УЧАСТИЕМ *LONICERA  
ILIENSIS* ROJARK.  
В УСЛОВИЯХ  
СРЕДНЕГО ТЕЧЕНИЯ  
РЕКИ ИЛИ****Введение**

*Lonicera iliensis* Rojark. ветвистый кустарник до 1,5 м высоты, с крепкими тонкими ветвями. Старые ветви покрыты сероватой отслаивающейся корой, молодые побеги розовые, коротко-бархатисто-пушистые. Листья узкие, продолговатые, ланцетно-линейные, узкоэллиптические, реже яйцевидно-ланцетные, в среднем около 2,5 см длины и 6-7 мм ширины, с обеих сторон негусто полуприжато волосистые; венчик желтоватый, около 10 мм длины, снаружи густо опушенный. Плоды черновато-синие, почти шаровидные, 6-7 мм длины. Декоративное растение. Редкий вид с резко сокращающимся ареалом. Встречается в бассейне среднего течения реки Или. Не обилен. Значительная часть ареала затоплена водами Капчагайского водохранилища. Размножается семенами. Цветет в мае-июне, плодоносит в июле. Обитает в речных долинах бассейна реки Или и ее притоков (Чарын, Чилик), а также в нижнем поясе гор и предгорных равнинах, в пойменных тугайных местах, тополево-ивовых и кустарниковых зарослях. Мезофит [1,2].

*Lonicera iliensis* зарегистрирована в Красной книге Казахстана [2] как редкий вид с уменьшающимся ареалом, нуждается во всестороннем изучении в ботаническом аспекте. В связи с этим, целью нашего исследования были поиск и определение мест нахождения популяций *Lonicera iliensis*, а также оценка ее современного состояния с учетом новейших данных, полученных на основе использования современных геоботанических и флористических методов.

**Материалы и методы исследований**

Объектом исследования являлась *Lonicera iliensis* Rojark. В процессе работы была дана характеристика растительных сообществ с участием жимолости илийской в геоботаническом и флористическом аспектах по общепринятым методикам [3]. Сбор и сушка гербария проводилась по А.К. Скворцову [4], при определении растений руководствовались «Флорой Казахстана» [5] и «Иллюстрированным определителем растений Казах-

стана» [6]. Номенклатура растений давалась по сводкам С.А. Абдулиной [7] и С.К. Черепанова [8].

### Результаты исследования и их обсуждения

Для выполнения поставленной цели летом 2014 г. была организована экспедиция в Южное Прибалхашье, в ходе которой нам удалось найти популяцию *Lonicera iliensis* в пойме реки Или ниже Капчагайской ГЭС в 3-х км к югу от села Баканас, административного центра Балхашского района Алматинской области.

В пределах популяции были выделены и описаны 3 ценопопуляции. Растительный покров ценопопуляции 1 был представлен ивово-шиповниково-жимолостной ассоциацией (ass. *Lonicera iliensis* – *Rosa iliensis* – *Salix caspica*). Координаты по GPS N 44°45.784', E 076°19.710', высота над уровнем моря 351 м. Почва аллювиально-луговая солончаковая. Проективное покрытие составляет 95-100%. В растительном покрове доминировали кустарники. Это виды ивы, особенно *Salix caspica* и *Rosa iliensis*, заросли которых находятся вдоль главного русла реки Или и ее рукавов с весенним водотоком. *Lonicera iliensis* здесь занимает третью позицию, и ее жизненное состояние удовлетворительное.

Вертикальная проекция растительного покрова первой ценопопуляции состоит из пяти ярусов: первый ярус составляла *Salix caspica* и *Salix michelsonii* высотой 4,5- 5,0 м, второй ярус – *Berberis iliensis* и *Lonicera iliensis* высотой 2,5-3,0 м, третий ярус – *Phragmites communis*, *Rosa iliensis*, *Rosa beggeriana* высотой 1,5-2,0 м, четвертый ярус – *Rumex stenophylla*, *Atraphaxis frutescens*, *Thalictrum colinum*, *Goebelia alopecuroides* высотой 100-120 см, пятый ярус – *Vicia cracca*, *Vicia subvillosa*, *Geum urbanum*, *Krascheninnikovia ceratoides*, *Elymus multicaulis* высотой 40-70 см. Травяной покров достаточно густой и в количественном отношении на единицу площади во много раз превосходит количество кустарников и древесных пород. В пределах этой ценопопуляции нами было зарегистрировано 86 видов сосудистых растений.

Вторая ценопопуляция находилась недалеко от первой, но она располагалась на открытом месте между главным руслом реки Или и ее рукавами. Рельеф – слабо наклонная равнина. Растительный покров был представлен жимолостно-шиповниковой ассоциацией (ass. *Rosa*

*iliensis*, *Rosa beggeriana* – *Lonicera iliensis*). Координаты по GPS N 44°45.772', E 076°19.695', высота над уровнем моря 392 м. Почва аллювиально-луговая солончаковая. Проективное покрытие составляет 95-100%. По всему участку *Lonicera iliensis* и виды шиповника распределены более или менее равномерно. В травяном покрове преобладают представители семейства *Chenopodiaceae*, особенно однолетние сорные виды рода *Suaeda*. Здесь жизненное состояние всех видов кустарников удовлетворительное. Зато в отличном жизненном состоянии находятся однолетние солянки. Вертикальная проекция растительного покрова второй ценопопуляции также состоит из пяти ярусов: первый ярус составляют *Berberis iliensis*, *Tamarix ramosissima* высотой 2,5-3,0 м, второй ярус – *Lonicera iliensis*, *Rosa iliensis*, *Rosa beggeriana* высотой 1,5-2,0 м, третий ярус – *Rumex stenophylla*, *Holostachys belengeriana*, *Goebelia alopecuroides*, *Limonium otolepis* высотой 100-150 см, четвертый ярус – *Krascheninnikovia ceratoides*, *Marrubium vulgare*, *Elymus multicaulis*, *Iris sogdiana* высотой 45-65 см, пятый ярус – *Suaeda altissima*, *Suaeda heterophylla*, *Kochia prostrate*, *Gypsophylla trichotema*, *Zygophyllum fabago* высотой 30-40 см.

Третья ценопопуляция как и первая была расположена вдоль рукава реки Или с весенним водотоком. Растительный покров представлен шиповниково-жимолостной ассоциацией с редким участием *Eleagnus oxycarpa* (ass. *Lonicera iliensis* – *Rosa beggeriana*, *Rosa iliensis*). Координаты по GPS N 44°45.805', E 076°19.727', высота над уровнем моря 392 м. Почва аллювиально-луговая. Проективное покрытие составляет 90-95%. Рельеф бугристый с чередованием неглубоких ложбин вдоль рукава реки, отсюда и густые заросли кустарников и мезофильного разнотравия. Вертикальная проекция растительного покрова третьей ценопопуляции состоит из шести ярусов: первый ярус составляет *Eleagnus oxycarpa* высотой 10-12 м, второй ярус – *Salix caspica*, *Salix michelsonii* высотой 4,5-5,0 м, третий ярус – *Tamarix ramosissima*, *Berberis iliensis* высотой 2,5-3,0 м, четвертый ярус – *Lonicera iliensis*, *Rosa iliensis*, *Rosa beggeriana* высотой 1,5-2,0 м, пятый ярус – *Phragmites communis*, *Epilobium velitimum*, *Apocynum lancifolium*, *Glycyrrhiza uralensis* высотой 100-120 см, шестой ярус – *Hordeum bravisubulatum*, *Echinochloa crus-galli*, *Setaria viridis*, *Carex riparia* высотой 40-70 см.

Весной в период таяния снега и обильных дождей уровень воды в реке Или значительно

поднимается, в результате чего и по рукавам реки течет вода. Однако, с наступлением жары и забором воды в Тасмурунский канал для полива рисовых полей (чеков) Бакбахтинского рисоводческого хозяйства уровень воды в реке Или резко снижается. Происходит отход воды из рукавов и их дно превращается в небольшие болота. В таких заболоченных ложбинах преимущественно растут водно-болотные растения. Их основу составляют *Scirpus triqueter*, *Carex riparia*, *Eleocharis fenuica*, *Phragmites communis*, *Juncus soranthus*, *Echinochloa crus-galli*, *Setaria viridis* и др. Поскольку карбонатность почв высокая, по краям болотистых ложбин, окаймляя их, густо растут *Salicornia europea* и *Aeluropis litoralis*. По бугристым берегам главного русла реки Или и ее рукавов растут густые заросли кустарников. Это прежде всего *Salix caspica*, *Salix michelsonii*, *Rosa iliensis*, *Rosa beggeriana*, *Berberis iliensis* и *Lonicera iliensis*. Единичными экземплярами встречаются молодые особи *Eleagnus oxycarpa* и *Tamarix ramosissima*. В пределах участка этой популяции *Lonicera iliensis* наблюдаются следы давнего пожара. Об этом свидетельствуют отдельные обугленные стволы *Eleagnus oxycarpa*, достаточно толстые, обгоревшие стебли *Tamarix ramosissima* и *Halimodendron halodendron*.

На участках поймы, не подвергшихся пожарам, сохранились настоящие тугайные леса, где растут старовозрастные особи *Eleagnus oxycarpa* и *Populus dieversifolia*. Из древовидных кустарников в тугаях встречаются *Salix caspica*, *Salix michelsonii* и *Salix wilhelmsiana*. По окраинам тугайных лесов встречаются густые заросли *Berberis iliensis*, *Rosa iliensis* и *Rosa beggeriana*. Следует отметить, что *Berberis iliensis* здесь, помимо окраин тугайных лесов, хорошо растет еще в надпойменных террасах. Причем, на высоких бугристых песчаных бортах поймы реки он вместе с *Halimodendron halodendron* создают непроходимые густые заросли, типа искусственной изгороди. Однако, в тугайных лесах *Lonicera iliensis* встречается крайне редко и ее жизненное состояние наихудшее.

В пределах участка популяции *Lonicera iliensis* нами были собраны и определены 105 вида сосудистых растений, относящихся к 90 родам и 34 семействам (таблица). Систематический состав флоры сообществ с участием *Lonicera iliensis* выглядит следующим обра-

зом. Отдел *Equisetophyta* представлен одним видом – *Equisetum ramosissima*. Отдел *Angiospermatophyta* был представлен 103 видами, из которых 83 вида относятся к классу *Dicotyledoneae*, 18 видов – к классу *Monocotyledoneae*. Ведущим семейством является *Asteraceae* – 17 видов (16,3% флоры сообществ). На втором месте находятся семейства *Chenopodiaceae*, *Brassicaceae*, *Fabaceae*, в каждом из них имеется по 9 видов, что вместе составляет 27 видов или 25,9% флоры сообществ. На третьем месте по количеству видов стоит семейство *Poaceae* с 8 видами (7,6%). Из 104 видов сосудистых растений, зарегистрированных в пределах популяции *Lonicera iliensis* 52 вида (50%) принадлежат этим пяти ведущим семействам. Представители первых четырех семейств имеют явное превосходство на любом участке популяции, как по количеству видов, так и по обилию. А виды семейства *Poaceae* имеют превосходство ближе к береговой полосе, как главного русла реки Или, так и ее рукавов, где влажность почвы достаточно высокая. Остальные семейства представлены незначительным количеством видов. Однако, вместе взятые они составляют 50% флоры сообществ. Это говорит о том, что каждый вид в сообществе имеет свою нишу и принимает участие в образовании растительного покрова данной местности. Но, следует отметить, что вдоль основного русла реки Или и ее рукавов, в растительном покрове помимо злаков превосходство имеют и кустарники. Хотя в видовом отношении они намного уступают травянистым компонентам, но зато кустарники растут густыми зарослями и по высоте во много раз превосходят их. Это дает им возможность доминировать в данном сообществе и создавать верхние ярусы. Некоторые крупные кустарники верхнего яруса, такие как виды рода *Salix* (*S. caspica*, *S. michelsonii*, *S. wilhelmsiana*.) имеют определяющее значение, являясь эдификаторами данного сообщества. Естественно, что кроны таких крупных кустарников затеняют определенную площадь, тем самым ограничивая рост и развитие не только травянистых растений, но и невысоких кустарников, в частности, *Lonicera iliensis*. Наши наблюдения показали, что под кронами деревьев и крупных кустарников, даже среди густых зарослей невысоких кустарников (как виды рода *Rosa*), *Lonicera iliensis* встречается крайне редко и находится в плохом жизненном состоянии.

Таблица – Флористический состав популяции *Lonicera iliensis* (с. Баканас)

Семейство, род, вид	Ценопопуляции		
	1	2	3
Отдел <i>Equisetophyta</i> – Хвощевидные			
Класс <i>Equisetopsida</i> – Хвощевые			
Порядок <i>Equisetales</i> – Хвощевые			
I Сем. <i>Equisetaceae</i> Rich. – Хвощевидные			
1. <i>Equisetum ramosissimum</i> Desf. -Хвощ ветвистый	+	-	+
Отдел <i>Angiospermatophyta</i> – Покрытосеменные			
Класс <i>Monocotyledoneae</i> – Однодольные			
II Сем. <i>Poaceae</i> Barnhart – Мятликовые			
2. <i>Aeluropus littoralis</i> (Gouan) Parl. – Прибрежница солончаковая	-	+	-
3. <i>Bromus tectorum</i> L. – Костёр кровельный	+	+	+
4. <i>Echinochloa crusgalli</i> (L.) Roemet Schult. – Ежовник обыкновенный, или куриное просо	+	-	-
5. <i>Elymus multicaulis</i> (Kar. & Kir.) Tzvelev. – Волоснец многостебельный	+	+	+
6. <i>Eremopyrum triticeum</i> (Gaertn.) Nevski – Моргук пшеничный	+	-	+
7. <i>Hordeum brevisubulatum</i> (Trin.) Link. – Ячмень короткоостистый	+	-	+
8. <i>Phragmites australis</i> (Cav.) Trin. ex Steud. – Тростник обыкновенный	+	-	+
9. <i>Setaria viridis</i> (L.) P. Beauv. – Щетинник зелёный	+	-	-
10. <i>Setaria viridis</i> (L.) P.B. Agrost. – Щетинник зелёный	+	+	+
III Сем. <i>Cyperaceae</i> Juss. – Осоковые			
11. <i>Carex pachystylis</i> Gay. – Осока толстостолбиковая	-	+	-
12. <i>Carex riparia</i> Curt. – Осока береговая	+	-	-
13. <i>Carex supina</i> Willd. – Осока приземистая	-	+	-
IV Сем. <i>Juncaceae</i> Juss. – Ситниковые			
14. <i>Juncus soranthus</i> Schrenk. – Ситник кучкоцветный	+	-	+
V Сем. <i>Asparagaceae</i> – Спаржевые			
15. <i>Asparagus soongoricus</i> Iljin. - Спаржа джунгарская	+	+	+
VI Сем. <i>Iridaceae</i> Juss. – Ирисовые			
16. <i>Iris iliensis</i> Pojark. – Касатик илийский	+	+	+
17. <i>Iris sogdiana</i> Bunge. – Касатик согдийский	+	+	+
Класс <i>Dicotyledoneae</i> – Двудольные			
VII Сем. <i>Salicaceae</i> Mirb. – Ивовые			
18. <i>Salix caspica</i> Pall. – Ива каспийская	+	+	+
19. <i>Salix michelsonii</i> Goerz ex Nas. – Ива Михельсона	+	-	+
20. <i>Salix wilhelmsiana</i> M. Bieb. – Ива Вильгельмса	+	-	+
VIII Сем. <i>Moraceae</i> Link. – Тутовые			
21. <i>Cannabis ruderalis</i> Janisch. – Конопля сорная	+	+	+
IX Сем. <i>Polygonaceae</i> Juss. – Гречишные			
22. <i>Atraphaxis frutescens</i> (L.) K. Koch. – Курчавка кустарниковая	+	+	+
23. <i>Polygonum corrigioloides</i> Jaub. & Spach. – Горец спорышевидный	+	+	+
24. <i>Rumex stenophyllus</i> Ledeb. – Щавель узколистный	+	+	+
X Сем. <i>Chenopodiaceae</i> Vent. – Маревые			
25. <i>Chenopodium</i> вид <i>acuminatum</i> Willd. – Марь остроконечная	+	+	+
26. <i>Halostachys belangeriana</i> (Moq.) Botsch. – Соляноколосник каспийский	-	+	-
27. <i>Kochia prostrata</i> (L.) Schrad. – Кохия простёртая	-	+	-
28. <i>Krascheninnikovia ceratoides</i> (L.) Schrad. – Терескен роговидный	-	+	-
29. <i>Salsola foliosa</i> (L.) Schrad. – Солянка многолистная	+	+	+
30. <i>Suaeda altissima</i> (L.) Pall. – Сведа высокая	+	+	+
31. <i>Suaeda corniculata</i> (C.A. Mey.) Bunge – Сведа рожконосная	+	+	+
32. <i>Suaeda heterophylla</i> (Kar. & Kir.) Bunge – Сведа разнолистная	+	+	+



Семейство, род, вид	Ценопопуляции		
	1	2	3
XI Сем. <i>Caryophyllaceae</i> Juss. – Гвоздичные			
33. <i>Gypsophila trichotoma</i> Wend. – Качим триждывильчатый	+	+	+
XII Сем. <i>Ranunculaceae</i> Juss. – Лютиковые			
34. <i>Clematis orientalis</i> L. – Ломонос восточный	+	+	+
35. <i>Thalictrum collinum</i> Wallr. – Василистник холмовой	+	+	+
XIII Сем. <i>Berberidaceae</i> Juss. – Барбарисовые			
36. <i>Berberis iliensis</i> M.Pop. – Барбарис илийский	+	+	+
XIV Сем. <i>Brassicaceae</i> Burnett – Капустные			
37. <i>Alisum desertorum</i> Stapf. – Бурачок пустынный	-	+	-
38. <i>Berteroa incana</i> (L.) DC – Икотник серый	+	+	+
39. <i>Camelina microcarpa</i> Andrz. – Рыжик мелкоплодный	+	+	+
40. <i>Capsella bursa-pastoris</i> (L.) Medic. – Сумочник пастуший	-	+	+
41. <i>Cardamine impatiens</i> L. – Сердечник недотрога	+	-	+
42. <i>Cardaria draba</i> (L.) Desv. – Сердечница крупковая	+	+	+
43. <i>Meniocus linifolius</i> (Stephan) DC – Плоскоплодник льнолистный	+	+	+
44. <i>Sisymbrium loeselii</i> L. – Гулявник Лезелиев	+	+	+
45. <i>Thlaspi arvense</i> L. – Ярутка полевая	+	+	+
XV Сем. <i>Rosaceae</i> Juss. – Розоцветные			
46. <i>Geum urbanum</i> L. – Гравилат городской	-	+	+
47. <i>Potentilla canescens</i> Besser – Лапчатка седоватая	-	+	-
48. <i>Potentilla supina</i> L. – Лапчатка низкая	+	+	+
49. <i>Rosa beggeriana</i> Schrenk – Шиповник Беггеровский	+	+	+
50. <i>Rosa iliensis</i> Chrshan. – Шиповник илийский	+	+	+
51. <i>Rubus caesus</i> L. – Ежевика сизая	+	-	+
XVI Сем. <i>Fabaceae</i> Lindl. – Бобовые			
52. <i>Glycyrrhiza uralensis</i> Fisch. – Солодка уральская	+	+	+
53. <i>Goebelia alopecuroide</i> L. – Брунец лисохвостный	+	+	+
54. <i>Halimodendron halodendron</i> (Pall.) Voss. – чингиль серебристый	+	+	+
55. <i>Lathyrus pratensis</i> L. – Чина луговая	+	-	+
56. <i>Lotus frondosus</i> (Freyn) Kurgian. – Лядвенец густолиственный	+	+	+
57. <i>Medicago lupulina</i> L. – Люцерна хмелевидная	+	-	+
58. <i>Trigonella arcuata</i> C.A. Mey. – Пажитник дугобразный	+	+	+
59. <i>Vicia cracca</i> L. – Горошек мышиный	+	-	+
60. <i>Vicia subvillosa</i> (Ledeb.) – Горошек мелковолосый	+	-	+
XVII Сем. <i>Zygophyllaceae</i> R. BR. – Парнолистниковые			
61. <i>Tribulus terrestris</i> – Якорцы стелющиеся	-	+	+
62. <i>Zygophyllum fabago</i> L. – Парнолистник обыкновенный	-	+	-
XVIII Сем. <i>Euphorbiaceae</i> Juss. – Молочайные			
63. <i>Euphorbia microcarpa</i> Prokh. – Молочай мелкоплодный	+	+	+
XIX Сем. <i>Malvaceae</i> Juss. – Мальвовые			
64. <i>Althaea armeniaca</i> Ten. – Алтей армянский	-	+	-
XX Сем. <i>Tamaricaceae</i> Link – Гребенци ковые			
65. <i>Tamarix ramosissima</i> Ledeb. – Гребенщик многоветвистый	+	+	+
XXI Сем. <i>Elaeagnaceae</i> Juss. – Лоховые			
66. <i>Elaeagnus oxycarpa</i> Schlecht. – Лох остроплодный	+	+	+
XXII Сем. <i>Lythraceae</i> J. St.- Hil. – Дербенниковые			
67. <i>Lythrum virgatum</i> L. – Дербенник притевидный	+	+	+
XXIII Сем. <i>Onagraceae</i> Juss. – Кипрейные			
68. <i>Epilobium velutinum</i> Nevski – Кипрей бархатистый	+	-	+

Семейство, род, вид	Ценопопуляции		
	1	2	3
XXIV Сем. <i>Primulaceae</i> Vent. – Первоцветные			
69. <i>Primula longiscapa</i> Ledeb. – Первоцвет длиннострелочный	-	-	+
XXV Сем. <i>Plumbaginaceae</i> Juss. – Свинчатковые			
70. <i>Limonium otolepis</i> (Schrenk) Kuntze – Кермек ушколистный	-	+	-
XXVI Сем. <i>Apocynaceae</i> Juss. – Кутровые			
71. <i>Apocynum lancifolium</i> Russan. – Кендырь ланцетолистный	+	-	+
XXVII Сем. <i>Asclepiadaceae</i> R. Br. – Ластовневые			
72. <i>Cynanchum sibiricum</i> Willd. – Цинанхум сибирский	+	+	+
XXVIII Сем. <i>Boraginaceae</i> Juss. – Бурачниковые			
73. <i>Echium vulgare</i> L. – Синяк обыкновенный	+	+	+
74. <i>Lappula macrantha</i> (Ledeb.) Gurke – Липучка крупноцветковая	+	+	+
XXIX Сем. <i>Lamiaceae</i> Lindl. – Яснотковые			
75. <i>Marrubium vulgare</i> L. – Шандра обыкновенная	+	+	+
76. <i>Mentha arvensis</i> L. – Мята полевая	+	+	+
77. <i>Mentha asiatica</i> Boriss – Мята азиатская	+	+	+
78. <i>Prunella vulgaris</i> L. – Черноголовка обыкновенная	+	+	+
79. <i>Salvia deserta</i> Schang. – Шалфей пустынный	+	+	+
80. <i>Thymus marschallianus</i> Willd. – Тимьян Маршаллиевский	+	+	+
81. <i>Ziziphora bungeana</i> Juz. – Зизифора Бунговская	+	-	-
XXX Сем. <i>Solanaceae</i> Juss. – Пасленовые			
82. <i>Hyoscyamus niger</i> L. – Белена черная	+	+	+
83. <i>Lucium ruthenicum</i> Murray – Дереза русская	-	+	-
XXXI Сем. <i>Scrophulariaceae</i> Juss. – Норичниковые			
84. <i>Dodartia orientalis</i> L. – Додартия восточная	+	+	+
85. <i>Verbascum thapsus</i> L. – Коровяк обыкновенный	+	+	+
XXXII Сем. <i>Plantaginaceae</i> Juss. – Подорожниковые			
86. <i>Plantago lanceolata</i> L. – Подорожник ланцетолистный	+	+	+
87. <i>Plantago major</i> L. – Подорожник большой	+	+	+
XXXIII Сем. <i>Caprifoliaceae</i> Juss. – Жимолостные			
88. <i>Lonicera iliensis</i> Pojark. – Жимолость илийская	+	+	+
XXXIV Сем. <i>Asteraceae</i> Dumort. – Астровые			
89. <i>Achillea asiatica</i> L. – Тысячелистник азиатский	+	+	+
90. <i>Artemisia dracunculus</i> L. – Полынь эстрагон	+	+	+
91. <i>Artemisia nitrosa</i> L. – Полынь селитряная	-	+	-
92. <i>Artemisia vulgaris</i> (Pall.) – Полынь обыкновенная	+	-	+
93. <i>Carduus crispus</i> L. – Чертополох курчавый	+	-	+
94. <i>Centaurea pulchella</i> Ledeb. – Василек красивый	+	+	+
95. <i>Centaurea squarrosa</i> Willd. – Василек растопыренный	+	+	+
96. <i>Cichorium intybus</i> L. – Цикорий обыкновенный	+	-	+
97. <i>Erigeron Canadensis</i> L. – Мелкопестник канадский	+	-	+
98. <i>Galatella fastigiiformis</i> Novopokr. – Солонечник щитковидный	+	+	+
99. <i>Inula caspica</i> Blume in Ledeb. – Девясил каспийский	+	+	+
100. <i>Lactuca tatarica</i> (L.) С.А.Меу. – Латук татарский	+	-	+
101. <i>Onopordum acanthium</i> L. – Татарник колючий	+	+	+
102. <i>Saussurea salsa</i> (Pall.) Spreng. – Соссюрея солончаковая	+	+	+
103. <i>Senecio fluviatilis</i> Wallr. – Крестовник приречный	+	+	+
104. <i>Taraxacum officinale</i> Wigg. – Одуванчик лекарственный	+	+	+
105. <i>Xanthium strumarium</i> L. – Дурнишник обыкновенный	+	-	+

Что касается жизненных форм растений, то, примерно, половина видов (53 вида или 50,9%) встречающихся в пределах популяции *Lonicera iliensis*, составляют гемикриптофиты, т.е. многолетние травянистые растения. На втором месте стоят терофиты, т.е. одно-, двулетние растения (35 видов или 33,6%) с ускоренным циклом развития. Их много в семействах *Brassicaceae* (9 видов) и *Chenopodiaceae* (6 видов). Третью позицию занимают нано- и микрофанерофиты, иначе кустарники и кустарнички (11 видов или 10,5%). Макрофанерофиты, иначе крупные деревья, представлены одним видом – *Eleagnus oxycarpa*. Хамеофиты, куда входят полукустарнички, представлены двумя видами – *Kochia prostrata*, *Krascheninnikovia ceratoides*.

По экологическому типу во флоре сообществ с участием *Lonicera iliensis* преобладают мезофиты (29 видов; 30,1%). Ксерофиты представлены 20 видами (19,2%), галофиты – 8 видами (7,6%), а гигрофиты – всего лишь тремя видами (*Phragmites communis*, *Carex riparia*, *Eleocharis tenuica*), что составляет 2,8% флоры. Один вид – *Clematis orientalis* является лианой. Эндемичных видов было четыре. Это *Lonicera iliensis*, *Berberis iliensis*, *Euphorbia microcarp* и *Lappula macrantha*.

По классификации Н.В. Павлова [9] в пределах популяции *Lonicera iliensis* нами было выявлено 18 групп хозяйственно полезных растений. Первое место, без сомнения, принадлежит противозерозионным растениям. Все виды растений, встречающиеся здесь, включая одно-, двулетники, в определенной степени принимают участие в закреплении грунта. Естественно, в этом отношении особое место принадлежит деревьям и крупным кустарникам, чьи корни проникают достаточно глубоко и простираются горизонтально от 5 до 10 м и более. Не меньшую роль в закреплении грунта играют корневищные и корнеотпрысковые растения. Они растут сплошными зарослями, образуя клоны. При этом, их корни сильно переплетаясь между собой, образуют густую сеть корневых мочек, тем самым хорошо защищают почву от водной и ветровой эрозии. Из кустарников к ним относятся *Rosa iliensis*, *Rosa beggeriana*, *Halimodendron halodendron* и *Berberis iliensis*, а из травянистых растений – *Goebelia alopecuroides*, *Glycyrrhiza uralensis*, *Equisetum ramosissima*, *Acroptilon austriale*, *Phragmites communis*, *Aeluropis litoralis*. Второе место занимают кормовые растения – 78 видов (70,0%), из них 30 видов (28,8%) поедаются скотом отлично и хорошо, столько же видов

поедаются удовлетворительно, 18 видов (17,3%) поедаются плохо, только в бескормицу. Третье место занимают сорные растения – 34 вида (32,6%), четвертое место – лекарственные растения с 13 видами (12,5%). Пятое место занимают декоративные и ядовитые растения, в каждом из них имеется по 11 видов, что вместе составляет 21,1% флоры сообществ. Шестую позицию занимают медоносные растения с 9 видами (8,6%). На седьмом месте находятся пищевые и жирномасличные растения с 7 видами в каждом (6,7%), что вместе взятое составляет 13,4%. Далее в нисходящем порядке идут эфирномасличные (5 видов; 4,8%), инсектицидные (5 видов; 4,8%), технические (3 вида; 2,8%), красильные (3 вида; 2,8%), дубильные (3 вида; 2,8%), витаминные (3 вида; 2,8%), волокнистые (3 вида; 2,8%). Плетеночные (*Salix caspica*) и пряные (*Artemisia dracuncululus*) представлены по одному виду. Многие виды полезных групп растений имеют комплексное значение. Например, *Glycyrrhiza uralensis* из семейства *Fabaceae* одновременно является техническим, лекарственным, пищевым, кормовым и волокнистым растением; *Marrubium vulgare* из семейства *Lamiaceae* – лекарственным, эфирномасличным, медоносным и сорным; *Echium vulgare* из семейства *Boraginaceae* – красильным, медоносным, ядовитым и сорным; *Salix caspica* из семейства *Salicaceae* – декоративным, плетеночным, дубильным и медоносным.

Таким образом, изучение растительных сообществ с участием *Lonicera iliensis* в дельте реки Или в районе с. Баканас Балхашского района Алматинской области в геоботаническом и флористическом аспектах показали, что в пределах этой популяции можно выделить три ценопопуляции. Каждая из них отличается друг от друга своеобразным растительным покровом, флористическим составом, рельефом местности, режимом увлажнения, вертикальной и горизонтальной структурой. В пределах популяции нами зарегистрировано 104 видов растений, из них 54 вида (51,9%) оказались общими для всех трех ценопопуляций; 79 вида (75,9%) общими для первой и третьей ценопопуляций, 28 вида (26,9%) встречаются в пределах только второй ценопопуляции. Это вполне соответствует рельефу местности и режиму увлажнения. Первая и вторая ценопопуляции были расположены вдоль главного русла реки Или и ее рукавов. Поэтому влажность почвы в этих двух ценопопуляциях была повышенной, а рельеф участков был идентичным. Отсюда большое сходство флористического состава. Вторая ценопопуля-

ция располагалась на открытом месте, вдали от источника влаги и имела равнинный рельеф. Поэтому главные компоненты растительного покрова и флористический состав был несколько иным. В целом жизненное состояние редкого и эндемичного растения *Lonicera iliensis* здесь удовлетворительное. В пределах популяции встречаются молодые генеративные, взрослые генеративные и сенильные особи. *Lonicera iliensis* размножается только семенным путем. К сожалению, нам не удалось найти ювенильных особей. Это наводит на мысль, что возобновление *Lonicera iliensis* естественным путем идет очень медленно. Возможно это связано с недостатком семян. Так, как плодами *Lonicera iliensis* кормятся многочисленные птицы, в частности, фазаны, воробьи и другие пернатые, а также мелкие грызуны. С другой стороны, если даже появятся всходы, то они в густых зарослях кустарников и высоких трав из-за недостатка освещения быстро погибают. Как показали наши наблюдения, *Lonicera iliensis* предпочитает открытое, хорошо освещенные и обеспеченные влагой участки. Она плохо переносит затенение и не выдерживает конкуренции. Из-за того, что *Lonicera iliensis* кустарник неколючий, местное население использует ее на топливо. Участок, где растет *Lonicera iliensis*, расположен недалеко от села Баканас, что является центральной усадьбой Балхашского района Алматинской области. Здесь летом очень много отдыхающих рыболовов-любителей, которые не только засоряют береговую полосу реки Или пищевыми отходами, стеклянными

бутылками, пластмассовыми сосудами, консервными банками, газетными бумагами, целлофановыми пакетами, но и оставляют после себя непогашенные костры, что нередко служит причиной возникновения пожара. Помимо этого, здесь почти круглый год, особенно летом, большое скопление скота. На водопой спускаются отары овец, табунами лошади и большое количество крупного рогатого скота. Они достаточно долго находятся в период летней жары возле воды, охлаждаются и после спада жары пасутся в пойменных лугах и тугаях. Естественно, при этом растаптываются всходы и ювенильные особи *Lonicera iliensis* без того редкого нуждающегося в охране растения. Еще одно опасение это ухудшение экологической обстановки в среднем и нижнем течении реки Или и региона в целом, из-за дефицита влаги. Если ухудшение экологической обстановки региона по прежнему будет продолжаться в таком темпе, как это происходило последние 40-45 лет, то вполне вероятно, что *Lonicera iliensis* в ближайшем будущем в среднем и нижнем течении реки Или попросту исчезнет. Поэтому возникает необходимость немедленной интродукции *Lonicera iliensis* в ботанических садах Республики Казахстан, в первую очередь в Илийском экспериментальном ботаническом саду. Так как почвенно-климатические условия Илийского ботанического сада для этого идеально подходят. Единственное что требуется от нас это организовать полив своевременно. Только так можем сохранить столь ценное, редкое и эндемичное растение *Lonicera iliensis*.

#### Литература

- 1 Винтерголлер Б.А. Редкие растения Казахстана. – Алма-Ата: Изд-во «Наука» КазССР, 1976. – 200 с.
- 2 Красная Книга Казахстана. Том 2. Часть 1. Растения. – Алматы, 2014. – 452 с.
- 3 Полевая геоботаника. – М. – Л.: Изд-во АН СССР, 1959-1976. – Тт. 1-5.
- 4 Скворцов А.К. Гербарий. Пособие по методике и технике. – М.: «Наука», 1977. – 199 с.
- 5 Флора Казахстана. – Алма-Ата: Изд-во АН КазССР, 1972. – Т. 2. – С. 283-290.
- 6 Иллюстрированный определитель растений Казахстана. – Алма-Ата: Наука, 1969-1972. – Тт.1 – 2.
- 7 Абдулина С.А. Список сосудистых растений Казахстана. – Алматы, 1972. – 187 с.
- 8 Черепанов С.К. Сосудистые растения России и сопредельных государств. – СПб., 1995. – 990 с.
- 9 Павлов Н.В. Растительное сырье Казахстана (Растения: их вещества и использование). – Ленинград: Изд-во АН СССР, 1947. – 552 с.

#### References

- 1 Vintergoller BA (1976) Rare plants of Kazakhstan, Almaty, Publishing house “Science” of the Kazakh SSR [Redkie rastenija Kazahstana. Alma-Ata. Izd-vo «Nauka» KazSSR] pp.200. (In Russian)
- 2 The Red Data Book of Kazakhstan (2014) Part 1: Plants, Almaty [Krasnaja kniga Kazahstana. Rastenija. Almaty] 2(1):452. (In Russian)

- 3 Field geobotany (1959-1976), M.- L., Publishing House of the USSR Academy of Sciences [Polevaja geobotanika. M.- L. Izd-vo AN SSSR] 1-5. (In Russian)
- 4 Skvortsov AK (1977) Herbarium. Manual techniques and technology, M., "Nauka" [Gerbarij. Posobie po metodike i tehnike. M. «Nauka»] pp.199 (In Russian)
- 5 Flora of Kazakhstan (1956-1966), Almaty, Publishing House of the Kazakh SSR [Flora Kazahstana. Alma-Ata. Izd-vo AN KazSSR] 1-9. (In Russian)
- 6 Illustrated Manual of the plants of Kazakhstan (1969 -1972), Alma-Ata, Science [Illjustrirovannyj opredelitel' rastenij Kazahstana. Alma-Ata. Nauka] 1 – 2. (In Russian)
- 7 Abdulina SA (1999) List of vascular plants of Kazakhstan, Almaty [Spisok sosudistyh rastenij Kazahstana. Almaty] pp.187. (In Russian)
- 8 Cherepanov SK (1995) Vascular plants of Russia and neighboring countries, St. Petersburg [Sosudistye rastenija Rossii i sopredel'nyh gosudarstv. SPb.] pp. 990. (In Russian)
- 9 Pavlov NV (1947) Vegetable materials of Kazakhstan (Plants: their substances and use), Leningrad, Publishing House of the USSR Academy of Sciences [Rastitel'noe syr'e Kazahstana (Rastenija: ih veshhestva i ispol'zovanie). Leningrad. Izd-vo AN SSSR] pp. 552. (In Russian)

Музыкакина Р.А.,  
Курбатова Н.В.,  
Корулькин Д.Ю.

Казахский национальный университет  
имени аль-Фараби,  
Казахстан, г. Алматы

**Компонентный состав и  
биологическая активность  
полифенольных метаболитов  
*Rumex tianschanicus* A. Los.**

Muzychkina R.A.,  
Kurbatova N.V.,  
Korulkin D.Yu.

Al-Farabi Kazakh National University,  
Kazakhstan, Almaty

**Component composition  
and biological activity of  
polyphenolic metabolites of  
*Rumex tianschanicus* A. Los.**

Музыкакина Р.А.,  
Курбатова Н.В.,  
Корулькин Д.Ю.

Әл-Фараби атындағы Қазақ ұлттық  
университеті, Қазақстан, Алматы қ.

***Rumex tianschanicus* A. Los.  
полифенолды метаболиттердің  
компонентті құрамы және  
биологиялық белсенділігі**

В статье, на основании анализа данных по биологической активности суммарных фитопрепаратов и индивидуальных веществ растений рода *Rumex* L. показана актуальность изучения казахстанских видов щавелей. Обоснована перспективность использования щавеля тяньшанского в качестве сырья для получения фитопрепаратов полифенольного типа. Приведены сравнительные данные количественного фитохимического и качественного компонентного анализа антоциановых, антрахиноновых, кумариновых и флавоноидных метаболитов в листьях, стеблях и корнях *Rumex tianschanicus* A. Los. Выявлены особенности динамики накопления биологически активных веществ в зависимости от фазы вегетации растения. Приведена модифицированная авторами методология извлечения полифенольных метаболитов щавеля тяньшанского. Проведено препаративное ВЭЖХ разделение и аналитический контроль индивидуальных веществ *Rumex tianschanicus* A. Los. с использованием аутентичных образцов. Для 3 выделенных антоцианидинов, 6 антрахинонов, 4 кумаринов и 7 флавоноидов щавеля была изучена их активность по отношению к грамположительным бактериям *Staphylococcus aureus*, *Bacillus subtilis*, грамотрицательным бактериям *Pseudomonas aeruginosa*, *Escherichia coli*, и дрожжевому грибку *Candida albicans*. Выявлены компоненты, показавшие активность и превышающие антибактериальное действие гентамицина и натриевой соли бензилпенициллина, а также противогрибковую активность нистатина.

**Ключевые слова:** *Rumex tianschanicus* A. Los., антоцианидины, антрахиноны, кумарины, флавоноиды, антибактериальная активность.

Relevance of studying of *Rumex* L. species from Kazakhstan, on the base of analysis of complex phytopreparations and individual substances of *Rumex* L. plants, given on biological activity, has been shown. Prospects of use of *Rumex tianschanicus* A. Los. as raw materials for preparation of polyphenolic phytopreparations, have been proved. Comparative results of the quantitative phytochemical and qualitative component analysis of anthocyanin, anthraquinone, coumarin and flavonoid metabolites in leaves, stalks and the roots of *Rumex tianschanicus* A. Los., have been presented. Features of dynamics of accumulation of biologically active substances, depending on vegetation phase of plant, have been revealed. Modified methodology of extraction of polyphenolic metabolites of *Rumex tianschanicus* A. Los., has been represented. HPLC preparative separation and analytical determination of individual substances of *Rumex tianschanicus* A. Los., with use of authentic samples, has been carried out. Activity against *Staphylococcus aureus*, *Bacillus subtilis* gram-positive bacteria, *Pseudomonas aeruginosa*, *Escherichia coli* gram-negative bacteria and a *Candida albicans* fungal yeast, for 3 extracted anthocyanins, 6 – anthraquinones, 4 – coumarins, – 7 – flavonoids, was investigated. Substances which have shown the activity, exceeding antibacterial effect of gentamycin and sodium salt of benzylpenicillin, and also antifungal effect of nystatin have been revealed.

**Key words:** *Rumex tianschanicus* A. Los., anthocyanins, anthraquinones, coumarins, flavonoids, antibacterial activity.

Мақалада *Rumex* L. туысы өсімдігінің жеке заттары мен фитопрепараттар жиынтығының биологиялық белсенділігі бойынша мәліметтерді талдау негізінде қымыздықтың қазақстандық түрлерін зерттеудің өзектілігі көрсетілген. Полифенолды типті фитопрепараттарды алу үшін шикізат ретінде тяньшань қымыздығын қолданудың перспективалылығы дәлелденген. *Rumex tianschanicus* A. Los. өсімдігінің жапырақ, сабақ және тамырларындағы антоцианды, антрахинонды, кумаринді және флавоноидты метаболиттердің сандық фитохимиялық және сапалық компонентті талдаудың салыстырмалы мәліметтері келтірілген. Өсімдіктің вегетациялық фазасына тәуелді биологиялық белсенді заттардың жиналуы динамикасының ерекшеліктері анықталған. Тяньшань қымыздығынан полифенолды метаболиттерді алудың жетілдірілген методологиясы авторлармен келтірілген. Аутентті үлгілерді қолдану арқылы *Rumex tianschanicus* A. Los. өсімдігінің жеке заттарын препаративті ЖЭСХ бөлу мен аналитикалық бақылау жүргізілген. Қымыздықтан алынған 3 антоцианидиндер, 6 антрахинондар, 4 кумариндер мен 7 флавоноидтардың *Staphylococcus aureus*, *Bacillus subtilis* грам оң, *Pseudomonas aeruginosa*, *Escherichia coli* грам теріс бактерияларға және *Candida albicans* ашытқы саңырауқұлағына қатысты белсенділіктері зерттелді. Бензилпенициллин натрий тұзының және гентамициннің антибактериалды әсерін арттыру белсенділігін, сондай-ақ нистатиннің саңырауқұлаққа қарсы белсенділігін көрсететін компоненттер анықталды.

**Түйін сөздер:** *Rumex tianschanicus* A. Los., антоцианидиндер, антрахинондар, кумариндер, флавоноидтар, антибактериалды белсенділік.

**КОМПОНЕНТНЫЙ  
СОСТАВ И  
БИОЛОГИЧЕСКАЯ  
АКТИВНОСТЬ  
ПОЛИФЕНОЛЬНЫХ  
МЕТАБОЛИТОВ *RUMEX  
TIANSCHANICUS* A.  
LOS.**

**Введение**

Природные растительные ресурсы Казахстана являются богатейшим источником перспективных биологически активных веществ для использования в медицине и сельском хозяйстве. Известно, что растения всегда были, и будут служить неиссякаемым источником новых лечебных препаратов, а растительная клетка навсегда останется как модель экономичной лаборатории по созданию биологически активных веществ для лечения и профилактики различных заболеваний. Одним из наиболее перспективных для разработки отечественных фитопрепаратов является род *Rumex* L., который во флоре Казахстана представлен 23 видами, 5 из которых являются фармакопейными [1, 2].

Различные виды щавелей издавна используются народной и официальной медициной разных стран, например, корни, трава и семена щавеля водного известны в качестве вяжущего средства при поносах и как кровоостанавливающее при внутренних кровотечениях. Отвар корней представляет хорошее противогнилостное и противочинготное средство; измельченные корни и листья употребляются для лечения гнойных и кровоточащих ран, семена используются при лечении дизентерии [3, 4].

Препараты из корней щавелей конского и тяньшанского могут проявлять двоякое действие на желудочно-кишечный тракт: в малых дозах вяжущее, хорошее средство для лечения поносов, в больших дозах – слабительное. Кроме того, эти растения обладают спазмолитическим, гипотензивным и успокаивающим действием. Особенно хорошо действуют водные отвары семян при лечении поносов у детей, главным образом в тех случаях, когда не эффективны или плохо переносятся другие препараты [5]. Щавель тяньшанский приобрел большее значение в связи с выделением из его корней препарата катехинов и лейкоантоцианов с противоопухолевой активностью: внутрибрюшинное введение его животным тормозило рост некоторых опухолей до 70%. Известно вяжущее, противоглистное и кровоостанавливающее действие при колитах, энтероколитах, геморрое, а также наружно в виде полосканий при стоматитах, ангине и других заболеваниях ротовой полости и горла. В клинике успешно испытывали препараты щавеля тяньшанского и как желчегонное

и витаминное средство, препарат Хризаробин – при лечении псориаза [6].

В народной медицине щавель тяньшанский употребляется при цинге, им лечат подагру, ревматизм, наружно применяют при чесотке, лишаях, экземах, ожогах. Препараты этого растения используют при болезнях верхних дыхательных путей, фронтите [3, 7].

Корневища щавеля курчавого обладают слабительным свойством, а семена действуют закрепляюще при поносах. В гомеопатической практике его применяют при царапающем кашле, туберкулезе гортани и при поносах. Указывается также на употребление корней этого вида как противочинготного и противогнилостного средства, а сухого порошка из корней – при чистке зубов для укрепления десен [3].

Щавель пирамидальный в народной медицине известен как средство против поносов и опухолей. В тибетской медицине листья и корни этого растения использовали как ранозаживляющее, при ранах, фурункулах, при водянке, вздутии и отеках всего тела. Фармакологическими исследованиями установлена высокая Р-витаминная активность препаратов флавоновых веществ из корней щавеля пирамидального [8].

Таким образом, щавели с учетом достаточности их дикорастущих запасов являются перспективным сырьем для производства дубителей, для использования в медицине, а также для производства экологически чистых и безвредных красителей, в том числе для пищевой промышленности.

Целью настоящей работы было определение морфолого-диагностических особенностей, фитохимического состава полифенольного комплекса казахстанского вида *Rumex tianschanicus* A. Los. и выявление новых биологически активных компонентов щавеля тяньшанского.

### Материалы и методы исследования

Объектом исследования был выбран казахстанский вид *Rumex tianschanicus* A. Los. (щавель тяньшанский), заготовленный в 2015 г. в 4 фазы вегетации в предгорьях Заилийского Алатау, имеющий промышленные запасы на территории Республики Казахстан.

При изготовлении и описании препаратов использовались общепринятые в анатомии растений методы [9, 10]. Анатомические препараты изготовлены с помощью микротомы с замораживающим устройством ОЛ-ЗСО («Инмедпром», Россия), а также сделаны вручную – с помощью

обыкновенных бритв, с двояковогнутым лезвием. Изменение величины эпидермальных клеток и устьиц, диаметра эфиромасличных железок проведено в десятикратных повторениях при увеличении бинокулярного микроскопа («Micros MC 20», Austria) 7x40 (280<sup>x</sup>).

Для проведения фитохимического анализа щавеля тяньшанского, стели, листья и корни растения, высушивали, измельчали до размера частиц 3-7 мм и использовали для экстракции индивидуальными и смешанными экстрагентами (50% водным этанолом, диоксаном, хлороформом, 1:5 v/v, 4 ч., при температуре кипения экстрагента). Качественный состав растительных метаболитов в каждом из экстрактов определяли методами хроматографии на бумаге с использованием специфических реакций на основные группы природных соединений. Количественное определение обнаруженных групп природных соединений проводили по методикам Государственной фармакопеи и разработанной авторами методологии фитохимического анализа [2, 11, 12].

Препаративное разделение и анализ индивидуальных компонентов *Rumex tianschanicus* A. Los. проводили на ВЭЖХ хроматографе DuPont 8800 («E.I. du Pont de Nemours and Company», США) в условиях обращенно-фазового процесса, с использованием аутентичных образцов аутентичных образцов кафедры химии и технологии органических веществ, природных соединений и полимеров КазНУ им. аль-Фараби (антоцианы, антрахиноны, кумарины, флавоноиды). Антоциановые пигменты растения разделяли на индивидуальные компоненты и анализировали с использованием неподвижной фазы (НФ) – Inertsil ODS-C<sub>8</sub> («GL Sciences», США) и подвижной фазы (ПФ) – А (ортофосфорная кислота-вода 1,5:98,5) и В (ортофосфорная кислота – уксусная кислота – ацетонитрил – вода 1,5:20:25:53,5) при увеличении содержания В в А от 15 до 35% за 25 мин., (520 нм) [13]. Компонентный анализ и выделение индивидуальных метаболитов антрахиноновой природы проводили на НФ – Lichrospher100 RP<sub>18</sub> («E.Merck», Германия) с ПФ: ацетонитрил – вода – муравьиная кислота 25:72:3, с УФ детектированием при 270 нм [14]. Контроль компонентного состава и выделение кумаринов осуществляли на колонке  $\mu$ -Bondapak C<sub>18</sub> («Waters», США), с использованием элюентной системы – диоксан – 0,01 М раствор гидрофосфата натрия (36,3:63,7) (рН=7,3) при использовании УФ-детектора (340 нм) [15]. Для аналитического определения состава и выделения индивидуаль-



ных флавоноидов щавеля использовали ту же колонку с элюентной системой – метанол-вода-уксусная кислота (10:88:2) и УФ детектор при 280 нм [13].

Для изучения антибактериального и антимикробного действия выделенных веществ были выбраны штаммы грамположительных бактерий *Staphylococcus aureus* (ATCC 6538), *Bacillus subtilis* (ATCC 6051), грамотрицательных бактерий *Pseudomonas aeruginosae* (ATCC 15442), *Escherichia coli* (ATCC 11229), и дрожжевой грибок *Candida albicans* (ATCC 10231) из American Type Culture Collection (ATCC), тестирование осуществляли методом диффузии в агар. Каждое из исследуемых растительных веществ растворяли в диметилсульфоксиде в равной концентрации 1 мг/мл.

Для проведения биоскрининга, культуры выращивали на жидкой среде Лурия-Бертани pH 7,1-7,5 при температуре 30-35°C в течение 18-20 часов. Культуры разводили 1:1000 в стерильном 0,9% изотоническом растворе натрия хлорида (титр после разведения *Staphylococcus aureus* 1:1200; *Bacillus subtilis* 1:8600; *Pseudomonas aeruginosae* 1:1600; *Escherichia coli* 1:3200; *Candida albicans* 1:4000), вносили по 1 мл в чашки с соответствующими селективными питательными средами для изучаемых тест-штаммов и засеивали по методу «сплошного газона». После подсушивания на поверхности агара формировали лунки размером 6,0 мм, в которые вносили растворы исследуемых образцов. В контроле использовали диметилсульфоксид в эквивалентных количествах. Тестируемое вещество испытывали в количестве 1 мкг/мл против препарата сравнения в количестве 1 мг/мл. Посевы инкубировали при 37°C, учет растущих культур осуществляли через 24 часа. Препараты сравнения – гентамицин, бензилпенициллина натриевая соль и нистатин.

Активность образцов оценивалась по диаметру зон задержки роста тест-штаммов (мм). Диаметр зон задержки роста меньше 10 мм и сплошной рост в чашке оценивали, как отсутствие антибактериальной активности, 10-15 мм – слабая активность, 15-20 мм – умеренно-выраженная активность, свыше 20 мм – выраженная. Каждый образец испытывался в трех параллельных опытах.

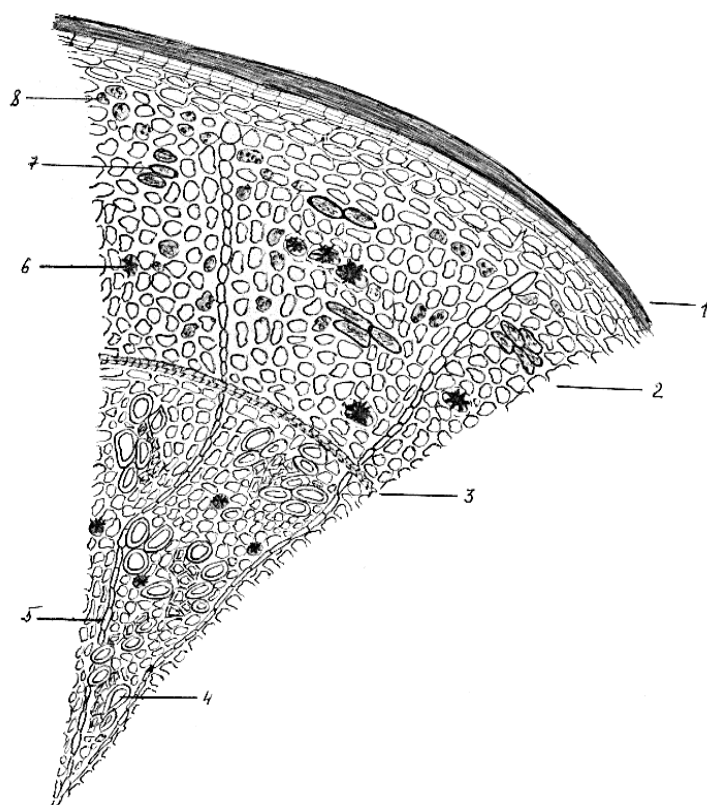
### Результаты исследования и их обсуждение

Результаты анатомо-морфологического анализа выполнены с описанием внешних

и внутренних диагностических признаков в строении *Rumex tianschanicus* A. Los. К морфологическим признакам цельного сырья относятся: щавель тяньшанский – многолетнее травянистое растение высотой 60–150 см с коротким многоголовым корневищем и большим стержневым неразветвленным корнем. Стебель прямостоячий, с продольными бороздками, разветвленный в верхней части. Нижние листья большие, с длинными (вдвое длиннее пластинки) сверху желобчатыми черешками, очередные, продолговато-яйцевидные, тупые около основания, снизу и по жилкам опушенные короткими волосками. Верхние листья более мелкие и узкие. Цветки щавеля мелкие, зеленовато-желтые, собраны в узкометельчатое соцветие, расположенное в верхней части стебля. Плод – трехгранный светло-коричневый орешек.

Отличительные анатомо-диагностические признаки *Rumex tianschanicus* A. Los. На поперечном срезе корня щавеля тяньшанского видны толстый слой темно-коричневой пробки, кора, камбий и древесина. Элементы проводящей ткани (флоэма и ксилема) расположены радиальными тяжами и отделены друг от друга широкими сердцевинными лучами. В паренхиме корня встречаются многочисленные друзы оксалата кальция (диаметром 20-60 мкм), одиночно или группы каменистых клеток желтого цвета с коричневым содержимым, которые имеют неправильную форму. Стенки паренхимы утолщены. Флоэма состоит из мелких тонкостенных клеток, образующих прилегающие к камбию тяжи треугольной формы. Ксилема состоит из узко- и широкопросветных сосудов, расположенных радиально в один ряд мелких клеток древесной паренхимы. Сосуды имеют точечную, спиральную, сетчатую перфорацию. В паренхиме встречаются клетки, содержащие крахмальные зерна, которые имеют овальную, яйцевидную или округлую форму. В ряде случаев образуются 5-10 сложные скопления зерен. В центре корня располагаются элементы первичной ксилемы (рисунок 1).

Сводные данные по качественному компонентному и количественному фитохимическому определению основных групп биологически активных веществ щавеля тяньшанского в зависимости от фазы вегетации по органам растения, приведены в таблицах 1-3.



**Рисунок 1** – Анатомо-диагностические признаки корня *Rumex tianschanicus* A. Los.:  
 1 – пробка, 2 – кора, 3 – камбий, 4 – древесина (сосуды), 5 – сердцевинные лучи, 6 – друзы оксалата кальция, 7 – каменистые клетки, 8 – крахмальные зерна.  
 Увеличение: окуляр – 10x22, объектив – 10x0,25.

**Таблица 1** – Компонентный анализ полифенольных метаболитов в листьях *Rumex tianschanicus* A. Los., в зависимости от фазы вегетации, в %, в пересчете на абс. сухое сырье

Компонент БАВ	Фаза вегетации			
	бутонизация	цветение	плодоношение	покой
1	2	3	4	5
<b>Антоцианидины, %</b>	0,11	0,16	0,14	0,09
3-O-b	+	+	+	+
3-O-b	-	+	-	-
3-O-b	-	+	+	-
<b>Антрахиноны, %</b>	2,62	2,14	2,43	2,79
1,8-диоксиантрахинон	+	-	-	+
3-метил-1,8-диоксиантрахинон	+	+	+	+
3-оксиметил-1,8-диоксиантрахинон	-	+	+	+
3-карбокси-1,8-диоксиантрахинон	-	-	+	+
3-метил-1,6,8-триоксиантрахинон	+	-	-	-
3-метил-6-метокси-1,8-диоксиантрахинон	+	+	-	-
<b>Кумарины, %</b>	1,72	1,64	1,45	1,51
6-оксикумарин	-	+	-	-
7-оксикумарин	+	+	-	+

Компонент БАВ	Фаза вегетации			
	бутонизация	цветение	плодоношение	покой
1	2	3	4	5
6,7-диоксикумарин	+	+	+	+
6-метокси-7-оксикумарин	-	-	+	-
<b>Флавоноиды, %</b>	<b>2,46</b>	<b>2,38</b>	<b>2,25</b>	<b>2,63</b>
Кемпферол	+	-	-	+
3-О-а	+	+	-	+
Кверцетин	+	+	+	+
3-О-б	+	+	+	+
3-О-а	-	+	-	-
Мирицетин	+	-	-	-
3-О- $\alpha$ -L-рамнопиранозид мирицетина	-	-	+	+

**Таблица 2** – Компонентный анализ полифенольных метаболитов в стеблях *Rumex tianschanicus* A. Los., в зависимости от фазы вегетации, в %, в пересчете на абс. сухое сырье

Компонент БАВ	Фаза вегетации			
	бутонизация	цветение	плодоношение	покой
1	2	3	4	5
<b>Антоцианидины, %</b>	<b>0,13</b>	<b>0,18</b>	<b>0,15</b>	<b>0,07</b>
3-О-б	+	+	+	+
3-О-б	+	+	+	-
3-О-б	-	+	+	-
<b>Антрахиноны, %</b>	<b>3,37</b>	<b>2,14</b>	<b>3,61</b>	<b>3,83</b>
1,8-диоксиантрахион	+	-	+	+
3-метил-1,8-диоксиантрахион	+	+	+	+
3-оксиметил-1,8-диоксиантрахион	-	+	+	+
3-карбоксит-1,8-диоксиантрахион	+	-	+	+
3-метил-1,6,8-триоксиантрахион	+	-	+	-
3-метил-6-метокси-1,8-диоксиантрахион	+	+	-	+
<b>Кумарины, %</b>	<b>1,97</b>	<b>1,92</b>	<b>1,81</b>	<b>1,85</b>
6-оксикумарин	-	+	-	-
7-оксикумарин	+	+	+	+
6,7-диоксикумарин	+	+	+	+
6-метокси-7-оксикумарин	+	-	+	-
<b>Флавоноиды, %</b>	<b>3,17</b>	<b>2,63</b>	<b>2,29</b>	<b>4,04</b>
Кемпферол	+	+	-	+
3-О-а	+	+	+	+
Кверцетин	+	+	+	+
3-О-б	+	+	+	+
3-О-а	+	+	-	+
Мирицетин	+	+	+	+
3-О- $\alpha$ -L-рамнопиранозид мирицетина	-	-	+	+

**Таблица 3** – Компонентный анализ полифенольных метаболитов в корнях *Rumex tianschanicus* A. Los., в зависимости от фазы вегетации, в %, в пересчете на абс. сухое сырье

Компонент БАВ	Фаза вегетации			
	бутонизация	цветение	плодоношение	покой
<b>Антоцианидины, %</b>	0,07	0,10	0,08	0,05
3-O-b	+	+	-	+
3-O-b	-	-	+	-
3-O-b	-	+	-	-
<b>Антрахиноны, %</b>	2,86	3,82	5,54	4,97
1,8-диоксиантрахинон	+	-	-	+
3-метил-1,8-диоксиантрахинон	+	+	+	+
3-оксиметил-1,8-диоксиантрахинон	-	+	+	+
3-карбокси-1,8-диоксиантрахинон	+	+	+	+
3-метил-1,6,8-триоксиантрахинон	+	+	-	+
3-метил-6-метокси-1,8-диоксиантрахинон	+	+	+	+
<b>Кумарины, %</b>	1,66	1,52	1,38	1,44
6-оксикумарин	-	+	-	-
7-оксикумарин	+	+	-	+
6,7-диоксикумарин	+	-	-	+
6-метокси-7-оксикумарин	-	-	+	-
<b>Флавоноиды, %</b>	3,03	2,84	2,75	3,11
Кемпферол	+	-	-	+
3-O-a	+	+	-	+
Кверцетин	+	+	+	+
3-O-b	+	+	+	+
3-O-a	+	+	-	-
Мирицетин	+	-	+	+
3-O- $\alpha$ -L-рамнопиранозид мирицетина	-	-	+	+

Сравнительный анализ данных таблиц 1-3 показал, что в компонентном составе и количественном содержании антрахинонов, кумаринов, антоцианов и флавоноидов, можно выявить общие закономерности – наибольшее содержание антоциановых пигментов, кумаринов и флавоноидов, а также их наиболее разнообразный состав наблюдается в стеблях щавеля, антрахинонов – в корнях растения. Общее содержание метаболитов полифенольного типа в листьях щавеля тяньшанского, в зависимости от фазы вегетации вида от 6,27 до 7,02%; в стеблях – от 6,87 до 9,79% и в корнях – от 7,62 до 9,75%. Такое количество полифенольных компонентов *Rumex tianschanicus* A. Los. позволяет рекомендовать его в качестве перспективного

растительного сырья для производства фитопрепаратов рострегулирующего, фунгицидного и фотосенсибилизирующего действия (кумарины), противовоспалительного, ранозаживляющего, антивирусного и Р-витаминного действия (флавоноиды); слабительных, и гепатопротекторных средств, а также препаратов кожного действия (антрахиноны) [2, 6].

Кроме того, из данных таблиц следует, что оптимальным периодом промышленной заготовки щавеля тяньшанского, в качестве сырья для производства растительных красителей следует считать фазу цветения вида, для антрахинонов – фазу плодоношения, для кумаринов – фазу бутонизации, для флавоноидов – фазу покоя *Rumex tianschanicus* A. Los.

Для проведения биоскрининга идентифицированных и препаративно выделенных полифенолов щавеля, они были переданы в лабораторию фармакологических исследований Новосибирского института органической химии им. Н.Н. Ворожцова СО РАН.

Поскольку PASS анализ идентифицированных структур полифенолов дал высокую вероятность проявления ими антибактериальной активности, это направление биоскрининга было выбрано нами как базовое, дополнительно к

нему было изучено противогрибковое действие 3 выделенных антоцианидинов, 6 антрахинонов, 4 кумаринов и 7 флавоноидов.

Анализ антибактериального действия полифенолов проводился на штаммах *Staphylococcus aureus* (ATCC 6538), *Bacillus subtilis* (ATCC 6051), *Pseudomonas aeruginosae* (ATCC 15442) и *Escherichia coli* (ATCC 11229), противогрибковой активности на штамме *Candida albicans* (ATCC 10231). Полученные результаты представлены в таблице 4.

**Таблица 4** – Результаты изучения антибактериальной и противогрибковой активностей полифенолов *Rumex tianschanicus* A. Los.

Полифенолы	<i>Staphylococcus aureus</i>	<i>Bacillus subtilis</i>	<i>Pseudomonas aeruginosae</i>	<i>Escherichia coli</i>	<i>Candida albicans</i>
1	2	3	4	5	6
<b>Антоцианидины</b>					
3-O-b	8,0±0,1	12,0±0,1	13,0±0,2	16,0±0,2	21,0±0,1
3-O-b	9,0±0,1	11,0±0,1	11,0±0,2	14,0±0,2	24,0±0,1
3-O-b	11,0±0,1	13,0±0,1	12,0±0,2	9,0±0,2	16,0±0,1
<b>Антрахиноны</b>					
1,8-диоксиантрахинон	13,0±0,1	13,0±0,1	10,0±0,2	8,0±0,2	20,0±0,1
3-метил-1,8-диоксиантрахинон	20,0±0,1	22,0±0,1	9,0±0,2	11,0±0,2	9,0±0,1
3-оксиметил-1,8-диоксиантрахинон	24,0±0,1	25,0±0,1	9,0±0,2	10,0±0,2	11,0±0,1
3-карбоксии-1,8-диоксиантрахинон	18,0±0,1	20,0±0,1	11,0±0,2	13,0±0,2	7,0±0,1
3-метил-1,6,8-триоксиантрахинон	22,0±0,1	17,0±0,1	10,0±0,2	11,0±0,2	8,0±0,1
<b>Кумарины</b>					
6-оксикумарин	15,0±0,1	13,0±0,1	12,0±0,2	14,0±0,2	14,0±0,1
7-оксикумарин	17,0±0,1	14,0±0,1	10,0±0,2	11,0±0,2	17,0±0,1
6,7-диоксикумарин	12,0±0,1	18,0±0,1	7,0±0,2	13,0±0,2	18,0±0,1
6-метокси-7-оксикумарин	7,0±0,1	14,0±0,1	16,0±0,2	17,0±0,2	20,0±0,1
<b>Флавоноиды</b>					
Кемпферол	10,0±0,1	16,0±0,1	15,0±0,2	12,0±0,2	23,0±0,1
3-O-a	11,0±0,1	8,0±0,1	12,0±0,2	11,0±0,2	9,0±0,2
Кверцетин	9,0±0,1	7,0±0,1	10,0±0,2	8,0±0,2	11,0±0,2
3-O-b	13,0±0,1	11,0±0,1	16,0±0,2	11,0±0,2	17,0±0,1
3-O-a	11,0±0,1	10,0±0,1	15,0±0,2	10,0±0,2	19,0±0,1
Мирицетин	12,0±0,1	9,0±0,1	12,0±0,2	9,0±0,2	16,0±0,1
3-O-α-L-рамнопиранозид мирицетина	10,0±0,1	7,0±0,1	11,0±0,2	10,0±0,2	18,0±0,1
Гентамицин	26,0±0,1	24,0±0,1	24,0±0,1	23,0±0,2	-
Бензилпенициллина Na соль	16,0±0,1	15,0±0,1	-	16,0±0,1	-
Нистатин	-	-	-	-	21,0±0,1

Анализ результатов биоскрининга показал, что по отношению к грамположительным штаммам, высокую антибактериальную активность показали антрахиноны, кумарины и флавоноиды щавеля тяньшанского. 7 соединений превысили уровень антибактериальной активности натриевой соли бензилпенициллина по отношению к *Staphylococcus aureus* и *Bacillus subtilis*: 3-метил-1,8-диоксиантрахинон; 3-оксиметил-1,8-диоксиантрахинон; 3-карбокситриоксиантрахинон; 3-метил-1,6,8-триоксиантрахинон; 7-оксикумарин; 6,7-диоксикумарин и кемпферол. 3-оксиметил-1,8-диоксиантрахинон по отношению к *Staphylococcus aureus* оказался сравним по антибактериальному действию с гентамицином, а по отношению к *Bacillus subtilis* – превысил его.

Наибольший уровень активности по отношению к штаммам грамотрицательных бактерий показали антоцианидины, кумарины и флавоноиды изучаемого вида. По отношению к *Pseudomonas aeruginosa* активными оказались 6-метокси-7-оксикумарин и 3-О-β-D-глюкопиранозид кверцетина. В целом, активность по отношению к этому виду бактерий оказалась менее выражена для всех типов полифенольных компонентов *Rumex tianschanicus* A. Los., по сравнению с грамположительными штаммами и кишечной палочкой (*Escherichia coli*), высокий

уровень антибактериального действия к которой показали 3-О-β-D-глюкопиранозид цианидина и 6-метокси-7-оксикумарин. Уровень активности антоцианидина был сравним с активностью натриевой соли бензилпенициллина, а у кумарина – превысил ее.

Высоким уровнем противогрибкового действия, как было установлено, обладали все 4 класса полифенольных метаболитов щавеля тяньшанского. Противогрибковую активность по отношению к дрожжевому грибку *Candida albicans*, сравнимую с действием нистатина, показали 3 полифенола: 3-О-β-D-глюкопиранозид цианидина; 1,8-диоксиантрахинон и 6-метокси-7-оксикумарин. Два полифенольных метаболита щавеля (3-О-β-D-глюкопиранозид пеонидина и кемпферол), превысили противогрибковое действие нистатина по отношению к *Candida albicans*.

Таким образом, полученные данные биоскрининга полифенольных метаболитов казахстанского вида *Rumex tianschanicus* A. Los., позволяют считать его перспективным растительным сырьем для получения фитопрепаратов антибактериального и противогрибкового действия, а приведенный в статье анализ результатов сравнительного фитохимического исследования БАВ полифенольного типа, позволил выявить наиболее перспективные сроки промышленной заготовки растения.

### Литература

- 1 Флора Казахстана. – Алма-Ата: АН КазССР, 1960. – т. 3. – С. 92-102.
- 2 Государственная фармакопея Республики Казахстан. – Т.1. – Алматы: Жибек жолы, 2008. – 592 с.
- 3 Федоров А.А. Растительные ресурсы СССР. – Л.: Наука, 1985, Т. 5. – С. 277-290.
- 4 Турищев С.Н. Современная фитотерапия. – М.: Гэотар-Медиа, 2007. – 464 с.
- 5 Соколов С.Я., Замотаев И.П. Справочник по лекарственным растениям. Фитотерапия. – М.: Основа, 1993. – 448 с.
- 6 Машковский М.Д. Лекарственные средства. – М.: Эксмо, 2014. – 1216 с.
- 7 Путырский И.Н., Прохоров В.Н. Лекарственные растения. – Минск: Книжный дом, 2008. – С. 234-235.
- 8 Палов М. Энциклопедия лекарственных растений. – М.: Мир, 1998. – С. 408-409.
- 9 Барыкина Р.П., Веселова Т.Д., Девятов А.Г. Справочник по ботанической микротехнике. – М.: МГУ, 2004. – 313 с.
- 10 Пермяков А.И. Микротехника. – М.: МГУ, 1988. – С. 11-29.
- 11 Музыкакина Р.А., Корулькин Д.Ю., Абилов Ж.А. Качественный и количественный анализ основных групп БАВ в лекарственном растительном сырье и фитопрепаратах. – Алматы: Қазақ университеті, 2004. – 288 с.
- 12 Музыкакина Р.А., Корулькин Д.Ю. Методология исследования растительных метаболитов. – Алматы: MV-Print, 2012. – 324 с.
- 13 Корулькин Д.Ю., Музыкакина Р.А., Абилов Ж.А., Толстикова Г.А. Природные флавоноиды. – Новосибирск: Гео, 2007. – 232 с.
- 14 Музыкакина Р.А. Природные антрахиноны. – М.: Фазис, 1998. – 864 с.
- 15 De Rosa S., Mitova M. Coumarin glucosides from *Cruciata taurica* // *Phytochem.* – 2002. – Vol. 59. – P. 447–450.
- 16 Valgas C., Machado de Souza S., Smania E.F.A., Smania A. Screening methods to determine antibacterial activity of natural products // *Braz. J. Microbiol.* – 2004. – Vol. 38. – P. 369-380.
- 17 Negri M., Henriques M., Svidzinski T.I. Correlation between Etest, disk diffusion, and microdilution methods for antifungal susceptibility testing of *Candida* species from infection and colonization // *J. Clin. Lab. Anal.* – 2009. – Vol. – 23. – P. 324–330.

### References

- 1 Flora of Kazakhstan (1960) [Flora Kazakhstana]. KazSSR Academy of Sciences, Alma-Ata, USSR (In Russian) ISBN: 978-5-4458-5985-7
- 2 Kazakhstan State Pharmacopeia (2008) [Gosudarstvennaia farmakopeia Respubliki Kazakhstan], Zhibek Zholy, Almaty, Kazakhstan (In Russian) ISBN: 9965-759-97-9
- 3 Fedorov AA (1985) USSR Herbal Resources [Rastitelnye resursy SSSR]. Science, Leningrad, USSR (In Russian) ISBN: 978-5-0202-6634-5
- 4 Turishchev SN (2007) Modern Phytotherapy [Sovremennaia fitoterapiia]. Geotar-Media, Moscow, Russia (In Russian) ISBN: 978-5-9704-0514-7
- 5 Sokolov SIa, Zamotaev IP (1993) Reference book on herbs. Phytotherapy [Spravochnik po lekarstvennym rasteniiam. Fitoterapiia]. Osnova, Moscow, Russia (In Russian) ISBN: 5-11-00981-3
- 6 Mashkovskii MD (2014) Pharmaceuticals [Lekarstvennye sredstva]. Eksmo, Moscow, Russia. (In Russian). ISBN: 978-5-7864-0218-7
- 7 Putyrskii IN, Prokhorov VN (2008) Herbs [Lekarstvennye rasteniia]. Knizhnyi dom, Minsk, Belarus. (In Russian) ISBN: 978-985-489-859-9
- 8 Palov M (1998) Encyclopedia of herbs [Entsiklopediia lekarstvennykh rastenii]. Mir, Moscow, Russia. (In Russian) ISBN: 5-03-003101-4
- 9 Barykina RP, Veselova TD, Deviatov AG (2004) Reference book on the botanical microequipment [Spravochnik po botanicheskoi mikrotekhnike]. Moscow State University, Moscow, Russia (In Russian) ISBN: 5-211-06103-9
- 10 Permiakov AI (1988) Microequipment [Mikrotekhnika]. Moscow State University, Moscow, Russia (In Russian) ISBN: 5-211-00683-6
- 11 Muzychkina RA, Korulkin DIu, Abilov ZhA (2004) Qualitative and quantitative analysis of the main groups of bio-active substances in medicinal vegetable raw materials and phytopreparations [Kachestvennyi i kolichestvennyi analiz osnovnykh grupp BAV v lekarstvennom rastitelnom syre i fitopreparatakh]. Kazakh University, Almaty, Kazakhstan. (In Russian) ISBN: 9965-12-718-2
- 12 Muzychkina RA, Korulkin DIu (2012) Methodology of Research of Natural Metabolites [Metodologiya issledovaniia rastitelnykh metabolitov]. MV-Print, Almaty, Kazakhstan (In Russian) ISBN: 9965-784-85-X
- 13 Korulkin DIu, Muzychkina RA, Abilov ZhA, Tolstikov GA (2007) Natural Flavonoids [Prirodnye flavonoidy]. Geo, Novosibirsk, Russia (In Russian) ISBN: 978-5-9747-0119-1
- 14 Muzychkina RA (1998) Natural Anthraquinones [Prirodnye antrakhinony]. Phasis, Moscow, Russia (In Russian) ISBN: 5-7036-0041-3
- 15 De Rosa S, Mitova M (2002) Coumarin glucosides from *Cruciata taurica*. *Phytochem*, 59:447–450. DOI: 10.1016/S0031-9422(01)00471-X
- 16 Valgas C, Machado de Souza S, Smania EFA, Smania A (2004) Screening methods to determine antibacterial activity of natural products. *Braz J Microbiol*, 38:369-380. DOI: 10.1590/S1517-83822007000200034
- 17 Negri M, Henriques M, Svidzinski TI (2009) Correlation between Etest, disk diffusion, and microdilution methods for antifungal susceptibility testing of *Candida* species from infection and colonization. *J Clin Lab Anal*, 23:324–330. DOI: 10.1002/jcla.20337

Дарбаева Т.Е., Альжанова Б.С.,  
Бохорова С.Н., Чукалина О.Н.

Западно-Казакстанский  
государственный университет имени  
М. Утемисова, Казакстан, г. Уральск

### **Исторический анализ флоры пойменных лесов бассейна реки Урал в пределах Западно- Казакстанской области**

Darbaeva T.E., Alzhanova B.C.,  
Bokhorova S.N., Chukalina O.N.

M. Utemissov West Kazakhstan State  
University, Kazakhstan, Uralsk

### **The historical analysis of flora on the floodplain forests in the basin of the river Ural within the West Kazakhstan area**

Дарбаева Т.Е., \*Альжанова Б.С.,  
Бохорова С.Н., Чукалина О.Н.

М. Өтемісов атындағы Батыс  
Қазақстан мемлекеттік университеті,  
Қазақстан, Орал қ.

### **Батыс Қазақстан облысы шегінде Жайық өзенінің алабының жайылма ормандар флорасына тарихи талдау**

В бассейне р. Урал и его притоках сосредоточены самые крупные на территории Западного Казахстана массивы леса, что повышает их природоохранную ценность. К настоящему времени лесистость составляет 0,6% от всей территории области.

Флора пойменных лесов бассейна р. Урал характеризуется высоким уровнем видового богатства. В районе исследования согласно уточненным данным отмечено 630 дикорастущих видов сосудистых растений, относящихся к 73 семействам и 309 родам.

Все виды флоры пойменных лесов бассейна р. Урал разделены между эколого-историческими свитами. При установлении свит принимались во внимание характер современного распространения видов, их ценотическая приуроченность, генетические связи отдельных видов, ритм развития и жизненность видов в сообществе.

В исследуемом районе было выделено 14 эколого-исторических свит. Среди эколого-исторических свит преобладают представители луговой (92; 14,6%), лугово-степной (85; 13,5%) и антропогенной свиты (83; 13,2%). Доля видов остальных свит значительно ниже. Следует отметить, что река Урал является рефугиумом, где ещё сохранено лесное ядро.

Проведенный эколого-исторический анализ свидетельствует, с одной стороны, о сохранении в пойменных лесах единого неморального ядра, а с другой стороны, о значительном антропогенном воздействии на пойменные сообщества бассейна р. Урал.

**Ключевые слова:** исторический анализ, флора, пойменные леса, бассейн реки, река Урал, Западно-Казакстанская область, эколого-исторические свиты.

In the basin of the Ural River and its inflows, the largest Western Kazakhstan forest area are concentrated which increase value of environmental protection. Up to now forest cover composes 0,6% of the region territory. The flora of floodplain forests are characterized by vast species of plant. In the area of study, according to specified data, there are 630 wild species of vascular plants belong to 73 families and 309 genera. All species of floodplain forests flora in the basin of the Ural river are divided by ecology-historical suites. At an establishment of suites were taken into consideration way of modern diffusion of species, their coenotic position, genetic relations of individual species, and the cycle of the development and vitality of the species in the plant community. In the study area 14 ecology-historical suites have been distinguished. Among the ecological-historical suites f, representatives of meadow (92; 14,6%), meadow steppe (85; 13,5%) and anthropogenic retinues (83; 13,2%) dominated. Part of rest species of retinues are much lower. It is required to emphasis, that Ural river is refugium, where preserved forest core. Conducted environmental historical analysis shows a preservation of common non-moral core in the floodplain forests, in the other hand, significant anthropogenic impacts on the floodplain communities of the Ural river basin.

**Key words:** the historical analysis, flora, floodplain forests, river basin, Ural River, the West Kazakhstan area, environmental and historical suites.

Жайық өзені және оның салаларының алабында Батыс Қазақстан облысы бойынша ең үлкен орман алқаптары орналасқан, бұл олардың табиғат қорғау құндылығын арттырады. Қазіргі уақытта облыстың орманмен қамтылуы аймақтың 0,6% құрайды. Жайық өзенінің алабындағы жайылма ормандар флорасы түрлік байлығының жоғары деңгейімен сипатталады. Зерттеу аймағында нақтыланған деректер бойынша 73 тұқымдасқа және 309 түрге жататын 630 түтікті өсімдіктердің жабайы өсетін түрі анықталды. Жайық өзенінің алабының флорасын құраушы барлық өсімдіктер экологиялық-тарихи өсімдіктердің ірі тобы – свитаға топтастырылды. Свиталарды анықтағанда түрлердің қазіргі таралу сипаты, олардың ценотикалық кездесуі, жекелеген түрлердің генетикалық байланысы, даму ритмі және бірлестіктегі түрлердің тіршілік деңгейі ескерілді. Зерттелген ауданда 14 экологиялық-тарихи свита бөлінді. Экологиялық-тарихи свиталардың басым түрлеріне шалғындық (92; 14,6%), шалғындық-далалық (85; 13,5%) және антропогендік (83; 13,2%) свитаның өкілдері жатады. Ал қалған свитаға жататын түрлердің үлесі мардымсыз. Жайық өзені әлі де орман ядросы сақталған рефугиум болып саналатынын атап өтуге болады. Жүргізілген экологиялық-тарихи талдау нәтижелері, біріншіден, жайылма ормандарда неморальдық ядроның сақталуын, ал екіншіден Жайық өзенінің алабындағы орман қауымдастықтарында елеулі антропогендік әсер байқалатынын көрсетті.

**Түйін сөздер:** тарихи талдау, флора, жайылма ормандар, өзен алабы, Жайық өзені, Батыс Қазақстан облысы, экологиялық-тарихи свиталар.



**ИСТОРИЧЕСКИЙ  
АНАЛИЗ ФЛОРЫ  
ПОЙМЕННЫХ ЛЕСОВ  
БАСЕЙНА РЕКИ УРАЛ  
В ПРЕДЕЛАХ ЗАПАД-  
НО-КАЗАХСТАНСКОЙ  
ОБЛАСТИ**

**Введение**

Современные леса Западно-Казахстанской области представлены островными массивами, расположенные преимущественно в поймах рек (пойменные леса) и склонах лощин и балок (байрачные леса). Небольшие колки лесов сохранились на песчаных массивах, межбарханных понижениях и понижениях лиманного типа. Характерной особенностью лесорастительных условий этих лесов является приуроченность их к местообитаниям, получающим дополнительное увлажнение речными, дождевыми и тальными водами, или к местам с близкими грунтовыми водами. К настоящему времени лесистость составляет 0,6% от всей территории области. В бассейне р. Урал и его притоках сосредоточены самые крупные на территории Западного Казахстана массивы леса, что повышает их природоохранную ценность [1; 42 с.].

Флора пойменных лесов представляет собой сложный комплекс видов, образовавшийся в результате наложения в разные фазы истории различных по происхождению растительных группировок. Это наложение происходило путем длительной борьбы и взаимоприспособления между видами коренных группировок. В результате возникли качественно новые дошедшие до нашего времени растительные группировки, различным образом связанные друг с другом. Современные растительные сообщества, по Г.М. Зозулину состоят из фитоценогенетического ядра видов основной исторической группы и селектоценогенетических включений [2].

Исторический анализ генетического, географического и экологического элементов помогает раскрыть особенности, ход эволюции и трансформацию флоры и дать характеристику ее современного состояния.

В пойменных лесах формируется своеобразный флористический комплекс видов, по составу которого можно восстановить историю формирования флоры.

Река Урал является рефугиумом, где ещё сохранено ядро лесной неморальной флоры представленное 30-ю европейскими видами (*Quercus robur*, *Alnus glutinosa*, *Ulmus laevis*, *Tilia cordata* и др.), 25-ю евразийскими видами (*Populus nigra*,

*Fringula alnus*, *Antriscus sylvestris* и др.), 16-ю голарктическими видами (*Dryopteris filixmas*, *Equisetum sylvaticum*, *Millium effusum* и др.), 14 евросибирскими видами (*Salix cinerea*, *Betula pendula*, *Viburnum opulus*), 10 средиземноморскими видами (*Lathyrus pannonicus*, *Marrubium vulgare*, *Melissa officinalis* и др.) и 2 восточно-европейскими (*Acer tataricum*, *Euonymus verrucosa*) и бореальными (*Padus avium*, *Rubus saxatilis*) видами. Таким образом, ядро флоры составляют неморальные европейские, евразийские, голарктические, евросибирские лесные виды [3].

С целью изучения современного состояния пойменных лесов бассейна р. Урал авторами были проведены многолетние флористические и геоботанические исследования (2005-2015 гг.) в пределах Западно-Казахстанской области.

### Материалы и методы исследований

Долина р. Урал в пределах Западно-Казахстанской области пересекает три природные зоны (степная, полупустынная и пустынная) и представлена тремя видами ландшафтов:

1) пойма, сложенная суглинками, песками, гравийно-галечниками. Этот ландшафт поймы р. Урала занимает отрезок от устья р. Илек до Меловых гор, расположенных южнее г. Уральска. Здесь долина реки совпадает с Прикаспийским прогибом.

2) пойма, сильно расчлененная, сложенная суглинками, супесями, глинами. Этот отрезок занимает долину р. Урал от Меловых гор южнее г. Уральска до пос. Атамекен (Антоново).

3) пойма, сложенная глинами, суглинками, песками. Этот вид ландшафта распространяется от поселка Атамекен до границы области, расположен в пределах пустынной зоны [1; 59 с.].

Рассматриваемая территория, согласно ботанико-географическому районированию лежит в пределах Заволжско-Казахстанской провинции Причерноморско-Казахстанской подобласти Евразийской степной области [4].

В настоящей работе проанализированы и обобщены материалы многолетних флористических и геоботанических исследований авторов за 2005-2015 гг. По результатам исследований уточнен видовой состав флоры поймы реки Урал и проведен эколого-исторический анализ. Выделение и установление эколого-исторических свит проводилось по Г.М. Зозулину [2, 5]. При выделении свит принимались во внимание характер современного распространения видов, их экологическая и ценогеновая при-

уроченность, генетические связи отдельных видов, ритм развития и жизненность видов в сообществе. По уточненным материалам также выделены некоторые свиты, не различавшиеся Г.М. Зозулиным.

Кроме своих данных были использованы также имеющиеся списки флоры, приведенные В.В. Ивановым в серии выпусков (Иванов, 1964-1989) по флоре Северного Прикаспия [6-16]. Номенклатура приводится с учетом сводки С.К. Черепанова (1995) [17].

### Результаты исследования и их обсуждение

Флора пойменных лесов бассейна р. Урал характеризуется высоким уровнем видового богатства. В районе исследования согласно нашим уточненным данным отмечено 630 дикорастущих видов сосудистых растений, относящихся к 73 семействам и 309 родам. Подавляющее большинство видов (98,6%) относится к покрытосеменным растениям. Соотношение видов однодольных и двудольных составляет 1: 4. В исследуемом районе отмечено 9 видов, включенных в Красную книгу Республики Казахстан и 69 видов, включенных в Зеленую книгу Западно-Казахстанской области [18].

Все виды флоры пойменных лесов бассейна р. Урал разделены между эколого-историческими свитами. В исследуемом районе было выделено 14 эколого-исторических свит в понимании Г.М. Зозулина – неморальная, боровая, бетулярная, ольшаниковая, бореально-ивняковая, гидрофитно-травяная, луговая, солончаково-луговая, ковыльничья, лугово-степная, галофитно-пустынно-степная, псаммофитно-степная, северотуранско-полукустарничково-пустынная и антропогенная. Каждая из них представляет собой ценогенетический комплекс, который включает виды сходные по происхождению, их экологической и ценогеновой приуроченности.

**1. Неморальная свита.** В эту свиту объединены неморальные виды, связанные с происхождением и распространением в европейских широколиственных лесах. Растения неморальной свиты произрастают только в дубравах и байрачных лесах среднего течения р. Урал. Ядро неморальной свиты составляют виды с европейским типом ареала: в древесном покрове – *Acer tataricum*, *Quercus robur*, *Tilia cordata*, *Ulmus laevis*; в подлеске – *Euonymus verrucosa*, *Pyrus communis*, *Rosa canina*; в травостое – *Aegopodium podagraria*, *Campanula rapunculoides*, *Convallaria majalis*, *Glechoma hederacea*.

В сложении байрачных дубрав принимают участие широкоареальные виды с голарктическим типом ареала (*Chamaenerion angustifolium*, *Dactylis glomerata*, *Dryopteris filix-mas*, *Galium boreale*, *Geum urbanum*, *Malus sylvestris*, *Milium effusum*, *Viburnum opulus*).

В байрачных лесках сохранился травяной покров из европейских (*Epilobium nervosum*, *Ficaria verna*, *Fritillaria meleagris*, *Galium aparine*, *Glechoma hederacea*) и евразийских (*Galium boreale*, *Lathyrus pisiformis*, *Melica nutans*) видов.

**2. Боровая свита.** Виды этой свиты характеризуются большой светолюбивостью, слабой требовательностью к богатству почвы, развитием и существованием независимо от древесного яруса. Виды боровой свиты приурочены к опушкам пойменных лесов, песчаным, супесчаным склонам, а также к днищу глубоких балок. Свиту составляют виды пяти типов ареалов. Доминируют евразийский (13; 41,9%) и европейский (12; 38,7%) типы ареалов, а остальные – древнесредиземноморский (4; 12,9%), голарктический (1; 3,2%) и средиземноморский (1; 3,2%) значительной роли не играют (в скобках даны число видов и их доля (%) от всего видового состава свиты).

Основу свиты образуют понтические (*Centaurea jacea*, *Chamaecytisus ruthenicus*, *Erigeron podolicus*, *Jurinea cyanoides*), сарматские (*Potentilla arenaria*, *Pulsatilla patens*), европейские (*Campanula sibirica*, *Genista tinctoria*, *Hylotelephium triphyllum*, *Potentilla erecta*, *Viola canina*, *Veronica prostrata*, *V.teucrium*) виды. Довольно много евразийских видов (*Arabidopsis thaliana*, *Calamagrostis arundinacea*, *C.epigeios*, *Dianthus andrzejowskianus*, *Gypsophila altissima*, *Herniaria glabra*, *Koeleria glauca*, *Polygonatum odoratum*, *Silene nutans*, *Veronica incana*).

Видовой состав боровой свиты хорошо представлен в пойменных лесах бассейна р. Урал, к югу он беднее, а до южных границ области доходит только 2 вида.

**3. Бетулярная свита.** В бетулярную или березняковую свиту объединяются виды, формирование которых происходило в суровых климатических условиях западно-сибирской лесостепи. Доминируют 4 типа ареалов: евразийский (19; 59,3%), европейский (8; 25%), голарктический (4; 12,5%), древнесредиземноморский (1; 3,1%).

Основу березняковой свиты образуют европейские (*Betula pubescens*), евразийские (*Heracleum sibiricum*, *Populus tremula*, *Thalictrum minus*) виды. По опушкам осиново-березовых лесов господствуют европейские (*Agrimonia eupato-*

*ria*, *Calamagrostis canescens*, *Sorbus aucuparia*) и голарктические (*Hierochloë odorata*, *Rosa acicularis*, *Tanacetum vulgare*) виды.

Виды встречаются в среднем течении р. Урал среди байрачных дубрав. В древостое отмечены: *Betula pendula*, *B. pubescens*, в подлеске – *Crataegus sanguinea*, *Sorbus aucuparia*, в травостое – *Gentiana pneumonanthe*, *Rubus saxatilis*, *Viola collina*, *V.hirta*.

Байрачные леса глубоких балок образованы *Populus tremula*, а *Betula pubescens* предпочитает днища глубоких балок. Подлесок образован кустарниками: *Rosa acicularis*, *R. majalis*. В травостое выделяются евразийские (*Agrimonia pilosa*, *Carex melanostachya*, *C. praecox*, *Chelidonium majus*, *Cucubalus baccifer*, *Heracleum sibiricum*, *Melandrium album*, *Solidago virgaurea*, *Stellaria holostea*, *Thalictrum minus*), голарктические (*Hierochloë odorata*, *Tanacetum vulgare*) виды. Южных границ области достигают только три вида: *Carex melanostachya*, *C.praecox* и *Lithospermum officinale*.

**4. Ольшаниковая свита.** Виды ольшаниковой свиты отличаются крайне повышенными требованиями к увлажнению и богатству почвы. Это ограничивает их распространение и обуславливает четкую приуроченность к долинам рек и днищам оврагов и балок. В настоящее время виды этой свиты представляют интразональные включения, связанные с особыми условиями водного режима. Ольховые леса встречаются по малым рекам Ембулатовки и Быковки, выпадающие в р. Урал.

Основу ольшаниковой свиты составляют европейские виды (*Alnus glutinosa*, *Aristolochia clematidis*, *Galium pseudorivale*, *Solanum dulcamara*), среди травянистых растений типичны широкоареальные голарктические (*Agrostis gigantea*, *Humulus lupulus*, *Matteuccia struthiopteris*, *Thelypteris palustris*) и евразийские (*Frangula alnus*, *Thalictrum flavum*) виды.

До южных границ области из данной свиты доходят *Galium pseudorivale*, *Solanum dulcamara*.

**5. Бореально-ивняковая свита.** Растения этой свиты характеризуются также большими требованиями к влажности почв, но приспособлены к суровым климатическим условиям и к бедности почв. Виды бореально-ивняковой свиты приурочены к побережьям рек. Доминируют следующие типы ареалов: евразийский (6; 19,4%), евросибирский (5; 16,1%), европейский (4; 12,9%), голарктический (3; 9,7%), средиземноморский (2; 6,4%), восточно-средиземноморский (1; 3,2%).

Основу свиты образуют евразийские (*Salix caprea*, *S. triandra*, *Ribes nigrum*), европейские (*Epilobium tetragonum*, *Lysimachia nummularia*, *Salix alba*, *Ribes rubrum*), евросибирские (*Chenopodium acerifolium*, *Lysimachia vulgaris*, *Salix cinerea*, *S. pentandra*) виды.

Среди видов бореально-ивняковой свиты хорошо выражен древесный состав: *Salix alba*, *Populus alba*, *P. nigra* и подлесок: *Padus avium*, *Salix caprea*, *S. cinerea*, *S. pentandra*, *S. triandra*. Из всех перечисленных видов до южных границ области доходит только *Salix triandra*.

**6. Гидрофитно-травяная свита.** Виды гидрофитно-травяной свиты отличаются светолюбивостью и приурочены к сырым заболоченным околородным пространствам по р. Урал.

В сложении свиты принимают участие 6 типов ареалов: евразийский (16; 37,2%), голарктический (11; 25,6%), европейский (7; 16,2%), плурегиональный (4; 9,3%), древнесредиземноморский (1; 2,3%) и средиземноморский (1; 2,3%).

Ведущая роль принадлежит широкоареальным голарктическим (*Alisma plantago-aquatica*, *Carex aquatilis*, *Juncus articulatus*, *J. bufonius*, *Scirpus tabernaemontani*, *Sparganium emersum*) и евразийским (*Butomus umbellatus*, *Juncus compressus*, *Scirpus lacustris*) видам. Меньше представлены европейские (*Mentha longifolia*, *Petasites spurius*, *P. hybridus*) и плурегиональные (*Bolboschoenus maritimus*, *Phragmites australis*, *Potamogeton pectinatus*, *Typha angustifolia*) виды.

В среднем течении р. Урал встречаются 36 видов, из них только здесь распространены такие виды как: *Alopecurus geniculatus*, *Cicuta virosa*, *Galium uliginosum*, *Oenanthe aquatica*, *Ononis arvensis*, *Tussilago farfara*. В пойменных лесах нижнего течения р. Урал встречаются: *Juncus bufonius*, *Mentha aquatica*, *Persicaria amphibia*, *Rorippa amphibia*, *Sagittaria sagittifolia*, *Scirpus tabernaemontani*.

**7. Луговая свита.** Мезофитные виды, образующие луговую свиту произрастают по пойменным лугам р. Урал, по днищам и в нижней части склонов оврагов и балок, где больше увлажнения, тепла и минерального богатства почвы.

Луговую свиту образуют виды 6 типов ареалов. Ведущая роль принадлежит евразийскому (41; 44,5%), европейскому (23; 25%) и голарктическому (20; 21,7%) типам. Значительно меньше видов средиземноморского (4; 4,3%), плурегионального (2; 2,2%) и туранского (1; 1,1%) типов ареала.

Ядро луговой свиты образуют мезофитные виды евразийского (*Bromopsis inermis*, *Elytrigia repens*, *Inula britannica*, *Veronica longifolia*) и европейского (*Agrostis canina*, *Carex muricata*, *Potentilla intermedia*, *Ranunculus flammula*), голарктического (*Sanguisorba officinalis*, *Medicago lupulina*, *Ranunculus repens*, *Rumex acetosa*) типов ареала. Обращает внимание, что в луговой свите только один туранский вид (*Dipsacus gmelinii*).

В среднем течении р. Урал встречаются 50 видов, из которых только здесь произрастают бореальные (*Gnaphalium uliginosum*, *Bistorta major*, *Senecio fluviatilis*), голарктические (*Equisetum pratense*, *Amoria fragifera*), евросибирские (*Geranium pratense*, *Iris sibirica*, *Valeriana officinalis*), понтийские (*Pedicularis eriantha*, *Teucrium scordium*) виды.

Из них виды таких родов как *Geranium*, *Lamium*, *Lycopus*, *Potentilla*, *Ranunculus*, *Scutellaria*, *Trifolium*, *Veronica* находятся на юго-восточной границе ареала.

До южных границ области доходят 14 видов: *Bromopsis inermis*, *Chenopodium polyspermum*, *Elytrigia repens*, *Equisetum arvense*, *Festuca pratensis*, *Gnaphalium uliginosum*, *Inula britannica*, *Mentha arvensis*, *Plantago major*, *Rumex confertus*, *R. crispus*, *Stachys palustris*, *Teucrium scordium* и *Veronica longifolia*.

**8. Солончаково-луговая свита.** Виды солончаково-луговой свиты предпочитают засоленные местообитания вокруг прудов, ручьев, родников и незаливаемых притеррасных пойм. В свите представлены 6 типов ареалов. Одинаковое число приходится на древнесредиземноморский и европейский (по 8 видов; 30,7%) типы. Евразийский тип выражен слабее (6; 23%). Доля голарктического (2; 7,6%), средиземноморского (1; 3,8%), туранского (1; 3,8%) типов незначительно. Ядро свиты составляют понтийские виды родов *Rumex*, *Plantago*, *Lythrum* и древнесредиземноморские – *Atriplex*, *Lepidium*, *Juncus*.

**9. Ковыльничья свита.** В ковыльничью свиту входит большинство видов хорошо сформированных степных сообществ на склонах надпойменных террас. К ней относятся ксерофильные виды из родов *Achillea*, *Artemisia*, *Astragalus*, *Dianthus*, *Euphorbia*, *Galatella*, *Salvia*, *Stipa* и др. Основу свиты составляют древнесредиземноморские по генезису злаки (*Festuca valesiaca*, *Stipa capillata*, *S. sareptana*, *S. lessingiana*, *S. pennata*, *Eremopyrum orientale*, *E. triticeum*). Среди видов ковыльничьей свиты встречаются евразийские (*Agropyron pectinatum*, *Phleum phleoides* и др.), понтийско-заволжско-казах-

станские (*Adonis wolgensis*, *Dianthus borbasii*, *Ornithogalum fischerianum*, *Prangos odontalgica* и др.), из кустарников (*Amygdalis nana*, *Spirea crenata*, *S. hyperifolia* и др.) и туранские виды (*Stipa korshinskyi*).

**10. Лугово-степная свита.** Виды лугово-степной свиты связаны с оврагами и балками, ложбинами стока, которые занимают преимущественно притеррасные склоны и характеризуются высокой пластичностью. Лугово-степная свита представлена 6 типами ареалов. Ведущая роль в составе лугово-степной свиты принадлежит видам с евразийским типом ареала (37; 43,5%); второе место занимает европейский (24; 28,2%), а третье – древнесредиземноморский тип ареала (9; 10,5%).

В лугово-степной свите наблюдается пестрое сочетание евразийских (*Eryngium planum*, *Galium verum*, *Lathyrus pratensis*, *Thalictrum simplex* и др.), евросибирских (*Centaurea scabiosa*, *Linaria vulgaris*, *Potentilla argentea* и др.), понтийских (*Phlomis tuberosa*, *Scabiosa ochroleuca*, *Lavatera thuringiaca* и др.), европейских (*Asparagus officinalis*, *Aster amellus*, *Nepeta cataria*) и голарктических (*Gypsophila paniculata*, *Senecio jacobaea*, *Hypericum perforatum* и др.) видов.

Только в среднем течении р. Урал встречаются такие виды, как *Alchemilla sarmatica*, *Anemone sylvestris*, *Dianthus deltoides*, *Dracocephalum ruyschiana*, *Fritillaria meleagroides*, *Pedicularis dasystachys*. Повсеместно распространены: *Asparagus officinalis*, *Centaurea scabiosa*, *Eryngium planum*, *Gypsophila paniculata*, *Linaria vulgaris*, *Medicago falcata*, *Senecio jacobaea*. До южных границ области, кроме этих видов доходят также *Euphorbia uralensis* и *Leonurus quinquelobatus*.

**11. Галофитно-пустынно-степная свита.** В эту свиту включаются виды, произрастающие на засоленных депрессиях и пойменных лугах. Галофитно-пустынно-степную свиту образуют виды 5 типов ареалов. Ведущая роль принадлежит видам с древнесредиземноморским типом ареала (*Atriplex sphaeromorpha*, *Glycyrrhiza glabra*, *Tamarix laxa*, *T. ramosissima*, *Plantago salsa* и др.). В галофитно-пустынно-степной свите представлены виды туранского типа (*Saussurea salsa*, *Ofaiston monandrum*), евразийские (*Leymus multicaulis*), средиземноморские (*Phlomis tuberosa*, *Scabiosa ochroleuca*, *Lavatera thuringiaca* и др.) и голарктические виды.

Общими видами являются: *Glycyrrhiza glabra*, *Tamarix ramosissima*. В среднем течении р. Урал видовой состав галофитно-пустынно-степ-

ной свиты выражен слабо, кроме общих видов здесь встречаются: *Achnatherum splendens*, *Limonium gmelinii*, *Cynanchum acutum*, *Tamarix laxa*, *Plantago salsa*. К югу доля видов данной свиты увеличивается.

**12. Псаммофитно-степная свита.** В эту свиту входят псаммофиты, произрастающие по притеррасным и надпойменным склонам.

В псаммофитно-степную свиту входят виды 6 типов ареалов. Доминируют европейский (17; 34%) и евразийский (13; 26%) типы ареала. Почти одинаковое количество видов содержится в древнесредиземноморском (8; 16%) и средиземноморском (7; 14%) типах. Доля оставшихся туранского (3; 6%) и голарктического (2; 4%) типов невелика.

Основу псаммофитно-степной свиты образуют древнесредиземноморские (*Agropyron desertorum*, *A. fragile*, *Isatis costata*, *Leymus racemosus*), средиземноморские (*Jurinea polyclonos*, *Scorzonera ensifolia*, *Lappula patula*) и туранские (*Agriophyllum squarrosum*, *Chondrilla ambigua*, *Allium caspium* и др.) виды. В эту свиту входят евразийские (*Festuca beckeri*, *Helichrysum arenarium*, *Polygonum patulum* и др.), понтийские (*Chamaecytisus borysthenticus*, *Euphorbia seguieriana*, *Syrenia siliculosa* и др.), восточно-европейско-казахстанские (*Carex colchica*) виды.

Общими видами являются: *Agropyron desertorum*, *Agriophyllum squarrosum*, *Allium caspium*, *Helichrysum arenarium*.

**13. Северотуранско-полукустарничково-пустынная свита.** Это виды, приуроченные по большей части к эродированным пойменным участкам. Значительная часть их – характерные виды сообществ северных пустынь [19]. Ядро северотуранско-полукустарничково-пустынной свиты образуют туранские полукустарнички (*Artemisia lerchiana*, *A. pauciflora*, *Tanacetum achilleifolium*, *Kochia prostrata*).

Свиту образуют виды с 6 типами ареалов. Ведущую роль играют древнесредиземноморские виды, в том числе понтийско-древнесредиземноморские (*Ceratocephala testiculata*, *Ceratocarpus arenarius*). Второе место занимает локальная туранская группа видов. Далее идут евразийский и средиземноморский типы ареала. Одинаковое число приходится на европейский и голарктический типы ареала.

Общими видами для нижнего течения р. Урал являются: *Artemisia lerchiana*, *A. pauciflora*, *Alyssum turkestanicum*, *Kochia prostrata*, *Kracheninnikovia ceratoides*, *Tanacetum achilleifolium*. Однолетние виды представлены *Meniocus linifolius*,

*Atriplex tatarica*, *Bassia hirsuta*, *B. hyssopifolia*, *B. sedoides*).

**14. Антропогенная свита.** В эту свиту объединяются виды, связанные в своем распространении прямо или косвенно с деятельностью человека. Виды антропогенной свиты различны по происхождению, способу заноса и времени проникновения, а также степени натурализации на данной территории. При классификации антропогенной фракции флоры применялась система Р.И. Бурды [20], согласно которой были выделены следующие группировки:

1. Сорные виды, встречающиеся в естественных фитоценозах (агриофиты): *Acroptilon repens*, *Arctium lappa*, *Asperugo procumbens*, *Atriplex hortensis*, *A. oblongifolia*, *Berteroa incana*, *Bromus arvensis*, *Cannabis ruderalis*, *Carduus crispus*, *Chenopodium glaucum*, *C. hybridum*, *C. rubrum*, *Eragrostis minor*, *Kochia scoparia*, *Polygonum aviculare*, *Saponaria officinalis* и др.

2. Адвентивные, не входящие в естественные ценозы по способу заноса подразделяются на случайно занесенные с различной степенью экспансии (аколютофиты и ксенофиты) – *Arctium tomentosum*, *Chenopodium urbicum*, *Conium maculatum*, *Leonurus cardiaca* и дичающие из культуры (эргазиофиты) – *Abutilon theophrasti*, *Acer negundo*, *Cannabis sativa*, *Capsella bursa pastoris*, *Caragana arborescens*, *Cichorium inthybus*, *Echichloa crusgalli*, *Eleaghus argentea*, *Fraxinus americana*, *Medicago sativa*, *Poa annua*, *Sambucus nigra*, *Ulmus pumila*, а по времени проникновения – на археофиты и неофиты.

К археофитам относятся *Astragalus cicer*, *Camelina microcarpa*, *C. sativa*, *Chenopodium album*, *Descurainia Sophia*, *Hyosyamus niger*, *Lappula squarrosa*, *Solanum nigrum*, *Tripleurospermum perforatum* и др.

К неофитам относятся: *Amaranthus albus*, *A. blitoides*, *A. blitum*, *A. retroflexus*, *Ambrosia artemisiifolia*, *Conyza canadensis*, *Cyclachaena xanthiifolia*, *Xanthium spinosum*, *X. strumarium* и др.

Соотношение всех свит по числу входящих в них видов флоры пойменных лесов бассейна р. Урал в пределах Западно-Казахстанской области представлено в таблице 1.

Как видно из таблицы, из 630 видов, зарегистрированных в бассейне р. Урал самый высокий процент занимают представители луговой свиты (92; 14,6%), т.к. именно эта свита является ядром интразональной растительности. На второе место выходят представители лугово-степной свиты (85; 13,5%), являющейся ядром специфической «опушечной» растительности. Вероятно, это свиде-

тельствуют о значительной роли луговых и лугово-степных сообществ в ранее менее нарушенном растительном покрове региона, а кроме того, виды этих свит легко проникают в другие сообщества.

**Таблица 1** – Распределение видов флоры пойменных лесов бассейна р. Урал по основным эколого-историческим свитам

№	Эколого-историческая свита	Число видов	%
1	Неморальная	33	5,2
2	Боровая	31	4,9
3	Бетулярная	32	5,1
4	Ольшаниковая	16	2,5
5	Бореально-ивняковая	31	4,9
6	Гидрофитно-травяная	43	6,8
7	Луговая	92	14,6
8	Солончаково-луговая группа	26	4,1
9	Ковыльниковая	52	8,3
10	Лугово-степная	85	13,5
11	Галофитно-пустынно-степная	23	3,7
12	Псаммофитно-степная	50	7,9
13	Северотуранско-полукустарничково-пустынная	33	5,2
14	Антропогенная	83	13,2
	Итого:	630	100

Велика доля сорных видов антропогенной свиты (83; 13,2%), свидетельствующие о нарушенном растительном покрове региона. Доля видов остальных свит значительно ниже.

Представители ковыльниковой (52; 8,3%), лугово-степной (85; 13,5%), галофитно-пустынно-степной (23; 3,5%) и псаммофитно-степной (50; 7,9%) свит очень пластичны. В основном это зональные степные виды и встречаются по разным элементам надпойменной притеррасной части р. Урал. Виды северотуранско-полукустарничково-пустынной (33; 5,2%) свиты, свидетельствуют о близости к границам северных пустынь.

Следует отметить, что река Урал является рефугиумом, где ещё сохранено лесное ядро. Среди лесных свит сохраняется почти одинаковое количество видов неморальной (33; 5,2%), боровой (31; 4,9%), бетулярной (32; 5,1%) и бореально-ивняковой (31; 4,9%) свит, однако сокращается количество видов ольшаниковой свиты (16; 2,5%). Малое число лесных видов

свидетельствует о деградации лесов на границе их юго-восточного ареала.

Проведенный эколого-исторический анализ свидетельствует, с одной стороны, о сохранении

в пойменных лесах единого неморального ядра, а с другой стороны о значительном антропогенном воздействии на пойменные сообщества бассейна р. Урал.

### Литература

- 1 Природно-ресурсный потенциал и проектируемые объекты заповедного фонда Западно-Казахстанской области / Петренко А.З., Джубанов А.А., Фаргушина М.М., Чернышев Д.М., Тубетов Ж.М. – Уральск: РИО ЗКГУ, 2001. – 175 с.
- 2 Зозулин Г.М. Исторические свиты растительности Европейской части СССР // Ботан. журнал. – 1973. – Т.58. – №8. – С.1081-1092.
- 3 Дарбаева Т.Е. Исторический анализ растительности Северо-Западного Казахстана. – Уральск: РИО ЗКГУ, 2009. – 167 с.
- 4 Лавренко Е.М., Карамышева З.В., Никулина Р.И. Степи Евразии. – Л.: Наука. Ленингр. отд-ние, 1991. – 144 с.
- 5 Зозулин Г.М. Исторические свиты растительности // Ботан. журнал. – 1970. – Т.55. – №1. – С.23-33.
- 6 Иванов В.В. Определитель семейств флоры Северного Прикаспия // Материалы по флоре и растительности Северного Прикаспия. – Л., 1964. – Вып. 1. – С. 188-215.
- 7 Иванов В.В. Губоцветные Северного Прикаспия // Материалы по флоре и растительности Северного Прикаспия. – Л., 1966. – Вып. 2. – ч. 2. – С. 64-136.
- 8 Иванов В.В. Сложноцветные Северного Прикаспия // Материалы по флоре и растительности Северного Прикаспия. – Л., 1966. – Вып. 2. – ч. 3. – С. 1-142.
- 9 Иванов В.В. Осоковые Северного Прикаспия // Материалы по флоре и растительности Северного Прикаспия. – Л., 1968. – Вып. 3. – ч. 1. – С.2-37.
- 10 Иванов В.В. Определитель некоторых водных высших растений Северного Прикаспия // Материалы по флоре и растительности Северного Прикаспия. – Л., 1968. – Вып. 4. – ч. 1. – С. 2-53.
- 11 Иванов В.В. Лютиковые Северного Прикаспия // Материалы по флоре и растительности Северного Прикаспия. – Л., 1971. – Вып. 5. – ч. 1. – С. 2-68.
- 12 Иванов В.В. Розоцветные Северного Прикаспия // Материалы по флоре и растительности Северного Прикаспия. – Л., 1971. – Вып. 5. – ч. 2. – С. 1-78.
- 13 Иванов В.В. Крестоцветные Северного Прикаспия // Материалы по флоре и растительности Северного Прикаспия. – Л., 1974. – Вып. 7. – С. 30-114.
- 14 Иванов В.В. Норичниковые Северного Прикаспия // Флора и растительность Северного Прикаспия. – Л., 1975. – С.52-98.
- 15 Иванов В.В. Бурачниковые Северного Прикаспия // Ботаническая география Северного Прикаспия. – Л., 1977. – С. 98-149.
- 16 Иванов В.В. Определитель растений Северного Прикаспия (Маревые, Лилейные). – Л.: Наука, 1989. – 96 с.
- 17 Черепанов С.К. Сосудистые растения России и сопредельных государств (в пределах бывшего СССР). – СПб.: Мир и семья, 1995. – 992 с.
- 18 Зеленая книга Западно-Казахстанской области. – Уральск: РИО ЗКГУ, 2001. – 194 с.
- 19 Дарбаева Т.Е. Эколого-исторические свиты флоры меловых возвышенностей Северо-Западного Казахстана // Ботан. журнал. – 2003. – №9. – С.66-80.
- 20 Бурда Р.И. Антропогенная трансформация флоры. – Киев: Изд-во Наукова думка, 1991. – 168 с.

### References

- 1 Petrenko AZ, Dzhubanov AA, Fartushina MM, Chernyshev DM, Tubetov ZM (2001) Natural and resource potential and designed projects of reserved fund of the West Kazakhstan region. [Prirodno-resursnyi potentsial i proektiruemye ob'ekty zapovednogo fonda Zapadno-Kazakhstanckoi oblasti]. WKSU, Uralsk, Kazakstan, pp. 175. (In Russian). ISBN: 5-7667-1803-9
- 2 Zozulin GM (1973) Historical Suites of vegetation of the European Part of the USSR, Botanical journal [Istoricheskie svity rastitel'nosti Evropeiskoy chasti SSSR. Botanicheskii zhurnal] 58(8): 1081-1092. (In Russian)
- 3 Darbaeva TE (2009) Historical analysis of Vegetation of Northwest Kazakhstan. [Istoricheskii analiz rastitel'nosti Severo-Zapadnogo Kazakhstana]. Uralsk, WKSU, Kazakstan, pp. 167 (In Russian).
- 4 Lavrenko EM, Karamysheva ZV, Nikulina RI (1991) Steppes of Eurasia [Stepi Evrazii]. Nauka, Leningrad Division, Leningrad, pp. 144. (In Russian). ISBN: 5-02-026643-4
- 5 Zozulin GM (1970) Historical suites of vegetation, Botanical journal [Istoricheskie svity rastitel'nosti. Botanicheskii zhurnal] 55(1): 23-33. (In Russian)
- 6 Ivanov VV (1964) The determinant of families of flora of the Northern Prikaspiya, Materials on the flora and vegetation of the Northern Caspian, Leningrad [Opredelitel' semeistv flory Severnogo Prikaspiia. Materialy po flore i rastitel'nosti Severnogo Prikaspiia. Leningrad] 1: 188-215. (In Russian)
- 7 Ivanov VV (1966) Labiatae of the Northern Caspian, Materials on the flora and vegetation of the Northern Caspian. [Gubots-

vetnye Severnogo Prikaspiia // Materialy po flore i rastitel'nosti Severnogo Prikaspiia. Leningrad] 2(2): 64-136. (In Russian)

8 Ivanov VV (1966) Compositae of the Northern Caspian // Materials on the flora and vegetation of the Northern Caspian [Slozhnotsvetnye Severnogo Prikaspiia // Materialy po flore i rastitel'nosti Severnogo Prikaspiia. Leningrad] 2(3): 1-142. (In Russian)

9 Ivanov VV (1968) Sedge of the Northern Caspian // Materials on the flora and vegetation of the Northern Caspian [Osokovye Severnogo Prikaspiia // Materialy po flore i rastitel'nosti Severnogo Prikaspiia. Leningrad] 3: 2-37. (in Russian)

10 Ivanov VV (1968) The determinant of some aquatic higher plants of the Northern Caspian // Materials on the flora and vegetation of the Northern Caspian [Opredelitel' nekotorykh vodnykh vysshikh rastenii Severnogo Prikaspiia // Materialy po flore i rastitel'nosti Severnogo Prikaspiia. Leningrad] 4(1): 2-53 (In Russian)

11 Ivanov VV (1971) Ranunculaceae of the Northern Caspian // Materials on the flora and vegetation of the Northern Caspian [Liutikovye Severnogo Prikaspiia // Materialy po flore i rastitel'nosti Severnogo Prikaspiia. Leningrad] 5(1): 2-68. (In Russian)

12 Ivanov VV (1971) Rosaceae of the Northern Caspian // Materials on the flora and vegetation of the Northern Caspian [Rosotsvetnye Severnogo Prikaspiia // Materialy po flore i rastitel'nosti Severnogo Prikaspiia. Leningrad] 5(2): 1-78. (In Russian)

13 Ivanov VV (1974) Cruciferous of the Northern Caspian // Materials on the flora and vegetation of the Northern Caspian [Krestotsvetnye Severnogo Prikaspiia // Materialy po flore i rastitel'nosti Severnogo Prikaspiia. Leningrad] 7: 30-114. (In Russian)

14 Ivanov VV (1975) Figwort of the Northern Caspian // Flora and vegetation of the Northern Caspian [Norichnikovye Severnogo Prikaspiia // Flora i rastitel'nost' Severnogo Prikaspiia. Leningrad] 52-98. (In Russian)

15 Ivanov VV (1977) Borage Northern Caspian // Botanical geography of the Northern Caspian [Burachnikovye Severnogo Prikaspiia // Botanicheskaia geografiia Severnogo Prikaspiia. Leningrad] 98-149. (In Russian).

16 Ivanov VV (1989) The determinant of plants Northern Caspian (Chenopodiaceae, Liliaceae) [Opredelitel' rastenii Severnogo Prikaspiia (Marevye, Lileinye)]. Nauka, Leningrad, Russia, pp. 96. (In Russian). ISBN: 5-02-02660-4

17 Cherepanov SK (1995) Vascular plants of Russia and neighbouring States (within the former USSR) [Sosudistye rasteniia Rossii i sopredel'nykh gosudarstv (v predelakh byvshego SSSR)]. Peace and family, St. Petersburg, Russia, pp. 992. (In Russian).

18 Petrenko AZ, Fartushina MM (2001) Green Paper of West Kazakhstan region [Zelenaja kniga Zapadno-Kazahstanskoj oblasti]. WKSU, Uralsk, Kazakstan, pp. 194. (In Russian). ISBN: 9965-553-25-4

19 Darbaeva TE (2003) Ecological and historical entourage Flora chalk hills of the North-Western Kazakhstan, Botanical journal [Ekologo-istoricheskie svity flory melovykh vozvyshennosti Severo-Zapadnogo Kazakhstana. Botanicheskii zhurnal] 9: 66-80. (In Russian)

20 Burda RI (1991) Anthropogenic transformation of flora [Antropogennaia transformatsiia flory] – Naukova Dumka, Kiev, pp. 168. (In Russian). ISBN: 5-12-002068-2



2-бөлім  
**ЗООЛОГИЯ**

---

Раздел 2  
**ЗООЛОГИЯ**

---

Section 2  
**ZOOLOGY**

<sup>1</sup>Акоев М.Т., <sup>1</sup>Кенжеғалиев А.М.,  
<sup>2</sup>Есенбекова П.А.

<sup>1</sup>Қазақстан ұлттық аграрлық университеті, Қазақстан, Алматы қ.,  
<sup>2</sup>Зоология институты, Қазақстан, Алматы қ.

### **Дендробионты (Heteroptera, Pentatomidae) особо охраняемых природных территорий Юго-Восточного Казахстана**

В условиях особо охраняемых природных территорий Юго-Восточного Казахстана: Государственные национальные природные парки (ГНПП) «Көлсай көлдері», «Алтын-Эмель», Шарын, Иле-Алатау и Алакольский заповедник проведены инвентаризация и комплексный анализ фауны дендробионтов и составлен аннотированный список, включающий 23 вида, из них 2 вида включены в Красную книгу Алматинской области: *Arma custos* (Fabricius, 1794) и *Zicrona caerulea* (Linnaeus, 1758). Питание животной пищей свойственно 8 видам, остальные виды питаются растительной пищей, из них 10 видов – полифитофаги, 2 – широкие олигофитофаги, 3 – узкие олигофитофаги. Для дендробионтов особо охраняемых природных территорий Юго-Восточного Казахстана характерен один тип вольтинизма: моновольтинизм. Разные виды полужесткокрылых имеют различные требования к степени увлажненности местообитания. По этому признаку выделены следующие экологические группы видов: мезофилы – 78,3%, ксеромезофилы – 8,7%, мезоксерофилы – 4,3%, ксерофилы – 8,7%. Среди зимующих в стадии имаго – 20 видов, в стадии личинки зимует всего 1 вид – это *Pentatoma rufipes* (Linnaeus, 1758), а в стадии яйца зимуют 2 вида (*Picromerus bidens* (Linnaeus, 1758), *Picromerus lewisi* Scott, 1874). Обычно первыми появляются виды, зимующие на стадии имаго, таких видов большинство – 87%, в стадии яйца – 8,7%, в стадии личинки – 4,3%.

**Ключевые слова:** Полуужесткокрылые, дендробионты, особо охраняемые природные территории, Юго-Восточный Казахстан.

<sup>1</sup>Akoev M.T., <sup>1</sup>Kenzhegaliev A.M.,  
<sup>2</sup>Esenbekova P.A.

<sup>1</sup>Kazakh National Agrarian University,  
Kazakhstan, Almaty,  
<sup>2</sup>Institute of Zoology, Republic of  
Kazakhstan, Almaty

### **Dendrobionts bedbags (Heteroptera, Pentatomidae) of the especially protected natural territories of the South-East Kazakhstan**

In protected areas in South-East Kazakhstan: State national natural parks (SNNP) “Kolsay kolderi”, “Altyn-Emel”, “Sharyn”, “Ile-Alatau” and “Alakol” Reserve conducted an inventory and a comprehensive analysis of the fauna dendrobionts and compiled an annotated list including 23 species, of which 2 species included in the Red book of Almaty region: *Arma custos* (Fabricius, 1794) and *Zicrona caerulea* (Linnaeus, 1758). Eating animal foods tend to 8 species, other species feed on plant foods, of which 10 species – polyphytophages, 2 – wide oligophytophages, 3 – narrow oligophytophages. For dendrobionts of the specially protected natural areas in South-East Kazakhstan is characterized by 1 type of the voltinism: monovoltinism. Different types of Hemiptera have different requirements for the degree of hydration of habitat. On this basis we identified the following types of environmental groups: mesophyles – 78.3%, xeromezofyles – 8.7%, mezozerofyles – 4.3%, xerophyles – 8.7%. Among wintering in the adult stage – 20 species overwinters in the larval stage only 1 type – is *Pentatoma rufipes* (Linnaeus, 1758), and in the stage of eggs overwinter 2 types (*Picromerus bidens* (Linnaeus, 1758), *P. lewisi* (Scott, 1874). Types usually appear first wintering on the adult stage, the majority of such species – 87%, in the stage of eggs – 8.7%, in the larval stage – 4.3%.

**Key words:** Hemiptera, dendrobionts, specially protected natural territories of South-Eastern Kazakhstan

<sup>1</sup>Акоев М.Т., <sup>1</sup>Кенжеғалиев А.М.,  
<sup>2</sup>Есенбекова П.А.

<sup>1</sup>Қазақ ұлттық аграрлық университеті,  
Қазақстан, Алматы қ.,  
<sup>2</sup>Зоология институты,  
Қазақстан, Алматы қ.

### **Оңтүстік-Шығыс Қазақстанның ерекше қорғалатын территорияларының дендробионттары (Heteroptera, Pentatomidae)**

Оңтүстік-Шығыс Қазақстанның ерекше қорғалатын табиғи территорияларынан: Мемлекеттік ұлттық табиғи парктар (МҰТП) «Көлсай көлдері», «Алтын-Эмель», Шарын, Иле-Алатау және Алаколь қорығында дендробионттар фаунасына инвентаризация жүргізіліп, 23 түрден тұратын аннотациялық тізімі мен кешенді талдау жасалды, олардың ішінде 2 түрі Алматы облысының Қызыл кітабына енгізілген: *Arma custos* (Fabricius, 1794) и *Zicrona caerulea* (Linnaeus, 1758). Қоректену ерекшеліктеріне қарай олардың ішіндегі 8 түр – зоофаг, 15 түр – фитофагтар: оның ішінде 10 түр – полифитофагтар, 2 – кең олигофитофагтар, 3 – тар олигофитофагтар. Оңтүстік-Шығыс Қазақстанның ерекше қорғалатын территорияларындағы дендробионттарға вольтинизмнің бір типі: моновольтинизм тиісті. Жартылай қаттықанаттылардың әр түрі тіршілік ортасының ылғалдылық деңгейіне талаптары түрлі болады. Сондықтан түрлердің экологиялық топтары келесідей болып бөлінеді: мезофилдер – 78,3%, ксеромезофилдер – 8,7%, мезоксерофилдер – 4,3%, ксерофилдер – 8,7%. Ересек дарасы күйінде 20 түр, дернәсіл сатысында тек бір ғана түр – *Pentatoma rufipes*, ал жұмыртқа сатысы күйінде 2 түр (*Picromerus bidens* (Linnaeus, 1758), *Picromerus lewisi* Scott, 1874) қыстайды. Әдетте ересек дара күйінде қыстайтын түрлер бірінші болып шығады, мұндай түрлер – 87%, жұмыртқа сатысында қыстайтын түрлер – 8,7%, дернәсіл сатысында – 4,3% қыстайды.

**Түйін сөздер:** жартылай қаттықанаттылар, дендробионттар, ерекше қорғалатын табиғи территориялар, Оңтүстік-Шығыс Қазақстан.

**ДЕНДРОБИОНТЫ  
(HETEROPTERA,  
PENTATOMIDAE)  
ОСОБО ОХРАНЯЕ-  
МЫХ ПРИРОДНЫХ  
ТЕРРИТОРИЙ ЮГО-  
ВОСТОЧНОГО  
КАЗАХСТАНА**

**Введение**

Полужесткокрылые – большой отряд сосущих насекомых. Хорошо приспособленные к разнообразным условиям среды. Они широко распространены, их популяции в биоценозах достигают большой численности. По пищевой специализации клопы являются фитофагами, зоофагами и зоофитофагами. Данные о видовом составе фауны полужесткокрылых юго-востока Казахстана и о их биологических, экологических особенностях содержатся в работах Р.Б. Асановой [1, 2] и П.А. Есенбековой [3]. Однако они не дают полного представления о составе дендробионтов и о важнейших биологических, экологических особенностях.

В условиях особо охраняемых природных территорий Юго-Восточного Казахстана впервые проведены инвентаризация и комплексный анализ фауны дендробионтов, составлен аннотированный список дендробионтов Юго-Восточного Казахстана, включающий 23 вида, и исследованы трофические связи. Известно, что среди них преобладают растительноядные формы, периодически размножаясь в массовом количестве, они наносят существенный вред лесам. Характер повреждения растений почти одинаков, высасывая соки листьев и побегов, эти насекомые задерживают нормальное развитие растений. Наибольший вред клопы наносят генеративным органам, в меньшей степени вегетативным. На листьях образуются желтые пятна, а сильно поврежденные листья преждевременно опадают, что влияет на нормальный рост растений [4].

Полученные данные по фауне и экологии дендробионтов могут служить основой для долговременного экологического мониторинга состояния экосистем и оценки антропогенного воздействия на окружающую среду, а также помочь в выборе средств борьбы с клопами-вредителями лесного хозяйства.

Цель работы – изучение фауны древесных полужесткокрылых особо охраняемых природных территорий Юго-Восточного Казахстана, их биологии, экологического распределения.

**Материалы и методы исследования**

Сбор и изучение полужесткокрылых проводились по общепринятым энтомологическим методикам. С ветвей деревьев клопы собирались сачком; под корой деревьев и различными укрытиями, отлавливались эксгаустером или пинцетом. Пойманные насекомые умерщвлялись в морилке с этилацетатом и раскладывались на ватные матрасики. В лабораторных условиях крупные насекомые монтировались на энтомологические булавки [5-8].

Материалом для настоящей работы послужили сборы в 2015-2016 гг. в особо охраняемых природных территориях (ООПТ) Юго-Восточного Казахстана: Государственные национальные природные парки (ГНПП) «Көлсай көлдері», «Алтын-Эмель», Шарын, Иле-Алатау и Алакольский заповедник. Ниже приводится аннотированный список выявленных видов.

Семейство Pentatomidae

*Arma custos* (Fabricius, 1794)

Материал: Юго-Восточный Казахстан: Иле-Алатауский ГНПП, ущ. Аксай, 14.07.2015, 1♀, 2♂; ур. Медеу, 23.06.2015, 2♀, 2♂; ущ. Бутаковка, 10.08.2015, 2♀, 3♂; 05.07.2016. 2♀, 1♂; ГНПП «Алтын-Эмель», окр. кордона Шыган, 14.07.2015, 2♀, 1♂; Ущ. Тайгак, 21.05.2015, 1♀, 1♂; Ущ. Кызылауыз, 10.07.2015, 1♀, 2♂; вниз по течению р. Иле, 10.07.2015, 1♂; Чарынский ГНПП, пойма р. Чарын, 23.05.2015, 1♀, 2♂; 15.06.2016. 3♀, 2♂; Алакольский заповедник, кордон Тогызтубек. 11.06.2015. 2♀, 2♂; Кордон Карамойын. 22.06.2016. 3♀, 1♂.

Экология и биология: На одиночных деревьях и кустарниках, в пойменных лесах, особенно на иве и ольхе; зоофаг; зимуют имаго [9].

*Jalla dumosa* (Linnaeus, 1758)

Материал: Юго-Восточный Казахстан: ГНПП «Көлсай көлдері», пойма р. Шелек, 24.05.2015, 1♀, 1♂; 02.06.2015, 2♀, 2♂; ГНПП «Алтын-Эмель», вниз по течению р. Иле, 8-14.06.2015, 5♀, 7♂; ГНПП «Алтын-Эмель», Жетысуский Алатау, хр. Кояндытау, ущ. Узынбулак, 16.07.2015, 2♀, 1♂; Иле-Алатауский ГНПП, предгорье Илейского Алатау, ущ. Аксай, 16.07.2015, 3♀, 2♂; 11.07.2016. 1♀, 2♂.

Экология и биология: На различных древесных и травянистых растениях; зоофаг; зимуют имаго.

*Picromerus bidens* (Linnaeus, 1758)

Материал: Юго-Восточный Казахстан: ГНПП «Алтын-Эмель», пойма р. Иле, 07.06.2015, 3♀, 2♂; ГНПП «Алтын-Эмель», кордон Шыган,

07.06.2015, 1♀, 1♂; ГНПП «Алтын-Эмель», Жетысуский Алатау, горы Шолак, ущ. Тайгак, 21.05.2015, 2♀, 1♂; ущ. Кызылауыз, 10.07.2015, 2♀, 1♂; ГНПП «Көлсай көлдері», пойма р. Шелек, 24.05.2015, 1♀, 5♂; Алакольский заповедник, кордон Тогызтубек. 11.06.2015. 1♀, 2♂; Пойма р. Тентек. 23.06.2016. 1♀, 1♂.

Экология и биология: Древесно-кустарниковой растительности речных долин, березово-осиновые колки; зоофаг; зимуют яйца.

*Picromerus lewisi* Scott, 1874

Материал: Юго-Восточный Казахстан: ГНПП «Алтын-Эмель», вниз по течению р. Иле, 15.06.2015, 2♀, 1♂; Иле-Алатауский ГНПП, предгорье Илейского Алатау, ущ. Аксай, 16.07.2015, 1♀, 1♂; 11.07.2016. 2♀, 2♂; Алакольский заповедник, кордон Кокпекты, пойма р. Тентек, 29.05.2015. 2♀, 1♂; кордон Туюксу. 12.06.2016. 1♀, 2♂.

Экология и биология: На различных деревьях и травянистых растениях; зоофаг (различные мелкие членистоногие); зимуют яйца.

*Rhacognatus punctatus* (Linnaeus, 1758)

Материал: Юго-Восточный Казахстан: ГНПП «Көлсай көлдері», пойма р. Шелек. 02.06.2015, 1♀, 1♂; Иле-Алатауский ГНПП, предгорье Илейского Алатау, ущ. Аксай, 16.07.2015, 1♀, 2♂; 11.07.2016. 1♀.

Экология и биология: На иве, березе, осине, малине и др.; зоофаг (различные мелкие членистоногие); зимуют имаго.

*Troilus luridus* (Fabricius, 1775)

Материал: Юго-Восточный Казахстан: ГНПП «Алтын-Эмель», вниз по течению р. Иле, 06.08.2015, 1♀, 1♂; Чарынский ГНПП, пойма р. Чарын, 25.05.2015, 1♀, 2♂; 16.06.2016. 3♀, 2♂; Алакольский заповедник, кордон Кокпекты, пойма р. Тентек, 29.05.2015. 2♀, 3♂; кордон Туюксу. 12.06.2016. 3♀, 2♂.

Экология и биология: На древесно-кустарниковой растительности: береза, черемуха, ива, осина; зоофаг (питается различными мелкими членистоногими); зимуют имаго.

*Pinthaeus sanguinipes* (Fabricius, 1781)

Материал: Юго-Восточный Казахстан: Алакольский заповедник, кордон Кокпекты, пойма р. Тентек, 15.09.2015, 1♂; 14.06.2015, 2♀, 3♂; Иле-Алатауский ГНПП, предгорье Илейского Алатау, ущ. Аксай, 16.07.2015, 2♂; 11.07.2016. 1♀; Алакольский заповедник, кордон Туюксу. 13.06.2015. 2♀, 2♂; кордон Кокпекты, пойма р. Тентек. 23.06.2016. 2♀, 1♂.

Экология и биология: На деревьях, кустарниках и на травянистых растениях; зоофаг; зимуют имаго.

*Zicrona caerulea* (Linnaeus, 1758)

Материал: Юго-Восточный Казахстан: ГНПП «Алтын-Эмель», окр. кордона Шыган, 10.06.2015, 3♀, 2♂; Жетысуский Алатау, горы Шолак, ущ. Тайгак, 21.05.2015, 2♀, 1♂; ущ. Кызылауыз, 10.07.2015, 1♀, 2♂; кордон Жантогай, пойма р. Иле, 27.06.2015, 3♀, 2♂; 14-20.09.2015, 3♀, 4♂; Алакольский заповедник, кордон Кокпекты, пойма р. Тентек, 29.05.2015, 3♀, 2♂; 31.05.2015, 6♀, 6♂; Кордон Тоғызтубек, 02.06.2015, 3♀, 4♂; Чарынский ГНПП, пойма р. Чарын, 24.05.2015, 1♀, 2♂; 15.06.2016, 2♀, 2♂; Иле-Алатауский ГНПП, предгорье Илейского Алатау, ущ. Аксай, 16.07.2015, 2♀, 2♂; 11.07.2016, 1♀, 3♂.

Экология и биология: На деревьях, кустарниках и на травянистых растениях; зоофаг (питается различными мелкими членистоногими); зимуют имаго [10].

*Alloeogypta pretiosa* Kiritschenko, 1952

Материал: Юго-Восточный Казахстан: ГНПП «Алтын-Эмель», пойма р. Иле, 07.06.2015, 1♀, 3♂.

Экология и биология: На различных кленах; широкий олигофитофаг; зимуют имаго.

*Anthemina aliena* (Reuter, 1891)

Материал: Юго-Восточный Казахстан: ГНПП «Көлсай көлдері», пойма р. Шелек, 28.05.2015, 2♀, 3♂; ГНПП «Алтын-Эмель», вниз по течению р. Иле, 08.06.2015, 2♀, 2♂; Алакольский заповедник, кордон Кокпекты, пойма р. Тентек, 29.05.2015, 3♀, 2♂; 30.06.20. 2♀, 3♂; кордон Тоғызтубек, 02.06.2015, 3♀, 4♂; 11.06.2016, 4♀, 3♂.

Экология и биология: На березе, ольхе, ивах, жимолости и др.; полифитофаг; зимуют имаго.

*Chlorochroa juniperina juniperina* (Linnaeus, 1758)

Материал: Юго-Восточный Казахстан: ГНПП «Алтын-Эмель», Жетысуский Алатау, ущ. Тайгак, 21.05.2015, 2♀, 3♂.

Экология и биология: На лиственнице, сосне обыкновенной, б.ч. на можжевельнике *Juniperus nana*; широкий олигофитофаг; зимуют имаго.

*Chlorochroa pinicola* (Mulsant & Rey, 1852)

Материал: Юго-Восточный Казахстан: Иле-Алатауский ГНПП, Илейский Алатау, ур. Медеу, 17.06.2015, 2♀, 3♂; 23.06.2015, 1♂.

Экология и биология: На хвойных: можжевельнике, ели, б.ч. на сосне; узкий олигофитофаг (виды рода *Pinus*); зимуют имаго.

*Palomena prasina* (Linnaeus, 1761)

Материал: Юго-Восточный Казахстан: Иле-Алатауский ГНПП, ущ. Аксай, 14.08.2015,

1♀, 2♂; Илейский Алатау, ущ. Бутаковка, 20-30.06.2015, 9♀, 6♂.

Экология и биология: Чаше на кустарниках и деревьях: *Ribes*, *Rubus*, *Rosa*, *Quercus*, *Crataegus*, *Prunus*, *Sorbus*, *Acer*, *Fraxinus*, *Tilia*, *Betula*, *Alnus* и др.; полифитофаг; зимуют имаго.

*Palomena viridissima* (Poda, 1761)

Материал: Юго-Восточный Казахстан: Иле-Алатауский ГНПП, ущ. Аксай, 14.06.2015, 4♀, 2♂; ущ. Бутаковка, 19.06.2015, 2♀; 25.07.2016, 4♀, 3♂; ГНПП «Алтын-Эмель», вниз по течению р. Иле, 10.07.2015, 2♀, 1♂; ГНПП «Алтын-Эмель», Жетысуский Алатау, горы Шолак, ущ. Тайгак, 23.05.2015, 1♀, 2♂; Чарынский ГНПП, ясенева роща, 25.06.2015, 1♀, 2♂; 15.06.2016, 3♀, 2♂; Алакольский заповедник, кордон Карамойын, 22.06.2016, 3♀, 4♂; пойма р. Тентек, 24.06.2016, 3♀, 3♂.

Экология и биология: На деревьях и кустарниках из сем. Розоцветных; полифитофаг (чаще на лиственных деревьях); зимуют имаго.

*Apodiphus integriceps* Horvath, 1888

Материал: Юго-Восточный Казахстан: ГНПП «Алтын-Эмель», Жетысуский Алатау, хр. Шолак, ущ. Шолак, 25.08.2015, 7♀, 8♂; Чарынский ГНПП, пойма р. Темирлик, 26.07.2015, 5♀, 4♂; пойма р. Чарын, 23.05.2015, 3♀, 2♂; 15.06.2016, 2♀, 2♂.

Экология и биология: На тополях, яблонях, а также ивах, карагачах, чинарах и других деревьях, по преимуществу в населенных пунктах; полифитофаг; зимуют имаго в домах и других постройках.

*Desertomenida albula* Kiritschenko, 1914

Материал: Юго-Восточный Казахстан: ГНПП «Алтын-Эмель», горы М. и Б. Калканы, 30.05.2015, 3♀, 4♂; ГНПП «Алтын-Эмель», Жетысуский Алатау, хр. Шолак, 21.05.2015, 2♀, 4♂; 14.07.2015, 2♀, 5♂; Алакольский заповедник, кордон Туяксу, 23.06.2016, 3♀, 2♂; пойма р. Тентек, 24.06.2016, 3♀, 3♂.

Экология и биология: На тамириске; полифитофаг; зимуют имаго.

*Desertomenida jakowleffi* (Horvath, 1907)

Материал: Юго-Восточный Казахстан: ГНПП «Алтын-Эмель», окр. родника Ч. Валиханова, 09.07.2015, 1♀, 2♂; ГНПП «Алтын-Эмель», пойма р. Иле, 10.07.2015, 2♀, 4♂.

Экология и биология: На тамириске; полифитофаг; зимуют имаго.

*Desertomenida quadrimaculata* (Horvath, 1892)

Материал: Юго-Восточный Казахстан: ГНПП «Көлсай көлдері», Кунгей Алатау, ущ. Саты сайы, 28.07.2015, 2♀, 2♂; ГНПП «Ал-

тын-Эмель», кордон Жантогай, пойма р. Иле, 10.07.2015, 2♀, 3♂; Алакольский заповедник, кордон Кокпекты, пойма р. Тентек, 29.05.2015, 3♀, 3♂; 31.05.2015, 3♀, 2♂; Кордон Тогызтубек, 11.06.2016, 3♀, 3♂.

Экология и биология: На тамирисках; полифитофаг; зимуют имаго.

*Acrosternum breviceps* (Jakovlev, 1889)

Материал: Юго-Восточный Казахстан: ГНПП «Алтын-Эмель», Жетысуский Алатау, ущ. Тайгак, 21.06.2015, 3♀, 2♂; хр. Шолак, ущ. Тайгак, 30.07.2015, 1♀, 2♂.

Экология и биология: На можжевельнике; узкий олигофитофаг (питается содержимым семян); зимуют имаго.

*Pentatoma rufipes* (Linnaeus, 1758)

Материал: Юго-Восточный Казахстан: Иле-Алатауский ГНПП, ущ. Аксай, 12.06.2015, 3♀, 2♂; 21.07.2015, 2♀, 1♂; Чарынский ГНПП, пойма р. Чарын, 23.05.2015, 3♀, 2♂; 16.06.2016. 2♀, 1♂; Алакольский заповедник, пойма р. Тентек, 24.06.2016. 3♀, 4♂.

Экология и биология: На различных деревьях и кустарниках; полифитофаг; высасывает вегетативные и генеративные части; зимуют личинки.

*Priassus exemptus* (Walker, 1868)

Материал: Юго-Восточный Казахстан: Иле-Алатауский ГНПП, ущ. Аксай, 24.07.2015, 2♀, 2♂; 21.07.2015, 1♀, 3♂; ГНПП «Алтын-Эмель», кордон Жантогай, 14.07.2015, 2♀, 1♂.

Экология и биология: Трофически связан с плодоносящими кленами *Acer turkestanicum*, *A. negundo*, питается содержимым семян; узкий олигофитофаг; зимуют имаго.

*Rhapigaster brevispina* Horvath, 1889

Материал: Юго-Восточный Казахстан: Иле-Алатауский ГНПП, ущ. Аксай, 12-14.06.2015, 5♀, 3♂; 19.05.2015, 5♀, 4♂; ГНПП «Алтын-Эмель», кордон Шыган, 09.07.2015, 1♀, 2♂; кордон Шолак, 25.07.2015, 10♀, 9♂; ГНПП «Алтын-Эмель», кордон Жантогай, пойма р. Иле, 10.07.2015, 1♀, 2♂; Чарынский ГНПП, пойма р. Чарын, 23.05.2015, 1♀, 2♂; 16.06.2016. 2♀, 2♂; Алакольский заповедник, кордон Кокпекты, пойма р. Тентек, 29.05.2015, 3♀, 3♂; 31.05.2015, 3♀, 2♂; Кордон Тогызтубек, 11.06.2016, 3♀, 3♂.

Экология и биология: На иве, на лохе, карагаче; полифитофаг (питается содержимым семян); зимуют имаго.

*Rhapigaster nebulosa* (Poda, 1761)

Материал: Юго-Восточный Казахстан: Иле-Алатауский ГНПП, ущ. Аксай, 12-14.06.2015,

3♀, 2♂; 11.05.2015, 4♀, 3♂; Илейский Алатау, ущ. Бутаковка, 20-30.06.2015, 7♀, 8♂; 24.06.2016. 3♀, 2♂; ГНПП «Алтын-Эмель», Жетысуский Алатау, ущ. Тайгак, 21.05.2015, 4♀, 2♂; ущ. Кызылауыз, 10.07.2015, 2♀, 1♂; ГНПП «Алтын-Эмель», хр. Кояндытау, ущ. Конакбайсай, 18.08.2015, 2♀; кордон Шыган, 09.07.2015, 5♀, 4♂; Чарынский ГНПП, пойма р. Чарын, 23.05.2015, 3♀, 4♂; 15.06.2016. 3♀, 3♂; Алакольский заповедник, кордон Кокпекты, пойма р. Тентек, 29.05.2015, 2♀, 2♂; 31.05.2015, 3♀, 2♂; Кордон Тогызтубек, 11.06.2016, 3♀, 4♂.

Экология и биология: На различных лиственных деревьях и кустарниках, в том числе и на плодовых; полифитофаг; зимуют имаго.

### Результаты исследований и их обсуждение

В результате исследований особо охраняемых природных территорий Юго-Восточного Казахстана выявлены из настоящих щитников 23 вида, из них 2 вида включены в Красную книгу Алматинской области: *Arma custos* (Fabricius, 1794) и *Zicrona caerulea* (Linnaeus, 1758) (таблица 1).

Питание полужесткокрылых чрезвычайно разнообразно. По пищевым связям среди них выделяются зоофаги, паразиты, фитофаги и зоофитофаги. В таблице 1 показаны особенности питания дендробионтов.

Таким образом, питание животной пищей свойственно 8 видам, остальные виды питаются растительной пищей, из них 10 видов – полифитофаги, 2 – широкие олигофитофаги, 3 – узкие олигофитофаги.

Полужесткокрылые относятся к насекомым с неполным превращением и проходят следующие стадии развития – яйцо, личинка и имаго. Для них характерна зимовка на разных стадиях развития. У большинство видов зимняя диапауза происходит на стадии имаго, но немногие виды зимуют в стадии яйца или личинки. Имаго уходят на зимовку с началом осенних холодов, зимуют под растительными остатками, в частности в подстилке под деревьями и кустарниками, под камнями, корой и т.п.

Вольгинизм популяции отражает количество ежегодных поколений, реализуемых популяцией в определенной части видового ареала. Для дендробионтов особо охраняемых природных территорий Юго-Восточного Казахстана характерны 1 тип вольгинизма: моновольгинизм (одно поколение в год).

Таблица 1 – Особенности питания и экологии настоящих щитников (Pentatomidae) ООПТ Юго-Восточного Казахстана

Название видов	Пищевая специализация	Экология
1	2	3
<i>Arma custos</i> (Fabricius, 1794)	зоофаг	на одиночных деревьях и кустарниках
<i>Jalla dumosa</i> (Linnaeus, 1758)	зоофаг	на различных древесных и травянистых растениях
<i>Picromerus bidens</i> (Linnaeus, 1758)	зоофаг	древесно-кустарниковой растительности речных долин, березово-осиновые колки
<i>Picromerus lewisi</i> Scott, 1874	зоофаг	на различных деревьях и травянистых растениях
<i>Rhacognatus punctatus</i> (Linnaeus, 1758)	зоофаг	горно-лесной пояс, в смешанных лесах, на <i>Salix</i> , <i>Betula</i> , осина, малина
<i>Troilus luridus</i> (Fabricius, 1775)	зоофаг	смешанные леса, на древесно-кустарниковой растительности: береза, черемуха, ива, осина
<i>Pinthaeus sanguinipes</i> (Fabricius, 1781)	зоофаг	в широколиственных лесах, на кустарниках и на травянистых растениях
<i>Zicrona caerulea</i> (Linnaeus, 1758)	зоофаг	по поймам в степи, в лесах, древесных насаждениях и поблизости от них
<i>Alloeoglypta pretiosa</i> Kiritshenko, 1952	широкий олигофитофаг	на различных кленах
<i>Anthemina aliena</i> (Reuter, 1891)	полифитофаг	на березе, ольхе, ивах, жимолости и др.
<i>Chlorochroa juniperina juniperina</i> (Linnaeus, 1758)	широкий олигофитофаг	на лиственнице, сосне обыкновенной, б.ч. на можжевельнике
<i>Chlorochroa pinicola</i> (Mulsant & Rey, 1852)	узкий олигофитофаг	на хвойных: можжевельнике, ели, б.ч. на сосне (виды рода <i>Pinus</i> )
<i>Palomena prasina</i> (Linnaeus, 1761)	полифитофаг	на деревьях и кустарниках
<i>Palomena viridissima</i> (Poda, 1761)	полифитофаг	на деревьях и кустарниках из сем. Розоцветных
<i>Apodiphus integriceps</i> Horvath, 1888	полифитофаг	на тополях, яблонях, а также ивах, карагачах, чинарах и других деревьях, по преимуществу в населенных пунктах
<i>Desertomenida albula</i> Kiritshenko, 1914	полифитофаг	на тамириске и саксауле
<i>Desertomenida jakowleffi</i> (Horvath, 1907)	полифитофаг	на тамириске и саксауле
<i>Desertomenida quadrimaculata</i> (Horvath, 1892)	полифитофаг	на тамирисках и джугуне
<i>Acrosternum breviceps</i> (Jakovlev, 1889)	узкий олигофитофаг	на можжевельнике
<i>Pentatoma rufipes</i> (Linnaeus, 1758)	полифитофаг	на различных деревьях и кустарниках
<i>Priassus exemptus</i> (Walker, 1868)	узкий олигофитофаг	связан с плодоносящими кленами <i>Acer turkestanicum</i> , <i>A. negundo</i>
<i>Rhapigaster brevispina</i> Horvath, 1889	полифитофаг	на иве, на лохе, карагаче и др.
<i>Rhapigaster nebulosa</i> (Poda, 1761)	полифитофаг	на различных лиственных деревьях и кустарниках, в том числе и на плодовых

Биология и экология полужесткокрылых изучены довольно неравномерно. Выделение тех или иных экологических группировок широко используется при детальном изучении региональных флор и фаун. Рекомендации по такому анализу имеются во многих экологических пособиях

[11, 12]. Разные виды полужесткокрылых имеют различные требования к степени увлажненности местообитания. По этому признаку выделены следующие экологические группы видов: мезофилы – 78,3%, ксеромезофилы – 8,7%, мезоксерофилы – 4,3%, ксерофилы – 8,7% (Таблица 2).

**Таблица 2** – Особенности биологии и экологии дендробионтов особо охраняемых природных территорий Юго-Восточного Казахстана

Название видов	Экологические группы	Зимующая стадия
<i>Arma custos</i> (Fabricius, 1794)	мезофил	имаго
<i>Jalla dumosa</i> (Linnaeus, 1758)	мезофил	имаго
<i>Picromerus bidens</i> (Linnaeus, 1758)	мезофил	яйца
<i>Picromerus lewisi</i> Scott, 1874	мезофил	яйца
<i>Rhacognatus punctatus</i> (Linnaeus, 1758)	мезофил	имаго
<i>Troilus luridus</i> (Fabricius, 1775)	мезофил	имаго
<i>Pinthaeus sanguinipes</i> (Fabricius, 1781)	мезофил	имаго
<i>Zicrona caerulea</i> (Linnaeus, 1758)	мезофил	имаго
<i>Alloeoglypta pretiosa</i> Kiritshenko, 1952	мезофил	имаго
<i>Anthemina aliena</i> (Reuter, 1891)	мезофил	имаго
<i>Chlorochroa juniperina juniperina</i> (Linnaeus, 1758)	мезофил	имаго
<i>Chlorochroa pinicola</i> (Mulsant & Rey, 1852)	мезофил	имаго
<i>Palomena prasina</i> (Linnaeus, 1761)	мезофил	имаго
<i>Palomena viridissima</i> (Poda, 1761)	мезофил	имаго
<i>Apodiphus integriceps</i> Horvath, 1888	мезофил	имаго
<i>Desertomenida albula</i> Kiritshenko, 1914	ксеромезофил	имаго
<i>Desertomenida jakowleffi</i> (Horvath, 1907)	ксерофил	имаго
<i>Desertomenida quadrimaculata</i> (Horvath, 1892)	ксерофил	имаго
<i>Acrosternum breviceps</i> (Jakovlev, 1889)	ксеромезофил	имаго
<i>Pentatoma rufipes</i> (Linnaeus, 1758)	мезофил	личинки
<i>Priassus exemptus</i> (Walker, 1868)	мезоксерофил	имаго
<i>Rhapigaster brevispina</i> (Horvath, 1889)	мезофил	имаго
<i>Rhapigaster nebulosa</i> (Poda, 1761)	мезофил	имаго

Из таблицы 2 видно, что среди зимующих в стадии имаго – 20 видов, в стадии личинки зимует всего 1 вид – это *Pentatoma rufipes*, а в стадии яйца зимуют 2 вида. Обычно первыми появляются виды, зимующие на стадии имаго, таких видов большинство – 87%, в стадии яйца – 8,7%, в стадии личинки – 4,3%.

### Выводы

В условиях особо охраняемых природных территорий Юго-Восточного Казахстана выявлены 23 вида древесных щитников, из них

2 вида включены в Красную книгу Алматинской области: *Arma custos* (Fabricius, 1794) и *Zicrona caerulea* (Linnaeus, 1758), 8 видов – зоофаги, остальные виды фитофаги, из них 10 видов – полифитофаги, 2 – широкие олигофитофаги, 3 – узкие олигофитофаги. Выявленные 23 вида в год дают одно поколение. Выделены следующие экологические группы видов: мезофилы – 78,3%, ксеромезофилы – 8,7%, мезоксерофилы – 4,3%, ксерофилы – 8,7%. В стадии имаго зимуют 20 видов (87%), в стадии личинки – 1 вид (4,3%), а в стадии яйца – 2 вида (8,7%).

### Литература

- 1 Асанова Р.Б. Впервые найденные и малоизвестные полужесткокрылые (Heteroptera) из Юго-Восточного Казахстана // Материалы II научной конференции молодых ученых АН КазССР. – Алма-Ата, 1970. – С. 360-361.
- 2 Асанова Р.Б. Полужесткокрылые (Heteroptera) Юго-Восточного Казахстана // В сб.: «Фауна и биология насекомых Казахстана». Изд-во «Наука» КазССР. – Алма-Ата, 1971. – С. 121-135.



3 Есенбекова П.А. Полужесткокрылые в горных экосистемах юга и юго-востока Казахстана // Мат-лы межд. научн. конф. «Фауна Казахстана и сопредельных стран на рубеже веков: морфология, систематика, экология». КазНУ им. аль-Фараби. – Алматы, 20-23 января 2004. – С. 100-101.

4 Есенбекова П.А., Каримова Д.Б. Древесные полужесткокрылые (Heteroptera) Главного ботанического сада г. Алматы // II-я межд. научно-практ. конф. «Актуальные проблемы экологии и природопользования в Казахстане и сопредельных территориях». ПавлодарГУ им. С. Торайгырова. – 23-24 октября 2007 – Т. 1. – С. 330-332.

5 Есенбекова П.А. Клоп *Arma custos* (Fabricius, 1794) // Красная Книга Алматинской обл. (животные). – Алматы, 2006. – С. 50-51.

6 Есенбекова П.А. Клоп *Zicrona caerulea* (Linnaeus, 1758) // Красная Книга Алматинской обл. (животные). – Алматы, 2006. – С. 52-53.

7 Кириченко А.Н. Методы сбора настоящих полужесткокрылых и изучения местных фаун. Изд-во АН СССР. – М., Л., 1957. – 124 с.

8 Кержнер И.М., Ячевский Т.Л. Отряд Heteroptera (Hemiptera) полужесткокрылые. Определитель насекомых европейской части СССР: в пяти томах. – М., Л.: Наука. – 1964. – Т. 1. – С. 655-845.

9 Палий В.Ф. Методика изучения фауны и фенологии насекомых. – Воронеж, 1970. – 192 с.

10 Фасулати К.К. Полевое изучение наземных беспозвоночных. – М. 1971. – 424 с.

11 Яхонтов В.Е. Экологии насекомых. – М., 1969. – 488 с.

12 Чернова Н.М., Былова А.М. Экология. «Просвещение». – М., 1988. – 272 с.

### References

1 Asanova RB (1970) The first time found and the little-known Hemiptera (Heteroptera) from South-East Kazakhstan. Materials of II Scient. Conf. of young scientists of the Kazakh SSR, [Bperveye naidennye i maloizvestnye polygestkokrylye (Heteroptera) iz Jugo-Vostohnogo Kazakhstana. Materialy Mezhd. II Nauchnoy konf. Molodych uhenych AN KazSSR, Almaty] Almaty, pp. 360-361. (In Russian)

2 Asanova RB (1971) Hemiptera (Heteroptera) in South-East Kazakhstan // In.: “Fauna and biology of insects of Kazakhstan.” Publishing house “Science” of the Kazakh SSR, Almaty, pp. 121-135. (In Russian)

3 Esenbekova PA (2004) Hemiptera mountain ecosystems of the south and south-east of Kazakhstan. Materials of Int. Scient. Conf. “Fauna of Kazakhstan and neighboring countries at the turn of the century: morphology, systematics, ecology”. Kazakh National University, al-Farabi, on January 20-23, [Polugestkokrylye v gornych ecosystemach juga i juga-vostoka Kazakhstana. Materialy Mezhd. Nauchnoy konf. ‘Fauna Kazakhstana b sopredelnykh stran na rubege vekov: morfologia, systematic, ekologiya’. Almaty, Kazakhckii Nationalnyi Universitet, al-Farabi] Almaty, pp. 100-101. (In Russian)

4 Esenbekova PA, Karimova DB (2007) Wood Hemiptera (Heteroptera) Main Botanical Garden Almaty. of II Int. Scient. Pract. Conf. “Actual problems of ecology and nature management in Kazakhstan and adjacent territories”, PavlodarGU them S.Toraigyrov, 23-24 October 2007, [Drevesnye polygestkokrylye (Heteroptera) Glavnogo botanicheskogo sada g. Almaty. Materialy II Mezhd. Nauchno-Practicheskoi konf. «Aktualnye problemy ekologii i prirodopolsovanya v Kazakhstane i sopredelnykh terrytoriyach». PavlodarGU im. S.Toraigyrova] 1: 330-332.

5 Esenbekova PA (2006) Bedbug *Arma custos* (Fabricius, 1794). The Red Book of the Almaty region (Animals), Almaty, pp. 50-51.

6 Esenbekova PA (2006) Bedbug *Zicrona caerulea* (Linnaeus, 1758). The Red Book of the Almaty region (Animals), Almaty, pp. 52-53.

7 Kirichenko AN (1957) Methods of collecting real Hemiptera and explore the local fauna. [Metody sbora nastoiajich polygestkokrylych I izuchenija mestnych faun] Publishing House of the USSR Academy of Sciences, Moscow, Leningrad, pp. 1-124. (In Russian)

8 Kerzhner IM, Yachevsky TL (1964) Troop Heteroptera (Hemiptera) Hemiptera. [Otriad Heteroptera (Hemiptera) polygestkokrylye. Opredelitel nasekomykh evropeiskoi chaste SSSR: v 5-ti tomach] Key to the insects of the European part of the USSR: in five volumes. – Moscow, Leningrad, Russia: Science, 1: 655-845. (In Russian)

9 Paly VF (1970) Methods of studying the fauna and insect phenology. [Metodika izuchenia fauny i fenologii nasekomych] Voronezh, Russia, pp. 1-192. (In Russian)

10 Fasulati KK (1971) A field study of terrestrial Russian invertebrates. [Polevoe izuchenie nazemnykh bespozvonochnych] Moscow, Russia, pp. 1-424. (In Russian)

11 Yahontov VE (1969) Insect Ecology. [Ecologii nasekomych] Moscow, Russia, pp. 1-488. (In Russian)

12 Chernov NM, Bylova AM (1988) Ecology. [Ecologia] “Enlightenment”. Moscow, Russia, pp. 1-272.



3-бөлім  
**ӨСІМДІКТЕР ФИЗИОЛОГИЯСЫ  
ЖӘНЕ БИОХИМИЯСЫ**

---

Раздел 3  
**ФИЗИОЛОГИЯ И БИОХИМИЯ  
РАСТЕНИЙ**

---

Section 3  
**PLANTS PHYSIOLOGY  
AND BIOCHEMISTRY**

Aytasheva Z.G., Baiseitova S.K.,  
Zhumabayeva B.A.,  
Dzhangalina E.D., Baqytbek Zh.

Al-Farabi Kazakh National University,  
Kazakhstan, Almaty

### University common bean collection and its amino acid composition in seeds

Айташева З.Г., Байсеитова С.К.,  
Жұмабаева Б.Ә.,  
Жанғалина Э.Д., Бақытбек Ж.

Әл-Фараби атындағы Қазақ ұлттық  
университеті, Қазақстан, Алматы қ.

### Үрмебұршақ университет коллекциясы және оның аминқышқылдық құрамы

Айташева З.Г., Байсеитова С.К.,  
Жұмабаева Б.А.,  
Джанғалина Э.Д., Бақытбек Ж.

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

### Университетская коллекция и аминокислотный состав семян фасоли

Under mountain and steppe conditions of the Almaty Region, morphogenetic traits of almost 40 cultivars of common bean, *Phaseolus vulgaris* L. from Kazakhstan as well as American, Chinese, Polish, Russian, Turkish, and Czech collections have been assessed.

Six local and foreign accessions have been subject to high-performance liquid chromatography to identify amino acid composition. Studied accessions, varieties and lines could be classified by an Osborne classification presenting bulk of proteins.

Ketogenic amino acids (leucine, lysine and tryptophan) have been detected in much lower concentrations thus allowing to recommend related cultivars and lines for manufacturing diabetic products with a minor risk of ketone bodies accumulation.

Essential amino acids have been registered to achieve 27.5-29.8%. Local lines have been determined to contain the greatest amount of sulfur-containing amino acids, methionine and cysteine (335-350 mg / 100 g and 55-62 mg/100 g, respectively). In addition, the line "Aktatti" has appeared to be enriched by lysine (410 mg/100 g). Accumulation of sulfur-containing amino acids may point to slowing down seed protein storage under sharply continental conditions. It is thereby confirmed that the protein content is dependent of the climatic changes, breeding technologies, soil characteristics and genotypic classification of the variety or line.

**Key words:** *Phaseolus vulgaris* L., domestic lines common bean, collection, amino acid composition, cluster analysis

Алты жергілікті және шетелдік кәдімгі үрмебұршақ *Phaseolus vulgaris* L. сорт үлгілерінің тұқым сығындылары жоғары тиімді сұйық хроматографияда аминқышқылдық құрамын анықтау үшін алынды. Зерттелген сортүлгілері мен линияларын Осборн бойынша құрамында құрамында белоктар бөлігін глобулиндерге және альбуминдерге топтастыруға болады. Тұқымның негізгі фракциялары глутамин (3980-2082 мг/100 г) мен аспаратат қышқылдарынан (2806-1045 мг/100 г), сондай-ақ аланин (1405-928 мг/100 г) және пролин (1273-694 мг/100 г). амин қышқылдарынан тұрды. Отандық сортүлгілері шетелдік аналогтарға қарағанда глутамат құрамы бойынша 91% астам, аланиндық құрамы – 51%-дан астам, пролин – 83% артық көрсеткіш көрсетті. Отандық линияларда шетелдік аналогтармен салыстырғанда кетогенді амин қышқылдары әлдеқайда аз мөлшерде екені анықталды, сондықтан жергілікті сортүлгілерін диабет ауруын емдеуге арналған ең төменгі деңгейде кетондық денелер жинақтайтын өнімдер шығаруға ұсынуға болады. Барлық амин қышқылдарының құрамының алмастырылмайтын амин қышқылдары 27,5-29,8% құрайтыны көрсетілді. Жергілікті сортүлгілерінің құрамы метионин және цистеин (335-350 мг / 100 г және 55-62 мг / 100 г, тиісінше) сияқты жоғары концентрациялы күкірті бар амин қышқылдарына бай болды. Сонымен қатар «Ақтәтті» сорты лизинмен (410 мг / 100 г) құнарландырылған болып шықты.

**Түйін сөздер:** кәдімгі үрмебұршақ, отандық сортүлгілер, коллекция, аминқышқылдық құрамы, кластерлі талдау.

Экстракты из семян шести местных и зарубежных сортообразцов фасоли обыкновенной *Phaseolus vulgaris* L. были подвергнуты высокоэффективной жидкостной хроматографии для определения аминокислотного состава. Изученные сортообразцы и линии можно классифицировать по Осборну как содержащие основную массу белков в виде глобулинов и альбуминов. Ключевые фракции аминокислот этих семян состояли из глутаминовой (3980-2082 мг/100 г) и аспарагиновой кислот (2806-1045 мг/100 г), а также аланина (1405-928 мг/100 г) и пролина (1273-694 мг/100 г). Отечественные сортоформы оказались превосходящими иностранные аналоги по содержанию глутамата более чем на 91%, аланина – на 51% и пролина – на 83%. Кетогенные аминокислоты содержатся в отечественных линиях в гораздо меньших количествах по сравнению с зарубежными аналогами, что позволяет рекомендовать местные сортоформы для выпуска диабетических продуктов с минимальным риском накопления кетонных тел. Незаменимые аминокислоты достигают 27,5-29,8% от общего содержания. При этом местные сортоформы содержали повышенные концентрации серосодержащих аминокислот, а именно метионина и цистеина (335-350 мг / 100 г и 55-62 мг/100 г, соответственно). Кроме того линия «Актатти» оказалась обогащенной лизином (410 мг/100 г).

**Ключевые слова:** фасоль обыкновенная, отечественные сортоформы, коллекция, аминокислотный состав, кластерный анализ.

**UNIVERSITY COMMON  
BEAN COLLECTION  
AND ITS AMINO ACID  
COMPOSITION IN SEEDS**

**Introduction**

The breeding outcome of new cultivars for common bean, *Phaseolus vulgaris* L. may be predicted from natural hybrids that are adapted to varying climate conditions within its growing zone. Consequently, the crop's ability to grow in other areas can be predicted. Transformation of wild species became especially extensive with human intervention, when forms with desirable nutritional quality and agronomic traits had been sought for [1].

During the course of evolution, bushy, large-leaf, early maturity forms with determinant type of growth, large number of flowers, and non-dehiscent pods have been selected [2].

In comparison to other legumes, common bean is more capricious in that it prefers fertilized sandy soils or light clay-containing soils. Cold clay soils with high moisture content are not considered to be appropriate for common bean. In addition, turf formation and soil compaction, caused by high acidification, may also decrease crop yield [3]. Due to acidic soils, the growth of nitrogen-fixing bacteria is reduced resulting in suppression of nitrogen fixation [4]. Neutralization or lime addition (calcification) to acidic soils leads to increasing yields of common bean. Moreover, two field experiments were undertaken in Behaira Governorate, Egypt through 2012 and 2013 summer seasons. The effect of the seaweed extract at three different concentrations and a mixture of free amino acids from a plant source at three different concentrations apart from the mixture of seaweed and amino acids have been trialed as foliar spray three times on common bean plants. The obtained results clearly indicate that different applied treatments increased average growth characteristics i.e., plant height, stem diameter, number of branches and leaves/ plant, total leaf area /plant, dry weight of shoots and specific growth rate as well as simultaneous increase of the content for total chlorophyll [5].

Under mountain and steppe (plain) conditions of the Almaty Region, morphogenetic traits of 37 cultivars of common bean from different soil and climatic zones (Kazakhstan, American, Chinese, Polish, Russian, Turkish, and Czech collections) have been evaluated as described earlier [6].

This study was carried out under crop rotation in mountain and steppe (plain) zones of the Almaty Region in 2011-2012. Thirty-seven cultivars of common bean and its relatives were planted in “Zhanga Talap” Agrobiocenter of al-Farabi Kazakh National University.

### Materials and methods

Part of stock varieties after preliminary propagation and introduction has been registered as the State Certificate on the subject of author rights No. 612 of 14 May, 2012 entitled: “Distribution and exchange of bean specimens”.

Investigation on the varieties of this collection has been performed according to the Vavilov Institute and Awassa Agricultural Research Center protocols [7]. Seeds were sown on plots of 2 x 10 meters, using double-row sowing with wide inter-row spacing (40-60 cm) and at least two replicates. Pods were harvested and seeds were extracted by hand. The cultivar “Aktatti” was used as a standard for the Almaty Region. Observations, measurements and assays were conducted in accordance with “Methodical Instructions on The Study of The Collection for Grain Legume Crops” issued by a Vavilov Institute and followed the Classifier’s grading for the genus *Phaseolus L.* [8]. To provide computer aid to planning of the work and planting of cultivars our own software entitled “Planting manager” (the State Certificate on the Subject of Property Rights No. 1034 of August, 1, 2012) was used.

Seed stocks for the mountain zone were sown at two sites, namely: i, the field of the Institute of Botany and Phytointroduction of the Science Committee of the Ministry of Education and Science of the Republic of Kazakhstan; and ii, mountain plot in the Almarasan Gorge along the River Bolshaya Almatinka (800-1200 m above the sea level). Seed stocks for the flat zone were sown in a field of “Zhanga Talap” Agrobiocenter of al-Farabi Kazakh National University and Kazakh Institute of Soil Science and Crop Research (both of which are nearly 600 m above the sea level).

Seventeen cultivars and lines of common bean, (*Phaseolus vulgaris L.*) were planted in the mountain zone (9 – at the field of the Institute of Botany and Phytointroduction; 8 – mountain plot in the Almarasan Gorge). Twenty cultivars and lines of common bean and its relatives (broad bean, *Vicia faba L.* and Turkish beans, *Phaseolus coccineus L.*) were planted in the steppe zone (“Zhanga Talap” Agrobiocenter).

Phenotypic analysis of common bean plants was carried out on a range of main traits (stem height in cm; length and width of upper leaf at 30-th, 45-th and 65-th days of vegetation, cm; number of pods and number of seeds per plant in pieces; number of seeds per pod; weight of seeds per plant (seed productivity) in g; 100-seed weight, g, and others). The current paper is focused specifically on percentage of emergence and pod length. Domestic bioorganomineral fertilizer, provided by the Faculty of Chemistry and Chemical Technologies, KazNU, was introduced into soil after 25-35 days post-planting in amounts of 25-30 g per plot with subsequent moderate watering.

Seeds of six local and foreign accessions have been subject to high-performance liquid chromatography, or HPLC to clarify amino acid composition.

To determine qualitative and quantitative composition of amino acids in the seeds, seed powder was subjected to acidic hydrolysis with 6N HCl at 105°C for 24 hours. The hydrolysate was dried with rotory evaporator three times at 40°C. Final precipitate was re-suspended with added fractions of salicyl-sulphonic acid and centrifuged to remove the aggregates. Supernatant was subjected to chromatography by loading onto Dowex-50 column under elution velocity of 150 µl/sec. After neutralization of the column with deionized water fractions of amino acids were eluted with 6N NH<sub>4</sub>OH (rate of elution 300 µl/sec). The eluate was dried with the rotavap under the pressure of 1.0 atm at 50 – 60°C. Dried preparation was diluted with SnCl<sub>2</sub> – 2,2 – dimethoxy-propane-propanol mixture saturated with HCl. Then the preparation was incubated under rising temperature up to 110°C for 20 min and dried again. Dry pellet was subsequently acetylated with the mixture of acetic oxide (acetic anhydrate), triethylamine and acetone (1:2:5, v/v). The mixture was incubated at 60°C for 1.5-2 min to be then dried and diluted with ethyl acetate saturated with NaCl. Posteriorly to rigorous stirring, upper phase of the preparation containing ethyl acetate was collected. Gas chromatography of amino acids in the composition of the upper phase picked out was performed by using “Carlo Erba 4200” chromatography machine, Italy-USA. Elution of amino acids was conducted using the column made of stainless steel (40 x 0.3 cm), containing polar mixture of 0.31% Carbowax 20M, 0.28% Silar 5av (5CP) and 0.06% Lexan on Chromosorb WA-W-120-140m used as the template. Standard mode of elution was maintained at the temperature of plasmic ionization detector of 300°C, evaporator temperature of 250°C, initial column (furnace) temperature of 110°C and the fol-

lowing regimes of column incubation: 6° per 1 min at 110 – 185°C and 32° per 1 min at 185 – 250°. Maximal temperature was maintained until complete exit of fractions [9]. Statistical treatment of the data obtained was fulfilled by the methods of analysis for variances [10,11].

## Results and discussion

In the case of Czech collection of introduced cultivars, it was observed that the cv. “Zuzka” showed the highest percentage of emergence (53.0%) at the 30-th day after sowing under mountain conditions. Two other Czech cultivars showed the emergence of 23.3% (cv. “Katka”) and 16.6% (cv. “Luna”) under the same conditions. The Cv. “Zuzka” surpassed other cultivars in leaf size (11.2 x 8.0 cm), whereas these parameters for cvs. “Katka” and “Luna” were 6.5 x 4.5 and 9.3 x 6.4 cm, respectively. Furthermore, it was also noted that the cv. “Zuzka” was much earlier to flower than other cultivars.

Morphogenetic studies of genetic stocks for breeding and phenological observations over the process of sprout emergence indicated that local lines were superior to introduced Czech cultivars with respect to the percentage of emergence (see Table 1).

**Table 1** – Results of phenological observations: intermediate evaluation of percentages of emergence for Kazakhstan and Czech cultivars of common bean (30-th day after sowing)

No	Cultivar or line	Emergence, %%
1	Zuzka	53.33±0.15***
2	Katka	23.33± 0.10***
3	Luna	16.67 ±0.10
4	Nazym	78.26±0.25***
5	Talgat	50.00 ±0.20***
Footnote: *** P<0.001		

The percent emergence value for the cv. “Zuzka” was much greater than those for other Czech cultivars that were included in the study.

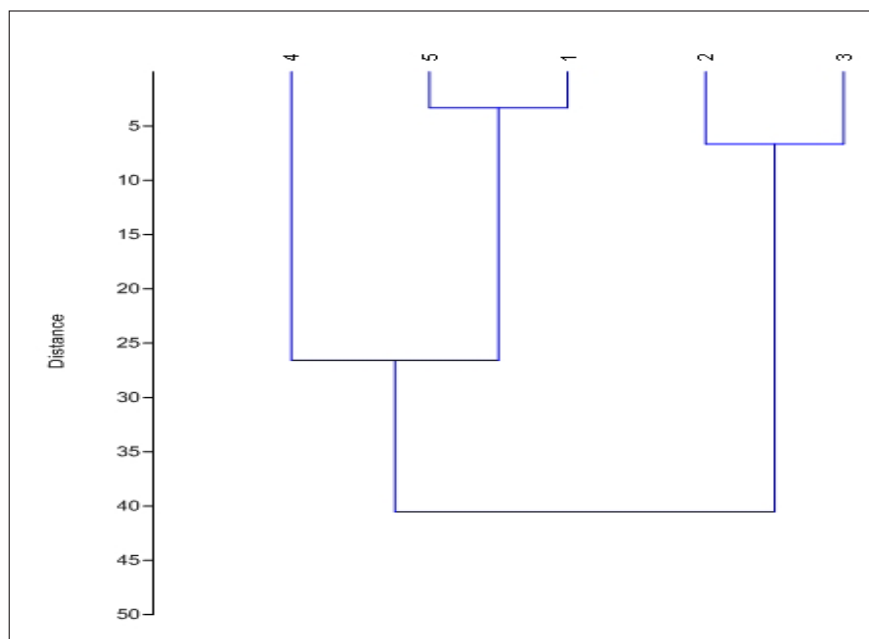
It has been shown that common bean leaves possess egg-like or transitional to wide egg-like form under local conditions. In addition, some cultivars and lines had silver-polished stipules and variations in leaf colour, which is known to be a characteristic genetic trait intrinsic for the cultivar. This trait is dependent on the vegetative stage of

the plant, soil quality and amounts of fertilizer applied.

One of the tasks of this study was to determine superior lines by examining phenotypic data on percentage of emergence, or germination rate obtained from a mountain location in 2012 in comparison with elite Czech common bean cultivars. This kind of cluster analyses based on other phenotypic characteristics (branch angle, height, hypocotyls diameter, lodging, maturity, upper pods, pods per plant, and yield) was performed by Canadian researchers [10]. As shown in Fig. 1, with respect to the percentage of emergence, which was processed using computational cluster analysis, the local line “Nazym” is closer to the cv. “Zuzka”, as is another local line “Talgat”, which is more distant from two other Czech cultivars, “Katka” and “Luna”. This output suggests that the line “Nazym” is unique by this morphogenetic character. This figure includes local and Czech lines only, as Czech cultivars were introduced into the mountain zone in 2012.

Noteworthy, similar approach was used for demonstrating genetic resemblance of the European and the North African faba bean germplasms which were closely associated with their geographical origins and ecological habits [13].

Propagation of common bean collection in Kazakhstan is in progress. Similar research towards the enrichment and analysis of national bean collections is being done by other researchers [14,15]. The objective of the Chinese investigation [16] was to evaluate a collection of domestic landraces for the genetic variability, genepool identity and relationships within and between the groups identified among the genotypes. The landraces were clustered into two genepools. Polish researchers evaluated the genetic diversity among commercial varieties and local landraces of the *Phaseolus* dwarf common bean and the *Phaseolus* runner bean to reveal a considerable polymorphism of *P. vulgaris* and *P. coccineus* accessions which formed distinct groups [17]. One of the positive outcomes of present study is the amount of polymorphism in stocks and possibility of introducing foreign cultivars, the Czech collection in particular. In the mountain zone of the Almaty Region (mountain plot is in the Almarasan Gorge) it was established that three cultivars, cvs. “Zuzka”, “Katka” and “Luna”, among the four of Czech collection, introduced in 2012, have a highly desirable traits such as high yield and early maturity deserving further study. The fourth cultivar cv. “Jitka” didn’t sprout at all and will not be included in future studies.



1, Zuzka; 2, Katka; 3, Luna; 4, Nazym; and 5, Talgat.

**Figure 1** – Cluster analysis showing the germination rate (percentage of emergence) differences between Kazakhstan and Czech lines of common bean (30-th day after sowing) (see also Table1).

Seed material obtained from cvs. “Zuzka”, “Katka” and “Luna” will be used for further propagation in the steppe zone, in fields of “Zhanga Talap” Agrobiocentre. However, all Czech cultivars have shown high susceptibility to bean weevil (*Acanthoscelides obtectus Sav.*) at room temperature. Cv. “Luna” was observed to be the earliest to reach maturity with a maturation period of 80 days after planting. Other cultivars reached the same stage of maturity 10-12 days later.

The data showed that the maximal size of mature pod was attained on the 92-th day after planting, and it belonged to cv. “Zuzka” ( $13.3 \pm 0.1$  cm). The pod size values for cvs. “Katka” and “Luna” were  $12.0 \pm 0.2$  cm and  $10.8 \pm 0.1$  cm, respectively. The local line “Aktatti” had similar pod lengths in the range of  $11.0 \pm 0.1$  cm, whereas other local lines, “Nazym” and “Talgat” had pod sizes of  $12.4 \pm 0.1$  and  $9.0 \pm 0.2$  cm, respectively, at their technical maturity stage.

Pod length values for cv. “Zuzka” and line “Talgat” were clearly much greater than those of other cultivars and lines investigated.

In the steppe zone (“Zhanga Talap” Agrobiocenter) American, Polish and Russian common bean lines have been successfully propagated. These observations indicate that

cvs. “Bijchanka”, “Camelia”, “Red Goya” and “Ufinskaya” would be most adapted to the steppe zone if they were introduced into that zone.

Using local “Aktatti” line, we investigated the effect of new domestic bioorganomineral fertilizer on morphogenetic traits of common bean plants. The results show that, the yield of this line can be increased by 19-25%, irrespective of climate conditions.

HPLC outputs considering differences in amino acid composition are shown below in Tables 2 and 3.

As indicated in Table 2, the bulk of amino acids would be presented by glutamatic (3980-2082 mg/100 g) and aspartic acids (2806-1045 mg/100 g), alanine (1405-928 mg/100 g) and proline (1273-694 mg / 100 g). Interestingly, domestic lines have appeared to take over external analogues by more than 91% by the glutamate content, more than 2.4 times by the aspartate content, more than 51% by alanine and 83% by proline.

In addition to abundant glucogenic amino acids forementioned, it has been noticed that the ketogenic amino acids (leucine, lysine and tryptophan) would remain in quite small quantities. This fact allows to recommending related “low-ketogenic varieties” for further manufacturing diabetic food products due to a minor risk of forming the ketone bodies.



**Table 2** – Amino acids composition of common bean seeds (mg/100 g)

Amino acids	Aktatti	Djungarskaya	Zhuravushka	IFGBR- 48	Camellia	Karakoz
Alanine	1405,8±8,5	1144,5±5,1	1025,5±7,6	1248,3±5, 4	928,7±2,5	1352,7±5,8
Glycine	644,5±3,09	320±1,05	258±1	526±2	286±2	608±3
Leucine	420,7 ± 2,03	378,6±1,09	425,9±2,07	425,7±2,05	404,5±2,07	480,7±2,05
Isoleucine	390,3 ± 2, 02	265,3±1,06	304,5±1,06	384,0±2,03	295,6±1,02	425,0±2,04
Valine	304,8 ± 2,06	205,6±1,03	210,3±1,03	328,5±2,08	220,5±1,03	356,5±2,02
Glutamate	3980,7±11, 7	2213,4±7,2	2082,7±5,4	3245,7±9,6	2147,4±9,1	3828±9,2
Threonine	462,0 ± 2,07	214,4±1,08	192,5±1,09	448,2±2,07	218,0±1,06	483,3±1,09
Proline	1273,5±5,04	762,6±2,05	705,8±2,04	1064, 3±3,3	694,3±2,07	1256±5,2
Methionine	335,1 ± 2,03	118,9±1,03	130,7±1,02	290,0±1,09	142,9±1,05	350,0±2,00
Serine	628,9±3,06	416,8±1,02	378,5±2,09	702,7±2,03	415,5±2,08	780,9±1,02
Aspartate	2806,8±12,10	1045,6±2,8	1210,6±6,9	1948,7±8,5	1148,6±4,9	2344,6±9,3
Cysteine	55,5±0,03	18,0±0,01	25,6±0,02	42,1±0,03	24,2±0,03	62,7±0,02
Hydroxy-proline	6,0±0,002	3,1±0,005	2,2±0,001	5,5±0,002	2,7±0,001	7,3±0,001
Phenylalanine	692,0 ±3,07	282,2±1,04	303,5±1,04	556,0±2, 02	312,7±1,04	680,0±2,00
Tyrosine	729,6±3,09	304,6±1,09	342,5±1,07	608,5±2,03	356,4±1,09	735,4±2,07
Histidine	588,0 ±3,03	298,4±1,09	315,0±1,05	526,2±3,03	285,2±1,07	554,4±2,03
Ornithine	5,0±0,001	4,2±0,003	3,3±0,004	4,7±0,001	3,9±0,001	6,1±0,001
Arginine	738,6±3,04	587,5±1,07	538,4±2,02	640,3±3,05	515,2±2,08	715,6±1,08
Lysine	410,0±1,08	368,5±1,03	325,0±1,09	315,7±2,08	286,0±2,09	370,9±1,05
Tryptophan	78,5±1,08	120,4±1,02	112,6±1,08	226,4±1,05	98,5±1,03	268,6±1,08

The amount of essential amino acids (Table 3) in the seeds has been recorded in the range of 2248-3879 mg/100g, or 25,5-29,8%, when compared with total content of amino acids shown in Table 2. Lysine, threonine and serine are biological substances enhancing the growth of human and animals. Interestingly, in contrast to other bean accessions usually sub-optimal in this respect, local lines “Aktatti” and “Karakoz” were shown to contain the greatest amount of sulfur-containing

amino acids, methionine and cysteine, which level would be maintained in seeds of these lines in amounts varying from 335 to 350 mg/100 g and from 55 to 62 mg/100 g, respectively. In addition, the line “Aktatti” has appeared to be enriched by lysine (410 mg/100 g).

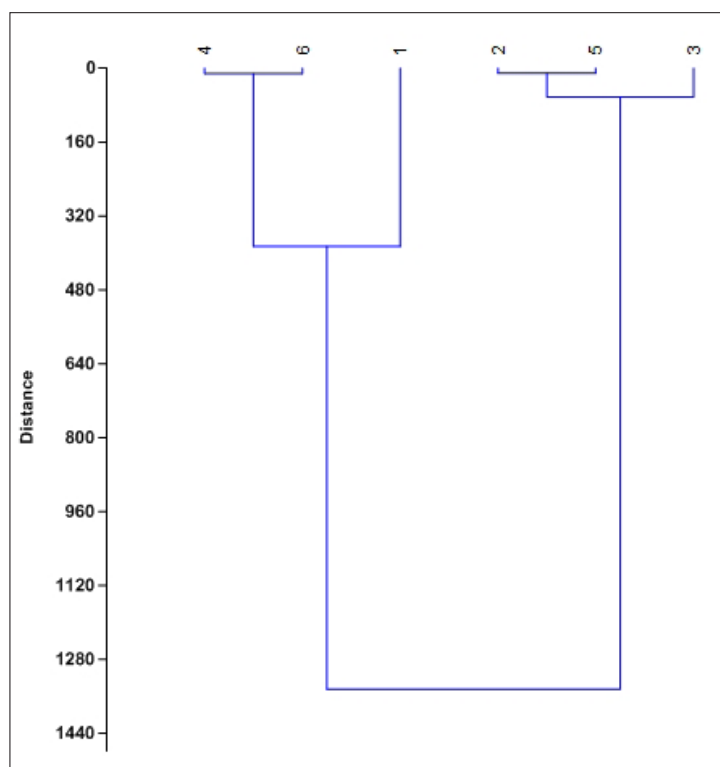
Studied accessions, varieties and lines could be classified by an Osborne classification presenting bulk of proteins as globulins (phaseolin, 60-90%) and albumins (10-20%).

**Table 3** – Composition of essential amino acids in bean seeds (mg/100 g)

Essential amino acids	Aktatti	Djungarskaya	Zhuravushka	IFGBR- 48	Camellia	Karakoz
Leucine	420,7 ± 2, 03	378,6±1,09	425,9±2,07	425,7±2,05	404,5±2,07	480, 7±2,05
Isoleucine	390,3 ± 2, 02	265,3±1,06	304,5±1,06	384,0±2,03	295,6±1,02	425,0±2,04
Valine	304,8 ± 2,06	205,6±1,03	210,3±1,03	328,5±2,08	220,5±1,03	356,5±2,02
Threonine	462,0 ± 2,07	214,4±1,08	192,5±1,09	448,2±2,07	218,0±1,06	483,3±1,09
Methionine	335,1 ± 2,03	118,9±1,03	130,7±1,02	290,0±1,09	142,9±1,05	350,0±2,00
Phenylalanine	692,0 ± 3,07	282,2±1,04	303,5±1,04	556,0±2, 02	312,7±1,04	680,0±2,00
Histidine	588,0 ±3,03	298,4±1,09	315,0±1,05	526,2±3,03	285,2±1,07	554,4±2,03
Lysine	410,0±1,08	368,5±1,03	325,0±1,09	315,7±2,08	286,0±2,09	370,9±1,05
Tryptophan	278,5±1,08	120,4±1,02	112,6±1,08	226,4±1,05	98,5±1,03	268,6±1,08
Total amount	3880,9±1,6	2252,3±1,05	2320,0±1,17	3500,7±1,72	2263,9±1,3	3488,7±1,5

Cluster analysis of differences in essential amino acids across cultivars and hybrids chosen from Kazakhstan and some other (American and Russian) common bean cultivars and lines is presented in Fig. 2. This picture

shows clearly that local lines (patterned in this case by the line “Aktatti”) may appear to be of particular interest because of their abundance in essential amino acids exceeding chosen international accessions.



1, Aktatti; 2, Djungarskaya; 3, Zhuravushka; 4, IFGBR-48; 5, Camellia; and 6, Karakoz.

**Figure 2** – Cluster analysis of differences for cultivars and hybrids by essential amino acids among Kazakhstan, American and Russian common bean cultivars and lines (see also Table 3).

Proper heat treatment of the seeds (to destroy heat-labile antinutritional factors) or cooking process (to remove testas containing tannins), mixture with other foods in the diet (mainly cereals), seed yield increase (with consequently a higher level of proteins) are all means to circumvent partially sometimes low biological value of beans [18]. Another interesting alternative to improve the biological value of the plant proteins is beans combination with other foods in the diet. A good mixture is provided by the cereal-based diets, combining adequately lysine (well represented in phabaceous species) with sulphur-containing amino acids (fairly represented in cereals). Supplementary alternative supposed to enhancing protein quality is genetic improvement of both protein content and amino acid balance. However, gene transfer at intra- and interspecific levels would be limited across grain legumes due to similar biochemical and nutritional deficiencies. Protein

concentration as genetic trait is inherited quantitatively being subject to non-genetic factors, making it difficult to assess varieties and lines without extensive trials. Substantial genetic variation for total seed protein concentration and amino acid composition (especially sulphur-amino acids) exists in the gene pools of grain common bean. Although environment effects are large, genotype environment interactions are often insignificant, indicating that the relative differences between genotypes should be similar in several environments. There are substantial differences in amino acid composition of individual protein fractions; synthesis and accumulation of different fractions and the polypeptide composition of the fractions are under separate genetic factors. Heritability estimates for the percentage protein range from 0.25 to 0.60, according to species, genotypes within species, and environments. Genetic correlation between seed yield and protein percentage is

quite small but positive, while correlation between seed yield and specific amino acid contents is once in a while significant. Occurrence of negative correlation between total protein concentration and sulphur-amino acid content is due predominantly to diverse accumulation of storage proteins, with different shares of amino acids.

Other authors, Pirman et al., 2001 [19] emphasized that amino acid composition of raw seeds, lyophilised cooked seeds and the water soluble matter crude protein contents in the seeds of three varieties of Slovenian common bean, namely Čeönjevec, Semenarna 22 and Cipro vary from 21.5, 23.5 and 26.2 g per 100 g., whereas this parameter for French green lentil (*Lens esculenta*) Anicia was determined to be of 26.7 g per 100 g. However, non-protein nitrogen is higher in the lentil than in the beans. The contents of amino acids in beans are similar, whereas for the lentil concentrations of methionine and tyrosine are lower and the concentration of arginine much higher than for the beans. After cooking the amount of some amino acids (in 100 g of crude protein) increased, especially tyrosine, methionine and cystine, more in lentil than beans. The index of essential amino acids (*EAAI*) was higher in beans than in lentil and it has increased after cooking in common bean. Analysis of the material obtained by drying the cooking water showed that predominantly non-essential amino acids had been released from beans.

Noteworthy, domestic lines have been determined in our experiments containing the highest quantities of sulfur-containing amino acids, methionine and cysteine (335-350 mg / 100 g and 55-62 mg / 100 g, respectively). Among them line "Aktatti" has appeared to be enriched by lysine (410 mg / 100 g). The data thereby confirm that the protein content is dependent on climate, applied breeding technologies, soil characters and genotypic features of the variety or line.

## Conclusions

Based on the survey of morphogenetic traits of available seed stocks, a catalogue of main parental

cultivars for common bean has been developed. It includes about 40 parental specimens of common bean and its relatives of diverse geographic origin. Out of the Czech bean collection introduced in the mountain zone, the cultivar to reach maturity earliest was cv. "Luna" (80 days of maturation), whereas other cultivars reached their technical maturity 10-12 days later than "Luna". As for germination percentages, tested by computational cluster analysis, the local line "Nazym" being closer by maturity date to cv. "Zuzka" and other local bean line "Talgat", appears to be more promising to be grown commercially in southeast regions of Kazakhstan on the basis of this and its other desirable traits.

Amino acid assessment undertaken in this study provides identification of best genetic types by nutritional value, accumulation of essential amino acids and sulfur-containing amino acids. Essential amino acids in common bean accessions under investigation have been determined to achieve 27.5-29.8%. Local lines have been determined to contain the greatest amount of sulfur-containing amino acids, methionine and cysteine (335-350 mg/100 g and 55-62 mg/100 g, respectively). Domestic line "Aktatti" has appeared to be enriched by lysine (410 mg/100 g). Essential and sulfur-containing amino acid analyses have been implied to the identification nutritionally valuable bean specimens. Accumulation of sulfur-containing amino acids may point to slowing down seed protein storage under sharply continental conditions. Earlier it was noticed that sulfur-containing amino acids may reflect seed protein deficiency [20].

In addition to Czech and local cultivars and lines, six French cultivars of grain and liana common beans ("Argus", "Coco nain blanc precoce", "Triomphe de Farcy", "Merveille de Venise", "Mistica", and "Phenomene" manufactured by Truffaut and Vilmorin companies), are currently being investigated. Five of these cultivars (except cv. "Coco nain blanc precoce") have occurred to possess high or average productivity. Investigations on domestic collection of cultivars and lines are also in progress with respect to biochemical, cytogenetic and other properties for further breeding activities.

## References

- 1 Bodnar GV, Lavrinenko GT (1977) Grain legume crops. Kolos, Moscow, USSR (in Russian)
- 2 Zhukovsky P.N. (1971) Crops and their relations. Kolos, Leningrad, USSR (in Russian)
- 3 Popov V.P., Martynov OL (2001) Morphological and biological peculiarities of few cultivars for common bean in the South of Moscow Region. Proceedings of Russian Academy of Agricultural Sciences, Russia . No. 4, P. 21-23.
- 4 Zerfus VM, Schitov AG, Kozlova GY (1997). Factors determining the formation of symbiotic apparatus and its impact on grain legumes productivity in Western Siberia. Agrochemistry [Agrochimia]. 12: 27-31 (In Russian)

- 5 Zewail R.M.Y. Effect of seaweed extract and amino acids on growth and productivity and some bioconstituents of common bean (*Phaseolus vulgaris* L) plants (2014). J. Plant Production, Mansoura Univ., Vol. 5 (8): 1441 – 1453,
- 6 Rysbekova A.B., Zhumabaeva B.A., Baiseyitova S., Urazova Z., Dzhangalina E., Tagaev Q., Aytasheva Z. Quantitative amino acid analysis of seeds from common bean university collection (2014). Agriculture & Forestry, Vol. 60 Issue 4: 181-187, Podgorica
- 7 Korsakov N.I. (1975) Methodical Instructions on The Study of The Collection for Grain Legumes (compiled by N.I. Korsakov, O.G. Adamova, V.I. Budanova. Leningrad: All-Union Institute of Plant Research Publishers, 59 p.
- 8 Asfaw AA, Blair MW, Almekinders C (2009) Genetic diversity and population structure of common bean (*Phaseolus vulgaris* L.) landraces from the East African highlands. Theor Appl. Genet. Vol. 120, 1:1-12.
- 9 Catherine Cooper (2011) Amino Acid Analysis Protocols (Methods in Molecular Biology) Humana Press, 280 p.
- 10 Dospikhov BA (1985) Field experiment techniques (with fundamentals of statistic treatment of research data) Agropromizdat, Moscow, USSR (in Russian)
- 11 Bisgaard S (2008) Must a Process be in Statistical Control before Conducting Designed Experiments. Quality Engineering, ASQ. Vol. 20, 2: 143 – 176.
- 12 Beattie AD, Michaels TE, Pauls KP (2003) Predicting progeny performance in common bean (*Phaseolus vulgaris* L.) using molecular marker-based cluster analysis. Genome. Vol. 46, 2:259-267.
- 13 Wang HF, Zong XX, Guan JP et al. (2012) Genetic diversity and relationship of global faba bean (*Vicia faba* L.) germplasm revealed by ISSR markers. Theor. Appl. Genet. Vol. 124, 5:789-797.
- 14 Isemura T, Kaga A, Konishi S et al. (2007) Genome dissection of traits related to domestication in azuki bean (*Vigna angularis*) and comparison with other warm-season legumes. Ann Bot. 100(5):1053-1071
- 15 Kumar V, Sharma S et al. (2008) Genetic diversity in Indian common bean (*Phaseolus vulgaris* L.) using random amplified polymorphic DNA markers. Physiol.Mol. Biol. Plants. Vol. 14, 4:383-387.
- 16 Zhang X, Blair MW, Wang S (2008) Genetic diversity of Chinese common bean (*Phaseolus vulgaris* L.) landraces assessed with simple sequence repeat markers. Theor. Appl. Genet. Vol. 117, 4:629-640.
- 17 Nowosielski J, Podyma W, Nowosielska D (2002) Molecular research on the genetic diversity of Polish varieties and landraces of (*Phaseolus coccineus* L.) and (*Phaseolus vulgaris* L.) using the RAPD and AFLP methods. Cell Mol. Biol. Lett. Vol. 7, 2B:753-762.
- 18 Baudoin J-P, Maque A (1999) Improvement of protein and amino acid contents in seeds of food legumes. A case study in *Phaseolus*. Biotechnol. Agron. Soc. Environ. Vol. 3, 4: 220–224.
- 19 Pirman T, Stibilj V, Stekar JMA, Combe E (2001) Amino acid composition of bean and lentil. Zb. Bioteh. Fak. Univ. Ljublj., Kmet. Zooteh. V. 78, 1:57-68.
- 20 Taylor M, Chapman R et al. (2008) Seed storage protein deficiency improves sulfur amino acid content in common bean (*Phaseolus vulgaris* L.) redirection of sulfur from gamma-glutamyl- S-methyl – cysteine. J. Agric. Food Chem. Vol.56, 14:5647-5654.



<sup>1</sup>Булатова К.М., <sup>1</sup>Юсаева Д.А.,  
<sup>2</sup>Гаврилова О.А., <sup>1</sup>Мазкират Ш.

<sup>1</sup>Казахский научно-исследовательский институт земледелия и растениеводства, Казахстан, Алматинская область, п. Алмалыбак.

<sup>2</sup>Опытное хозяйство масличных культур, Казахстан, ВКО, п. Солнечный

### **Характеристика коллекций инбредных линий подсолнечника по элементам продуктивности и качественным показателям семян**

<sup>1</sup>Bulatova K.M., <sup>1</sup>Yusaeva D.A.,  
<sup>2</sup>Gavrilova O.A., <sup>1</sup>Mazkirat Sh.

<sup>1</sup>Kazakh scientific research institute of farming and plant growth, Kazakhstan, Almaty region, Almalybak

<sup>2</sup>Experimental farm of oil crops, Kazakhstan, East Kazakhstan Region, Solnechnyi v.

### **Characterization of sunflower inbred lines collections on seeds quality traits and elements of productivity**

<sup>1</sup>Болатова К.М., Юсаева Д.А.,  
Гаврилова О.А., Мазкират Ш.

<sup>1</sup>Қазақ егіншілік және өсімдік шаруашылығы ғылыми зерттеу институты, Қазақстан, Алматы обл., Алмалыбақ ауылы

<sup>2</sup>Майлы дақылдардың тәжірибе шаруашылығы, Қазақстан, ШҚО, Солнечный а.

### **Күнбағыстың инбредті линиялары коллекцияларының тұқымының өнімділік элементтері және сапалық қасиеттері бойынша сипаттамасы**

Изучена коллекция подсолнечника ТОО «Опытное хозяйство масличных культур» Восточно-Казахстанской области, включающая 36 линий с цитоплазматической мужской стерильностью (А линии), 44 линии закрепителей стерильности (Б линии), 43 линии восстановителей фертильности пыльцы (В линии) по признакам: масса 1000 семян, процентное содержание лузги, выполненность, масличность семян, содержание свободного пролина в семенах. Данные по элементам продуктивности и качественным показателям семян линий подсолнечника были обработаны методом кластерного анализа. По результатам оценки создана база данных показателей семян, которая используется в селекции гибридов. Выделено 29 линий подсолнечника, которые можно использовать как источники хозяйственно-ценных признаков. Анализ содержания свободного пролина в семенах подсолнечника позволил подразделить их на 3 группы: с низким содержанием пролина в семенах (от 30 до 50 мг/%), средним уровнем содержания (от 51 до 80 мг/%) и высокопролиновые линии (от 81 мг/% и выше). Корреляционный анализ данных по уровню свободного пролина в семенах и длине вегетационного периода выявил слабую положительную взаимосвязь между этими показателями:  $r=0,28$  в группе А линий,  $0,28$  в группе Б линий и наиболее значимую положительную корреляцию в группе В линий ( $r=0,45$ ).

**Ключевые слова:** подсолнечник, инбредные линии, семена, качественные и количественные показатели.

The sunflower collection of LLC "Experimental Farm oilseeds" of Eastern Kazakhstan region was studied, including 36 lines with cytoplasmic male sterility (line A), 44 lines fixers of sterility (line B), 43 reducing pollen fertility lines (line R) on the basis of: weight of 1000 seeds, the percentage of the huskness, filling of grain, oil and free proline content of seeds. Analysis of the data on the studied traits showed that studied sunflower samples are characterized by wide amplitude variation. Data on the elements of productivity and qualitative lines of sunflower seeds were processed by the method of cluster analysis. According to the evaluation of results database of indicators of seed to be used in breeding of hybrid was established. 29 sunflower lines that can be used as sources of economically valuable traits was allocated. Analysis of the free proline content in seeds of inbred lines allowed them to be divided into 3 groups: low-proline content in seeds (30 to 50 mg /%), mid level of proline content (51 to 80 mg /%) and high proline content lines ( from 81 mg /% and above).

Correlation analysis of the level of free proline data in seeds and the length of the growing season showed a weak positive correlation between these indicators:  $r = 0,28$  in lines of group A and  $0.28$  in lines of group B, the most significant positive correlation is found in lines of group R ( $r = 0,45$ ).

**Key words:** sunflower, inbred lines, seeds, quality and quantitative traits.

Мақалада Шығыс Қазақстан облысындағы ЖШС «Майлы дақылдардың тәжірибелік шаруашылығындағы» күнбағыстың 36 цитоплазматикалық аталық стерильді линиялары (А линиялар), 44 стерильділікті бекіткіш – линиялар (Б линиялар), 43 тозаңқаптың фертильділігін қалпына келтіруші линиялары коллекцияларының (В линиялар) 1000 дән салмағы мен күнжарасының пайыздық құрамы, дәнінің толықтығы және майлылығы, дәндегі бос пролиннің құрамының зерттелгені туралы мәліметтер келтірілген. Күнбағыстың өнімділік элементтері мен сапалық көрсеткіштері бойынша мәліметтеріне кластерлік талдау әдісімен өңдеулер жүргізілді. Мәліметтер бойынша күнбағыстың будандар селекциясында пайдаланылатын тұқым көрсеткіштерінің мәліметтері базасы құрылды. Шаруашылық-күнды белгілерін қайнар көз ретінде пайдалануға болатын 29 линиялар бөлініп алынды. Дәндегі бос пролин құрамының талдауы бойынша олар 3 топқа бөлінді: дәндегі пролин деңгейі төмен (30 -50 мг/г дейін), орта деңгейдегі линиялар (51-80 мг/г дейін), жоғарыпролинді линиялар (81 мг/г және одан жоғары). Дәндегі бос пролин құрамы мен өсу мерзімінің ұзақтығының мәліметтері бойынша жасалған корреляциялық талдаулар әлсіз оң нәтижені көрсетті: А линияларының тобында  $r=0,28$ , Б линиясының тобында  $r=0,28$  және В линияларының тобында едәуір оң нәтижені көрсетті ( $r=0,45$ ).

**Түйін сөздер:** күнбағыс, инбредті линиялар, тұқым, сапалық және сандық көрсеткіштер

**ХАРАКТЕРИСТИКА КОЛЛЕКЦИЙ ИНБРЕДНЫХ ЛИНИЙ ПОДСОЛНЕЧНИКА ПО ЭЛЕМЕНТАМ ПРОДУКТИВНОСТИ И КАЧЕСТВЕННЫМ ПОКАЗАТЕЛЯМ СЕМЯН**

**Введение**

Подсолнечник (*Helianthus annuus* L.) является одной из важнейших масличных культур, возделываемых в Казахстане. Посевы подсолнечника в стране составляют в настоящее время около 900 тыс. га, основные площади сосредоточены в Восточно-Казахстанской и Павлодарской областях [1]. Кроме использования подсолнечника в производстве масла, культура широко применяется в кондитерской отрасли – изготовление халвы, особых сортов хлебобулочных и кондитерских изделий

Создание новых, адаптированных к конкретным условиям выращивания и требованиям переработки гибридов подсолнечника с комплексом хозяйственно-ценных признаков, устойчивых к возбудителям основных заболеваний, может быть успешным лишь при наличии хорошо изученного, генетически разнообразного исходного материала, в котором коллекция самоопыленных линий является наиболее ценной частью генофонда, непосредственно используемого в селекции гибридов.

Гибриды подсолнечника получают путем скрещивания материнских инбредных линий (А-линии), характеризующихся мужской стерильностью (неразвитость пыльцевых зерен) с отцовскими линиями (В линиями) Для ежегодного воспроизводства мужскостерильных А-линий их скрещивают с изогенными линиями закрепителями стерильности (Б-линии). Изученность коллекций самоопыленных линий по морфологическим признакам является первым этапом в определении разнообразия исходного материала и его перспективности для селекции по тем или иным признакам.

Морфологические параметры растений могут быть сопряжены с рядом хозяйственно-ценных признаков, таких как устойчивость к болезням [2], экологическая адаптированность [3], использованы в поиске взаимосвязи с ДНК показателями [4,5].

Анализ морфологических данных растений и семян, физиологических показателей и их обработка кластерным анализом позволяет выявлять источники для гибридных комбинаций с высоким эффектом гетерозиса, оценивать чистоту самоопыленных линий [6,7].

Качественные показатели семян, такие содержание масла, белка и др. являются важнейшими характеристиками исходных родительских линий в селекции масличных и кондитерских форм подсолнечника.

Целью наших исследований являлось изучение коллекций инбредных линий подсолнечника по морфологическим и качественным показателям, а именно – массе 1000 семян, процентному содержанию лузги (лузжистость), выполненности, масличности, белковости семян, а также по длине вегетационного периода и содержанию свободного пролина в семенах.

### Материалы и методы исследования

Объектами исследований служили 36 А линий с цитоплазматической мужской стерильностью (ЦМС), 44 Б линии закрепители стерильности, 43 В линии – восстановители фертильности пыльцы.

Полевые исследования велись в соответствии с методическими указаниями [8] на полях ТОО «Опытное хозяйство масличных культур», которое находится в южной части Глубоковского района, в предгорной зоне Восточно-Казахстанской области. Масса 1000 семян определялась по ГОСТ 12042-80 [9], выполненность по ГОСТ 12037-81 [10], процентное содержание лузги – по ГОСТ 10855-64 [11]. Содержание в семенах масла определяли по ГОСТ 10857-64 [12], на ЯМР-анализаторе АМВ-1006М (Гранат, Россия). Определение свободного пролина вели

методом Bates L.D. [13]. Содержание общего белка в зерне и его фракций определяли микрометодом Лаубера [14].

Математическая обработка данных, в т.ч. и кластеризация методом UPGMA осуществлялись при помощи пакета программ Statistica V 7.0.

### Результаты исследования и их обсуждение

Показатель количества семян в корзинке (выполненность) является наряду с другими элементами структуры важным показателем урожайности и, несмотря на то, что исходные родительские линии не выращиваются непосредственно для производства с-х. продукции, оценка данного показателя важна для отбора ценных линий в селекции гибридов. В изучаемой коллекции выполненность варьировала от 988 до 1877 шт. семян.

Поскольку подсолнечник возделывается в Республике в основном для экстракции масла, содержание масла в семенах – основной показатель качества. Масличность исследованных 36 ЦМС – аналогов материнских линий подсолнечника изменялась в интервале от 38,8 до 53,8%. Лузжистость семян – важный признак, связанный с масличностью – чем меньше лузги, тем выше доля ядра семени, следовательно будет выше выход масла при переработке продукции. Данные по лузжистости семян варьировали от 20,0 до 24,0%. Масса 1000 семян колебалась от 53,0 до 73,5% (таблица 1).

Таблица 1 – Продуктивные и качественные показатели семян А-линий подсолнечника

Наименование	Выполненность, шт	Масса 1000 семян, г	Масличность семян, %	Лузжистость семян, %
1	2	3	4	5
ВКУ 1А	1200	45,6	38,8	24
ВКУ 5А	950	76,4	42,3	24
ВКУ 9А	1330	47,8	38,6	24
ВКУ 19А	1250	60,3	39,1	24
ВКУ 25А	1100	72,2	40,6	25
ВКУ 27А	1780	53,5	44	23
ВКУ 35А	1300	54	48,9	23
ВКУ 64А	1600	50,3	40,4	22
ВКУ 65А	1000	44,1	44,7	23

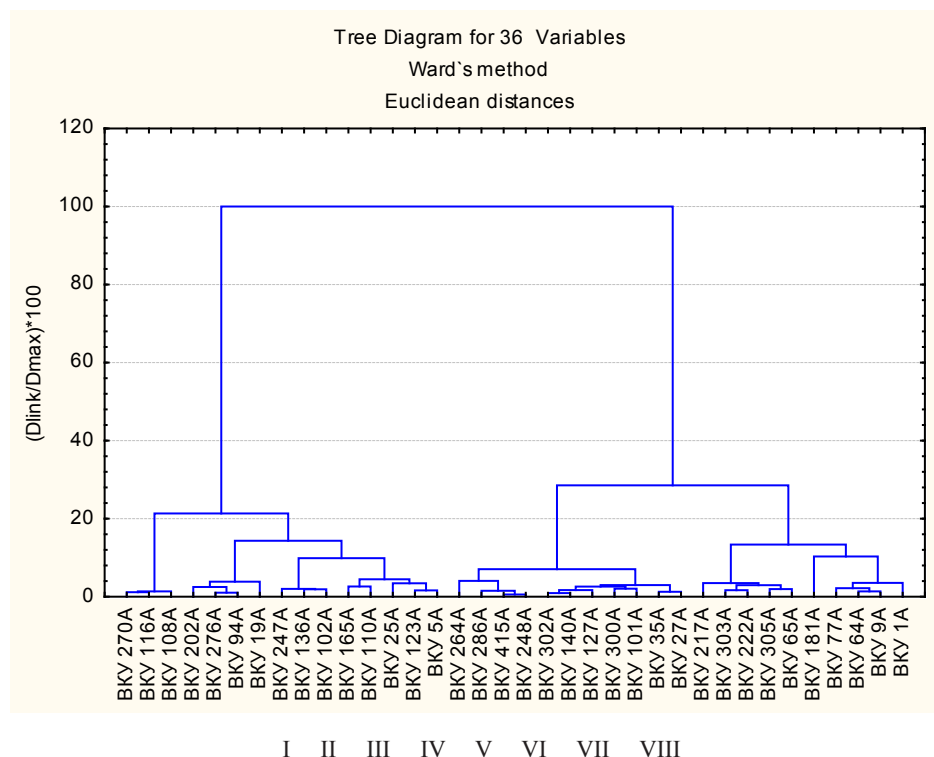


Наименование	Выполненность, шт	Масса 1000 семян, г	Масличность семян, %	Лужистость семян, %
1	2	3	4	5
ВКУ 77А	1570	51,3	40,3	22
ВКУ 94А	1180	66,4	43,1	23
ВКУ 101А	1300	57,3	45,1	22
ВКУ 102А	1380	71,4	47,3	22
ВКУ 108А	1620	85,3	48,4	24
ВКУ 110А	1500	73,4	48,9	24
ВКУ 116А	1480	87,4	46,4	24
ВКУ 123А	1200	79,3	40,5	25
ВКУ 127А	1510	53,6	50,3	24
ВКУ 136А	1350	73,4	50,5	23
ВКУ 140А	1720	55,8	52,1	21
ВКУ 165А	1100	79,3	49,3	24
ВКУ 181А	1380	68,3	39,9	22
ВКУ 202А	900	63,1	45,3	22
ВКУ 217А	1040	42	52,9	23
ВКУ 222А	980	48,6	50,9	21
ВКУ 247А	610	70,8	49,8	20
ВКУ 248А	930	57,7	51,4	20
ВКУ 264А	1280	62	52,9	23
ВКУ 270А	1000	87,5	46,6	22
ВКУ 276А	930	67,9	44,9	20
ВКУ 286А	870	56,2	53,8	23
ВКУ 300А	1180	58	48,9	26
ВКУ 302А	1000	55,2	50,8	20
ВКУ 303А	1020	45,6	51,2	24
ВКУ 305А	910	48,4	48,3	25
ВКУ 415А	1490	57,5	52	22

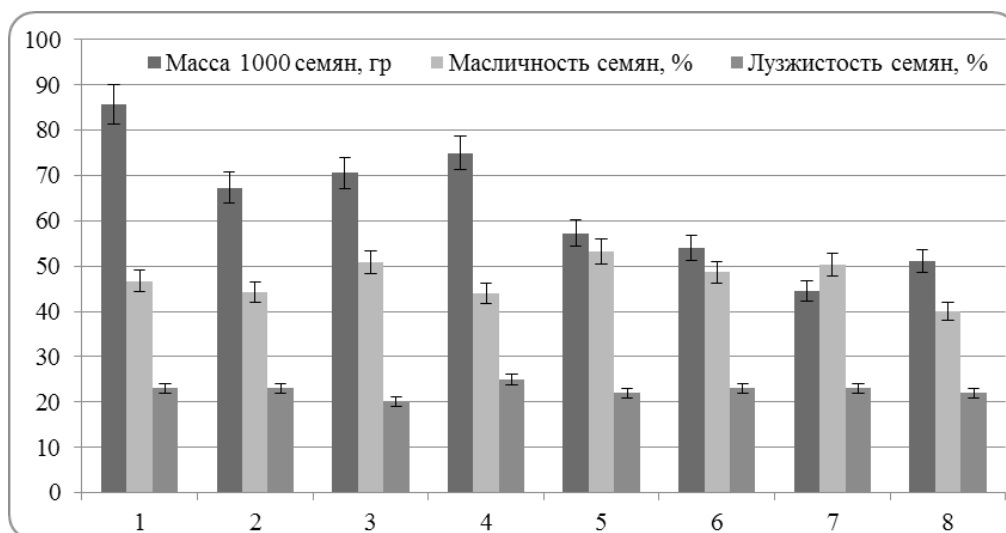
Анализ полученных данных по изучаемым признакам показал, что изученные образцы подсолнечника характеризуются широкой амплитудой изменчивости.

Данные по по масличности, лужистости и массе 1000 семян материнских А линий подсолнечника были обработаны методом кластерного анализа (рисунок 1). Линии сгруппировались в 2 кластера и 8 субкластеров в зависимости от содержания

масла, массы 1000 семян, процента лужги, а также выполненности семян каждой линии. В каждом субкластере сосредоточилось от 3 до 7 линий. В V субкластере сосредоточилось 4 образца, для которых характерно наибольшее содержание масла: ВКУ 264А, ВКУ 286А, ВКУ 415А, ВКУ 248А. Образцы с наибольшей массой 1000 семян сосредоточились в I субкластере: ВКУ 270 А, ВКУ 116А, ВКУ 108А.



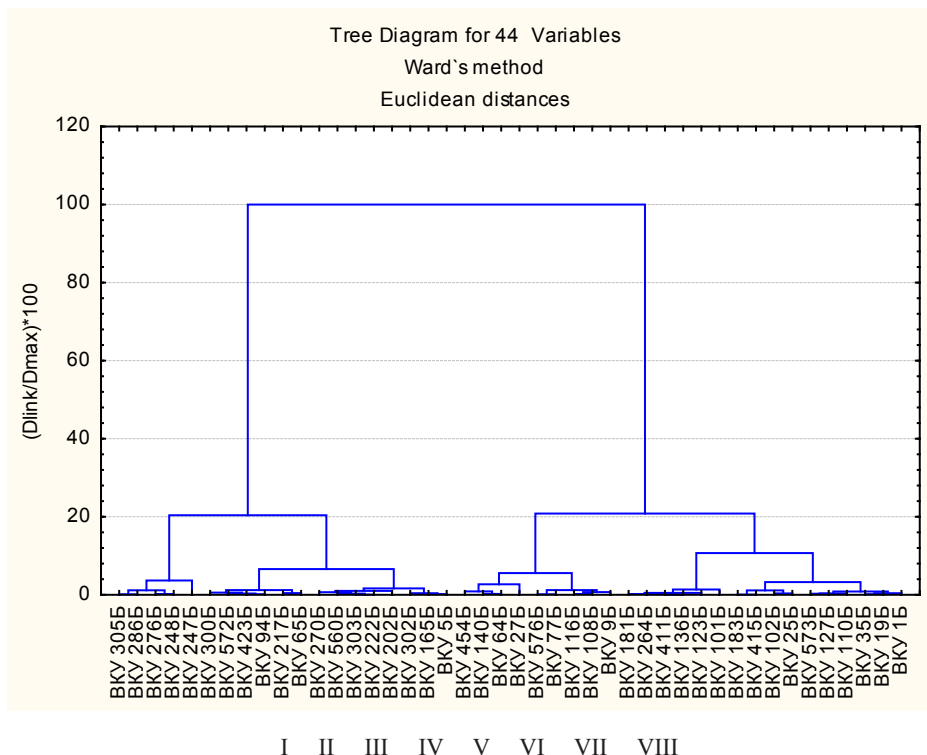
**Рисунок 1** – Дендрограмма распределения А линий подсолнечника по масличности, лузжистости и массе 1000 семян



**Рисунок 2** – Характеристика кластеров распределения А линий подсолнечника по элементам продуктивности (масса 1000 семян), масличности и лузжистости

Кластерный анализ 44 Б линий подсолнечника по показателям масличности, массы 1000 семян, процента лузги, которые, в свою очередь, подразделились на 8 субкластеров (рисунок 3), насчитывавших от 4 до 8 образцов. Характеристики ЦМС линий и линий закрепителей сте-

рильности были примерно одинаковы. Наиболее высокомасличные линии сосредоточились в 1 и 7 субкластерах. Линии с высокими значениями массы 1000 семян сосредоточились в 5 и 6 субкластерах. По лузжистости семян линии были однородны.

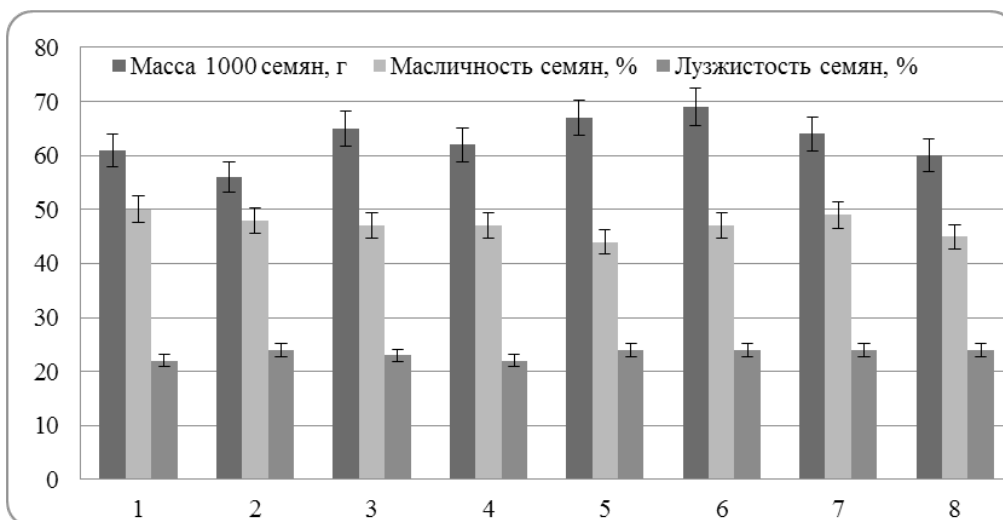


**Рисунок 3** – Дендрограмма распределения 44 линий-закрепителей стерильности подсолнечника по элементам урожайности и качественным показателям семян

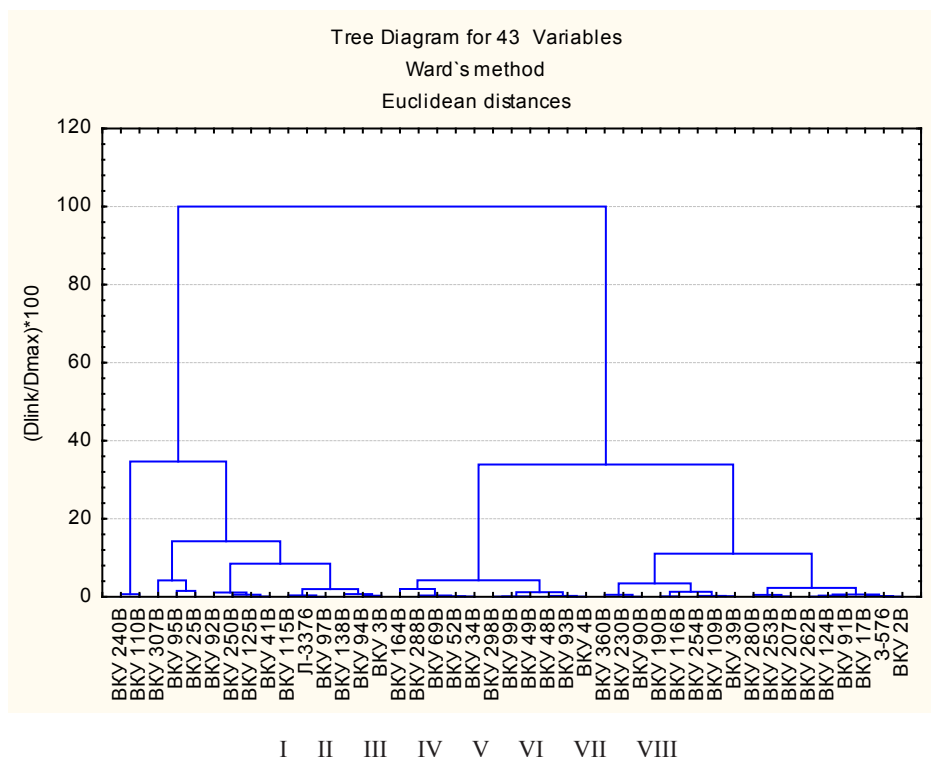
Масличность семян в коллекции Б линий – закрепителей стерильности варьировала от 44 до 50 %, лужистость – от 20 до 24%, масса 1000 семян колебалась от 56,0 до 69,0 г (рисунок 4).

У отцовских линий – восстановителей фертильности (В линии) выполненность варьи-

ровала от 830 до 1018 шт., масса 1000 семян – от 38,0 до 46 г., масличность колебалась от 44 % до 49 %, лужистость семян – от 22 до 26%. Кластерный анализ данных распределил линии на 2 кластера и 8 субкластеров (рисунок 5).



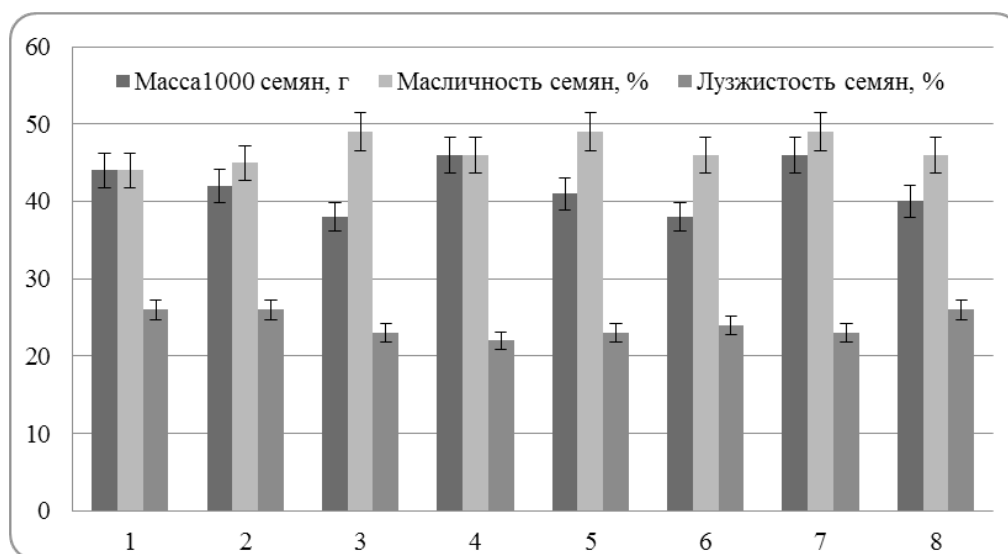
**Рисунок 4** – Характеристика кластеров распределения Б линий подсолнечника по элементам продуктивности (масса 1000 семян), масличности и лужистости.



**Рисунок 5** – Дендрограмма распределения 43 линий – восстановителей фертильности подсолнечника по элементам продуктивности и качественным показателям семян

По массе 1000 семян, масличности линии-восстановители фертильности уступают материнским формам, значительное число линий характеризуются высокой лужистостью семян (рисунок 6).

По результатам анализа элементов продуктивности, качественных показателей семян выделены 29 линий в качестве источников хозяйственно-ценных признаков для селекции (таблица 2).



**Рисунок 6** – Характеристика кластеров распределения В линий подсолнечника по элементам продуктивности (масса 1000 семян), масличности и лужистости.

**Таблица 2** – Перспективные для селекции линии – источники хозяйственно-ценных признаков. (А- ЦМС – аналоги материнских линий; В- отцовские линии-восстановителей фертильности)

Линии	Хозяйственно-ценные показатели	Численность образцов
ВКУ 305А, ВКУ 286А, ВКУ 276А, ВКУ 248А, ВКУ 247А ВКУ 92В, ВКУ 250В, ВКУ 125В, ВКУ 41В, ВКУ 164В, ВКУ 288В, ВКУ 69В, ВКУ 52В, ВКУ 34В, ВКУ 360В, ВКУ 230В, ВКУ 90В, ВКУ 190В, ВКУ 116В, ВКУ 254В, ВКУ 109В.	Высокое содержание масла в семенах	21
ВКУ 116А, ВКУ 108А, ВКУ 9А	Наибольшая масса 1000 семян	3
ВКУ 240В, ВКУ 110В, ВКУ 307В, ВКУ 95В, ВКУ 25В	Высокая выполненность и низкая лужистость	5

Создание раннеспелых и скороспелых гибридов и сортов подсолнечника с коротким периодом вегетации имеет важное значение в снижении потерь урожайности за счет уборки до наступления осенней непогоды, а также уменьшения пораженности болезнями.

Известны биохимические маркеры скороспелости, такие как содержание свободной аминокислоты пролин в семенах ячменя, сои [15,16]. Содержание свободного пролина, оцененное нами в семенах инбредных линий А, Б и В типов приведено в таблице 3.

**Таблица 3** – Содержание свободного пролина в семенах инбредных коллекционных линий подсолнечника.

А линии	Пролин, мг/%	Б линии	Пролин, мг/%	В линии	Пролин, мг/%
ВКУ 1А	32,24±1,65	ВКУ 1Б	36,00±0,71	ВКУ 2В	64,24±4,00
ВКУ 5А	41,88±0,47	ВКУ 5Б	65,65±4,94	ВКУ 3В	75,30±3,76
ВКУ 9А	46,12±1,41	ВКУ 9Б	102,36±1,18	ВКУ 4В	77,65±2,35
ВКУ 19А	36,00±0,71	ВКУ 19Б	69,88±3,53	ВКУ 17В	92,94±1,18
ВКУ 25А	68,71±1,88	ВКУ 25Б	97,41±3,76	ВКУ 25В	58,12±2,59
ВКУ 27А	40,47±2,82	ВКУ 27Б	54,59±2,82	ВКУ 34В	96,47±2,35
ВКУ 35А	53,88±2,12	ВКУ 35Б	63,53±3,29	ВКУ 39В	63,53±0,47
ВКУ 64А	52,47±1,65	ВКУ 64Б	92,94±3,53	ВКУ 41В	53,18±0,94
ВКУ 65А	71,18±2,12	ВКУ 65Б	97,65±1,18	ВКУ 48В	94,36±0,71
ВКУ 77А	82,12±2,59	ВКУ 77Б	94,12±7,06	ВКУ 49В	63,77±4,94
ВКУ 94А	51,53±0,24	ВКУ 94Б	114,12±1,18	ВКУ 52В	83,30±4,24
ВКУ 101А	42,35±0,47	ВКУ 101Б	105,89±2,35	ВКУ 69В	31,77±1,18
ВКУ 102А	93,41±1,65	ВКУ 102Б	115,30±2,35	ВКУ 90В	28,47±0,71
ВКУ 108А	68,24±2,35	ВКУ 108Б	93,65±0,47	ВКУ 91В	38,35±3,06
ВКУ 110А	62,83±2,12	ВКУ 110Б	79,77±2,59	ВКУ 92В	14,12±0,94
ВКУ 116А	63,77±2,59	ВКУ 116Б	102,36±1,18	ВКУ 93В	54,35±3,06
ВКУ 123А	76,00±3,06	ВКУ 123Б	55,77±1,65	ВКУ 94В	15,06±1,41
ВКУ 127А	73,18±2,12	ВКУ 127Б	135,30±1,18	ВКУ 95В	25,41±3,76
ВКУ 136А	77,18±2,82	ВКУ 136Б	86,36±2,12	ВКУ 97В	14,35±0,71
ВКУ 140А	81,41±1,41	ВКУ 140Б	84,94±0,24	ВКУ 99В	34,59±2,12

А линии	Пролин, мг/%	Б линии	Пролин, мг/%	В линии	Пролин, мг/%
ВКУ 165А	81,65±2,12	ВКУ 145Б	92,24±4,24	ВКУ 109В	38,35±3,06
ВКУ 181А	73,41±2,82	ВКУ 165Б	95,53±2,35	ВКУ 110В	40,47±1,88
ВКУ 202А	43,30±2,82	ВКУ 181Б	58,59±2,59	ВКУ 115В	60,71±1,41
ВКУ 217А	69,65±3,76	ВКУ 202Б	52,47±1,65	ВКУ 116В	65,41±2,82
ВКУ 222А	65,65±4,94	ВКУ 217Б	92,94±3,53	ВКУ 124В	71,53±1,41
ВКУ 247А	58,83±4,71	ВКУ 222Б	90,36±3,76	ВКУ 125В	75,53±4,47
ВКУ 248А	86,36±4,00	ВКУ 247Б	85,18±1,88	ВКУ 138В	102,36±1,18
ВКУ 264А	78,35±2,12	ВКУ 248Б	94,12±0,94	ВКУ 164В	65,65±4,94
ВКУ 270А	56,71±0,24	ВКУ 264Б	97,65±3,53	ВКУ 190В	38,12±2,82
ВКУ 276А	85,18±4,24	ВКУ 270Б	98,83±4,71	ВКУ 207В	81,65±3,06
ВКУ 281А	53,41±0,71	ВКУ 276Б	72,47±2,82	ВКУ 230В	41,41±1,88
ВКУ 286А	97,18±5,41	ВКУ 286Б	88,47±5,65	ВКУ 240В	47,06±0,94
ВКУ 300А	86,12±3,29	ВКУ 300Б	62,59±3,29	ВКУ 250В	70,59±1,41
ВКУ 301А	102,36±1,18	ВКУ 302Б	38,12±1,88	ВКУ 253В	40,00±1,88
ВКУ 302А	35,53±3,06	ВКУ 303Б	66,59±3,06	ВКУ 254В	88,71±3,06
ВКУ 303А	74,35±1,41	ВКУ 305Б	95,53±0,94	ВКУ 262В	69,18±3,29
ВКУ 305А	95,53±2,82	ВКУ 415Б	56,71±1,18	ВКУ 280В	66,12±0,24
ВКУ 415А	57,41±1,41	ВКУ 183Б	52,71±3,76	ВКУ 288В	53,65±1,88
		ВКУ 411Б	69,18±1,88	ВКУ 298В	108,00±0,24
		ВКУ 423Б	65,18±1,18	ВКУ 307В	80,47±0,00
		ВКУ 454Б	61,88±0,71	ВКУ 360В	43,06±0,24
		ВКУ 560Б	77,65±2,82		
		ВКУ 572Б	93,65±4,71		
		ВКУ 573Б	73,18±2,12		
		ВКУ 576Б	67,77±1,88		

Корреляционный анализ данных по уровню свободного пролина в семенах и длине вегетационного периода выявил слабую положительную взаимосвязь между этими показателями:  $r=0,28$  в группе А линий,  $0,28$  в группе Б линий и наиболее значимую положительную корреляцию в группе В линий ( $r=0,45$ ). Анализ содержания свободного пролина в семенах инбредных линий подсолнечника позволил подразделить их на 3 группы: с низким содержанием пролина в семенах (от 30 до 50 мг/%), средним уровнем содержания (от 51 до 80 мг/%) и высокопролиновые линии (от 81 мг/% и выше). Наибольшее число линий в наборе А и В линий характеризуется средним уровнем аминокислоты, тогда как в группе Б линий преобладают высокопролиновые образцы (таблица 3). Для низкопролиновых групп у всех типов инбредных линий характерен более короткий период веге-

тационного развития и хорошая выполненность корзинки, тогда как по массе 1000 семян и масличности А и Б линии этой группы уступают средне- и высокопролиновым группам.

Семена подсолнечника являются не только источником растительного масла, но и белка. Рядом исследователей выявлена взаимосвязь между белком и другими характеристиками семян [17]. В последние годы в селекции подсолнечника усиливается тренд в сторону создания сортов и гибридов кондитерского направления, в том числе и грызового, при котором внимание акцентируется на увеличение содержания белка в семени при одновременном снижении уровня масличности. Кроме того, грызовой подсолнечник должен отвечать требованиям по размерам семян, массе 1000 семян, их окраске, лузжистости.

Таблица 4 – Характеристика инбредных линий подсолнечника по морфо-биологическим и биохимическим показателям

Группа по содержанию свободного пролина в семенах	Число линий, %	Вегетационный период до созревания, дни	Выполненность, шт	Масса 1000 семян, г	Масличность семян, %	Лузжистость семян, %
Материнские, А линии						
Низкопролиновая	22,2	94	1511	57	43	23
Среднепролиновая	52,8	96	1465	64	47	23
Высопролиновая	25,0	95	1296	61	48	23
Закрепители стерильности, Б линии						
Низкопролиновая	4,6	91	1445	50	45	22
Среднепролиновая	43,2	96	1483	65	46	23
Высопролиновая	52,3	96	1416	62	47	23
Отцовские, В линии						
Низкопролиновая	34,9	93	2251	42	48	23
Среднепролиновая	41,9	94	1942	39	47	24
Высопролиновая	23,3	96	1874	42,9	44,7	24

По результатам оценки содержания белка в семенах линий с разным уровнем свободного пролина получены следующие результаты:

- содержание белка в семенах А линий с разным уровнем свободного пролина варьировало от 19,08% до 26,33% взаимосвязи между этими двумя показателями не выявлено;

- вариация между Б линиями по содержанию белка была значительнее: от 16,74 до 27,23%, отмечена слабая отрицательная корреляция между накоплением белка и свободного пролина ( $r = -0,36$ );

- в коллекции В линий уровень белка варьировал от 18,59% до 27,44%, причем в этой группе выявлена положительная корреляция между содержанием свободного пролина и уровнем белка ( $r = 0,59$ ), что дает возможность вести отбор высокобелковых линий среди высокопролиновых образцов.

В результате оценки коллекции подсолнечника ТОО «Опытное хозяйство масличных культур» (Восточно-Казахстанская обл.), включающей 36 линий с цитоплазматической мужской стерильностью (А линии), 44 линии закрепителей стерильности (Б линии), 43 линии восстановителей фертильности пыльцы (В линии) по признакам: масса 1000 семян, процентное содержание лузги, выполненность, масличность семян, содержание свободного пролина и белка. в семенах показано, что образцы характеризуются широкой амплитудой изменчивости. В коллекции выполненность ва-

рировала от 988 до 1877 шт. семян. Масличность А линий изменялась в интервале от 44,4 до 50,0%, лузжистость семян варьировала от 22,0 до 24,0%, масса 1000 семян колебалась от 53,0 до 73,5 г, выполненность семян варьировала от 850 до 1960 шт. Масличность семян в коллекции Б линий варьировала от 44 до 50 %, лузжистость: от 20 до 24%, масса 1000 семян колебалась от 56,0 до 69,0 г, выполненность семян варьировала от 610 до 1780 шт. У В линий масличность колебалась от 44 % до 49 %, лузжистость семян – от 22 до 26%, масса 1000 семян – от 38,0 до 46 г., выполненность варьировала от 830 до 4820 шт. Создана база данных показателей семян, которая используется в селекции гибридов. Выделено 29 линий подсолнечника, которые можно использовать как источники хозяйственно-ценных признаков. Корреляционный анализ данных по уровню свободного пролина в семенах и длине вегетационного периода выявил слабую положительную взаимосвязь между этими показателями:  $r = 0,28$  в группе А линий,  $0,28$  в группе Б линий и наиболее значимую положительную корреляцию в группе В линий ( $r = 0,45$ ).

*Работа выполнена в рамках проекта «Генотипирование родительских линий гибридов подсолнечника с цмс и rf генами методами биохимического и молекулярного маркирования» по бюджетной программе МОН РК «Грантовое финансирование научных исследований» на 2015-2017 гг.*

## Литература

- 1 Муратов И.А. Подсолнечник в Казахстане. – Усть Каменогорск, 2012. – С. 140-154.
- 2 Piven V.T., Shulyak I.I., Muradasilova N.V., Alifirova T.P. Biological peculiarities of infection keeping in sunflower seeds // Proceedings of the International Symposium “Sunflower Breeding on Resistance to Diseases”. –Krasnodar, Russia, 2010, – P. 181-183.
- 3 Tan A.S., Tan A. Sunflower (*Helianthus annuus* L.) landraces of Turkey – their collection, conservation, and morphometric characterization // *Helia*. – 2010. – Vol. 33, No. 53. – P. 55-62.
- 4 Dong G.J., Liu G.S., Li K.F. Studying genetic diversity in the core germplasm of confectionary sunflower (*Helianthus annuus* L.) in China based on AFLP and morphological analysis // *Russian Journal of Genetics*. – 2007. – Vol. 43, No. 6. – P. 627.
- 5 Mahmoud A.M., Abdel-Fatah B.E. Analysis of genetic diversity among sunflower genotypes using agro-morphological traits and molecular markers // *Australian Journal of Basic and Applied Sciences*. – 2012. – Vol. 6, No 13. – P. 419-432.
- 6 Gavrilova V.A., Rozhkova V.T., Anisimova I.N. Sunflower genetic collection at the Vavilov institute of plant industry // *Helia*. – 2014. – Vol. 37, No. 60. – P. 1–16.
- 7 Kholghi M, Bernousi I., Darvishzadeh R, Pirzad A, Maleki H.H. Collection, evaluation and classification of Iranian confectionary sunflower (*Helianthus annuus* L.) populations using multivariate statistical techniques // *African Journal of Biotechnology*. – 2011. – Vol. 10, No. 28. – P. 5444-5451.
- 8 Бочковой А.Д. Методические указания по селекции и семеноводству гибридного подсолнечника. – Краснодар, 2001. – 41 с.
- 9 ГОСТ 12042-80. Семена сельскохозяйственных культур. Методы определения массы 1000 семян. – Введ. 1981-06-30. – М.: Стандартинформ, 2011. – 3 с.
- 10 ГОСТ 12037-81 Семена сельскохозяйственных культур. Методы определения чистоты и отхода семян. – Введ. 1982-06-30. – М.: Стандартинформ, 2011. – 34 с.
- 11 ГОСТ 10855-64 Семена масличные. Метод определения лужистости. – Введ. 1964-06-30. – М.: Стандартинформ, 2010. – 1 с.
- 12 ГОСТ 10857 -64 Семена масличные. Метод определения масличности. – Введ. 1964-06-30. – М.: Стандартинформ, 2010. – 5 с.
- 13 Bates L.D., Waldren R.P., Teare I.D. Rapid determination of free proline for water – stress studies // *Plant and Soil*. – 1973. – Vol. 39. – P. 2005-2007.
- 14 Перуанский Ю.В., Савич И.М., Хван А.И. Содержание и качество крахмально-белкового комплекса рисо-просянокковых форм // *Вестник сельско-хозяйственной науки Казахстана*. – 1979. – № 1. – С. 31-34.
- 15 Bulatova K.M. Free proline content in barley seeds – predictive index of early maturity // *Proceedings of 8th International Barley Symposium*. – Adelaide, South Australia, 2000. – P. 211.
- 16 Патент 30281 Республика Казахстан. «Способ прогнозирования раннеспелости образцов сои» / Булатова К.М., Дидоренко С.В. Юсаева Д.А. заявитель и патентообладатель Воронеж. науч.-исслед. ин-т связи. – № 88934 2010/0522.1; заявл. 18.12.00; опубл. 20.08.02, Бюл. № 23 (II ч.). – 3 с.
- 17 Joksimović J., Atlagić J., Škorić D. Path coefficient analysis of some oil yield components in sunflower (*Helianthus annuus* L.) // *Helia*. – 1999. – Vol. 22, No.31. – P. 35-42.

## References

- 1 Muratov IA (2012) Sunflower in Kazakhstan [Podsolnechnik v Kazakhstane]. Ust-Kamenagorsk. pp. 140-154. (in Russian)
- 2 Piven VT, Shulyak II, Muradasilova NV, Alifirova TP (2010) Biological peculiarities of infection keeping in sunflower seeds, Proceedings of the International Symposium “Sunflower Breeding on Resistance to Diseases”. Krasnodar, Russia. pp. 181-183.
- 3 Tan AS, Tan A (2010) Sunflower (*Helianthus annuus* L.) landraces of Turkey – their collection, conservation, and morphometric characterization, *Helia*, 33(53):55-62. DOI: 10.2298/HEL1053055T.
- 4 Dong GJ, Liu GS Li KF (2007) Studying genetic diversity in the core germplasm of confectionary sunflower (*Helianthus annuus* L.) in China based on AFLP and morphological analysis, *Russian Journal of Genetics*, 43(6):627. ISSN: 0016-6758.
- 5 Mahmoud AM, Abdel-Fatah BE (2012) Analysis of genetic diversity among sunflower genotypes using agro-morphological traits and molecular markers, *Australian Journal of Basic and Applied Sciences*, 6(13):419-432. ISSN 1991-8178
- 6 Gavrilova VA, Rozhkova VT, Anisimova IN (2014) Sunflower genetic collection at the Vavilov institute of plant industry, *Helia*, 37(60):1–16.
- 7 Kholghi M, Bernousi I, Darvishzadeh R, Pirzad A, Maleki HH (2011) Collection, evaluation and classification of Iranian confectionary sunflower (*Helianthus annuus* L.) populations using multivariate statistical techniques, *African Journal of Biotechnology*, 10(28):5444-5451. DOI: 10.5897/AJB10.2146
- 8 Bochkovoy AD (2001) Methodical instructions for breeding and seed growing of hybrid sunflower [Metodicheskiye ukazaniya po selektsii i semenovodstvu gibridnogo podsolnechnika]. Krasnodar, Russia, pp. 41.
- 9 SS 12042-80. Seeds of agricultural crops. Methods of determination of weight of 1000 seeds [Semena sel'skokhozyaystvennykh kul'tur. Metody opredeleniya massy 1000 semyan]. Moscow, Russia, 2011. (In Russian).
- 10 SS 12037-81. Seeds of agricultural crops. Methods for determination of purity and waste seeds [Semena sel'skokhozyaystvennykh kul'tur. Metody opredeleniya chistoty i otkhoda semyan]. Moscow, Russia, 2011. (In Russian).



- 11 SS 10855-64. Seeds of oil. A method of determining huskiness [Semena maslichnyye. Metod opredeleniya luzzhistosti]. Moscow, USSR, 1964. (In Russian).
- 12 SS 10857 -64. Seeds of oil. Method of determination of oil content [Semena maslichnyye. Metod opredeleniya maslichnosti]. Moscow, USSR, 1964. (In Russian).
- 13 Bates LD, Waldren RP, Teare ID (1973) Rapid determination of free proline for water – stress studies, *Plant and Soil*, 39:2005-2007. DOI:10.1007/BF00018060
- 14 Peruvianski JV, Savich IM, Hwang AI (1979) The content and quality of the starch-protein complex forms rice-millet forms, *Bulletin of Agricultural Sciences of Kazakhstan [Soderzhaniye i kachestvo krakhmal'no-belkovogo kompleksa riso-prosyankovykh form]* 1:31-34.
- 15 Bulatova KM (2000) Free Proline Content in Barley Seeds – Predictive Index of Early Maturity, *Proceedings of 8th International Barley Symposium, Adelaide, South Australia*, pp. 211.
- 16 Patent No.30281 of Republic of Kazakhstan. “A method of forecasting soya samples earliness” / Bulatova KM, Didorenko SM., Yusaeva DA. [Sposob prognosirovaniya rannospelosti obraztsov soi]. (In Russian).
- 17 Joksimović J, Atlagić J, Škorić D (1999) Path coefficient analysis of some oil yield components in sunflower (*Helianthus annuus L.*), *Helia*, 22(31):35-42.



4-бөлім  
**АДАМ ЖӘНЕ ЖАНУАРЛАР  
ФИЗИОЛОГИЯСЫ**

---

Раздел 4  
**ФИЗИОЛОГИЯ  
ЧЕЛОВЕКА И ЖИВОТНЫХ**

---

Section 4  
**HUMAN AND ANIMAL  
PHYSIOLOGY**

<sup>1</sup>Атанбаева Г. Қ., <sup>1</sup>Кенжебек Р.Б.,  
<sup>1</sup>Төлеуханов С.Т.,  
<sup>2</sup>Әбдірешов С.Н.,  
<sup>1</sup>Мәутенбаев А.Ә., <sup>1</sup>Дәулет Г.

<sup>1</sup>Әл-Фараби атындағы Қазақ ұлттық университеті, Қазақстан, Алматы қ.

<sup>2</sup>Адам және жануарлар физиологиясы институты, Қазақстан, Алматы қ.

### **Егеуқұйрықтардың қан жасушаларынан қорғасын, мырыш, кадмий тұздарының қосындысының әсерін зерттеу**

Ауыр металдардың қосындысының артық мөлшердегі әсерінен пайда болған егеуқұйрықтардың қан жасушаларындағы өзгерістер анықталды. Зерттеу нәтижелеріміз көрсеткендей, ауыр металдар тұздарымен улану кезінде қан жасушаларының зақымдануы және жануарлар ағзасында иммунитеттің төмендегені байқалады. Соның нәтижесінде жануарлар организмінде әртүрлі өзгерістер туындайды. Сонымен мырыш, қорғасын және кадмий иондарының қосындысының рұқсатты шектеулі концентрациясы РШК 25, 50, 75, 100 есе арттырылған мөлшерінің егеуқұйрықтардың иммундық жүйесінің сандық көрсеткіштеріне әсерін зерттеуде өткір уландыруда егеуқұйрықтар организмдегі ауыр метал тұздарының иммунодепрессивті әсері туралы мәліметтер алынды. Жануарлар ағзасы қатты күйзеліске ұшырап, тері жабындыларының кейбір жерлерінде жергілікті түксіздену, көздерінің жасаурауы, конъюнктивальді қапшық пен тістің қызыл иегінің ісінуі байқалды. Егеуқұйрықтар қанына жасалынған лейкограмма, үш тұздың қосындысымен уланған егеуқұйрықтар қанында айтарлықтай өзгерістер көрсетті. Себебі уланғаннан кейін сүйек кемігіндегі қан жасушалардың дамуы айтарлықтай өзгерді. РШК 100-есе арттырылған мөлшерде үш ауыр металдар тұздарының қосындысымен уландыруда жануарлар ағзасында қатты улану белгілері байқалып, нәтижесінде бәрі бірден өте тез, бақылаудың 5–6 күндерінде өле бастады. Егеуқұйрықтар қанына жасалынған лейкограмма, үш тұзбен уланған егеуқұйрықтар қанында нейтрофилез және лимфопения барысында лейкопения тіркелді. Нейтрофилдер токсикалық түйіршіктелген және ядросы гиперсегменттелген.

**Түйін сөздер:** егеуқұйрықтар, қан, нейтрофил, ауыр металдар, лейкограмма.

<sup>1</sup>Atanbaeva G.K., <sup>1</sup>Kenzhebek R.B.,  
<sup>1</sup>Toleuhanov S.T.,  
<sup>2</sup>Abdreshov S.N.,  
<sup>1</sup>Mautenbaev A.A., <sup>1</sup>Daulet G.

<sup>1</sup>Al-Farabi Kazakh National University,  
Kazakhstan, Almaty

<sup>2</sup>Institute for Human and Animal  
Physiology, Kazakhstan, Almaty

### **Researching of the effect of cadmium, lead, zinc salts to the blood cells of rats**

Changes were detected in the blood of rats caused by heavy metal compounds. The results show that the salts of heavy metals poisoning demonstrates in damage in the blood cells in the animal body and making weaker their immunity. As a result, various changes occur in animals. In addition, it was collected material on immunodepressive exposure to heavy metals in the body of rats MPC 25, 50, 75, 100 times more compounds of zinc ions, lead and cadmium. Animals' disorders were observed in the nervous system, including tearing, inflammation conjunctival sac and certain groups even with bleeding. Leukogram, which was made by the blood of rats, showed that the poisoning caused by the impact of three types of heavy salts, has led to significant changes in the health and behavior of the animals. During uvelechenie number of MAC 100 times more salt poisoning three compounds in animal organisms have been found strong signs of poisoning, finally, all experimental rats died within 5–6 days. It is important to note, animals poisoned by 75–100 times the maximum permissible concentration of heavy metal salts of the three have died. At 100-fold increased number of MPC led to fatal death, especially by the poisoning of three compounds salts. Leukogram blood of experimental rats showed that, in the blood of rats, poisoned by three salts, during neutrophilia and lymphopenia, leukopenia was found. Neutrophils are characteristic granulated toxicity and gipersigmatich core.

**Key words:** Rats, blood, neytrofil, heavy metals, leykogramma.

<sup>1</sup>Атанбаева Г.К., <sup>1</sup>Кенжебек Р.Б.,  
<sup>1</sup>Төлеуханов С.Т.,  
<sup>2</sup>Абдрешов С.Н.,  
<sup>1</sup>Маутенбаев А.А., <sup>1</sup>Дәулет Г.

<sup>1</sup>Казахский национальный университет им. аль-Фараби,  
Казахстан, г. Алматы

<sup>2</sup>Институт физиологии человека и животных, Казахстан, г. Алматы

### **Исследование совместного влияния солей кадмия, свинца, цинка на клетки крови крыс.**

Были обнаружены изменения в крови крыс, вызванные соединениями тяжелых металлов. Результаты исследования показывают, что отравление солями тяжелых металлов приводит к повреждению клеток крови в организме животных и ослаблению их иммунитета. В результате чего в организме животных возникают разные изменения. Также были собраны материалы об иммунодепрессивном воздействии солей тяжелых металлов на организм крыс ПДК 25, 50, 75, 100 раза больше соединения ионов цинка, свинца и кадмия. Во время увеличения количества ПДК на 100 раза, тем больше отравление соединениями трех солей в организмах животных были обнаружены признаки сильного отравления. В результате чего все подопытные крысы умерли в течение 5–6 дней. Но стоит отметить, что животные, отравленные на 75–100 раза больше ПДК солями трех тяжелых металлов, погибли. Во 100 раз увеличенное количество ПДК привело к губительной смерти, особенно отравление соединениями трех солей. Лейкограмма крови подопытных крыс показала, что в крови крыс, отравленных тремя солями во время нейтрофилеза и лимфопении, была обнаружена лейкопения. Нейтрофилам характерна груннулированная токсичность и гиперсигматичность ядра.

**Ключевые слова:** крысы, кровь, нейтрофилы, тяжелые металлы, лейкограмма.

**ЕГЕУҚҰЙРЫҚТАРДЫҢ  
ҚАН  
ЖАСУШАЛАРЫНАН  
ҚОРҒАСЫҢ,  
МЫРЫШ, КАДМИЙ  
ТҰЗДАРЫНЫҢ  
ҚОСЫНДЫСЫНЫҢ  
ӘСЕРІН ЗЕРТТЕУ**

**Кіріспе**

Қазіргі таңдағы физиология ғылымында организмнің иммунологиялық күйінің бұзылу және төмендеу мәселесі өркениетті қоғамда маңызды мәселелердің бірі болып табылады. Ғылыми-техникалық және өнеркәсіптік ғасырда, жоғарлаған техногенді және ауыр металдар әсеріне байланысты психикалық жүктемелерді әр уақыт бастан кешіреді. Организмнің жауап реакциясы ретінде қоршаған ортаның қолайсыз факторларының әсерінен қорғау жүйесі жетерліктей жоғары деңгейде болып, нәтижесінде қанның иммунологиялық көрсеткішінің өзгеретіндігі жалпы иммунофизиологиялық үрдістен көрінеді [1, 2]. Стресс кезінде қанның лейкограммалары мен жалпы лейкоцитарлы көрсеткіштерінің өзгеруі белгілі бір мөлшерде организмнің иммунологиялық жетістігіне байланысты [3, 4].

Ауыр металдармен әсер еткенде адам мен жануарлар организмнің бейімделушілік мүмкіндіктерін төмендетіп және қорғаныс күшінің қажуы мен әлсіреуін тудыратын организмнің функциялық жүйелеріне қысым түсіре отырып бұзады. Мырыш, қорғасын, кадмий секілді жағымсыз факторлардың жекеленген және бірлескен әсерлерінен айқындалған ауытқуларды қалпына келтіру үшін клеткалық механизмдерді анықтаудың және имностимулдаушы қасиеті мен әсерлерін айқындайтын, табиғи шығу тегіндегі жаңа биологиялық белсенді қосылыстарды іздеп табудың қажеттігі мен маңыздылығын көрсетеді және зерттеу жұмысының жүргізудің негізі болып табылады. Өндірістік кәсіптің дамуы, ауыл шаруашылығын химияландыру, үлкен қалаларда транспорттық көліктерінің санының соңғы жылдары күрт өсуі, қоршаған ортаның ластануына әкеледі. Адам организмдегі зиянды заттар тек өндірісте ғана емес, сонымен қатар, күнделікті тұрмыста да кездесіп, адам денсаулығына зияндылық қаупін өсіріп отыр [5].

Көптеген елдерде, соның ішінде Қазақстанда, өндірістік өнеркәсіптің жедел дамуы көбіне экологияны қорғау шаралары өз дәрежесінде қолданылмауының себебінен, қоршаған ортаға токсиндердің, соның ішінде, ауыр металдардың, пестицидтердің, басқа да зиянды заттардың бейберекет тара-

луына әкелуде. Қолайсыз климаттық факторлар химиялық заттармен әрекеттесіп, олардың зияндылық күшін одан әрі күшейтуде. Ал олар өз кезегінде адам организмдегі клеткаларының биологиялық компоненттерімен өзара әрекеттесіп, организмдегі қызметіне зияндылық әсерін көрсетеді. [6, 7].

Көптеген созылмалы аурулар жағымсыз экологиялық факторлардың адам организмне әсер етуінің нәтижесі деп есептеледі. Аурудың басталуы организмнің иммундық қызметінің төмендеуімен байланысты [8, 9].

Рұқсатты шектеулі концентрациядан жоғарлатса, адам және жануарлар организмде айтарлықтай улы әсерін жүргізуі мүмкін. Барлық жағдайда ауыр металдар организмге түсіп, соңында түрлі патологиялардың дамуына және организмнің қорғаныс күшінің төмендеуіне алып келетін функционалді құрылымдардың бұзылуын туындатады [10].

Қазақстан Республикасы судың ластануына назар аударып отыр. Зерттеулер нәтижесінде Қазақстандағы ластанған өзендер Орал мен Ертіс екен. [11]. Семей обылысындағы жерасты суларының ластануы сол аудандағы әскери әуежай экологиялық апат әкеліп соқтыруы мүмкін. Қазақстанның ең ірі қалаларының үшеуін: Өскемен, Павлодар, Семей, ондағы 900 су пайдаланушыларды, түсті металлургия және химиялық кәсіпорындары, машина жасаушы және мұнай өндіруші, тамақ және басқа да халық шаруашылығын сумен қамтамасыз етіп отырған Республиканың артериясы ол Ертіс өзені. Бұл өзен әрқашан мыспен, мырышпен ластанды және халыққа керек су мөлшері 4,82 км<sup>3</sup> құрайды және бұл бүкіл республика суының 20%-ын құрайды. Өскемен қаласының жерасты суларының ластауының негізгі көзі: қорғасын, мырыш, марганец, фтор, кадмий болып табылады. Сонымен бірге соңғы кезде көп алаңдаушылық тудырып отырған бұл Каспий теңізі. Бұл су қоймасы Қазақстандағы жануарлар әлемі мен өсімдік әлемі үшін әмбебап биогеоценоз болып табылады [12, 13].

Сыртқы ортаға метал иондары өндіріс қалдықтарынан, сондай-ақ автокөліктерден бөлінген газдан түсіп отырады. Ауыр метал иондары біртіндеп қоршаған орта элементтерінде жинақталып, әрі қарай атмосферадан суға және адам организмне өтетіні белгілі. Ішек-қарын жолдарында сіңіріліп ұзақ уақыт бойы жинақталып және жекелеген мүшелерінде немесе біртұтас организмдегі қызметтерінде ауқымды өзгерістер тудырады [14].

Қазіргі кезде қоршаған ортада ауыр металдар көп мөлшерде кездеседі. Қазіргі таңға дейін ауыр металдардың әсеріне ұшыраған организмнің иммунофизиологиялық ерекшеліктерін ескере отырып, оның себептерін анықтауда нақты зерттеу жұмыстары қолға алынды. Бірақ артық мөлшердегі металдар иондарының жануарлар мен адамдардың иммундық жүйесіне әсері жеткілікті көлемде зерттелмеген [14].

Осыған байланысты ауыр металдармен улану барысында жұмыстың өзектілігі мен маңыздылығын негіздейді.

Зерттеу жұмысының мақсаты – үштұздың қосындысының артық мөлшердегі әсерінен пайда болған егеуқұйрықтардың қан жасушаларындағы өзгерістерді анықтау.

Жұмыстың мақсатына байланысты келесі міндеттер қойылды:

1. Егеуқұйрықтардың шеткі қанының лейкограммасына мырыш, қорғасын, кадмий тұздарының қосындысының рұқсатты шектеулі концентрациясынан (РШК) 25, 50, 75, 100-есе арттырылған мөлшерінің 10 күндік әсерінен кейінгі көрсеткіштерін зерттеу

2. Үштұздың қосындысының рұқсатты шектеулі концентрациясын (РШК) 50-есе арттырылған мөлшерінің 20 күндік әсерінен кейін 60 күн қадағалудағы жалпы лейкограммасындағы өзгерістерді анықтау;

### **Зерттеу әдістері мен материалдары**

Алға қойылған мақсат пен міндеттерге жету үшін тәжірибе әл-Фараби атындағы ҚазҰУ биология және биотехнология факультетінің виварий жағдайында өсірілген лабораториялық ақ тексіз егеуқұйрықтар алынды. Салмақтары 220-250 гр., олар стандартты виварлы тамақпен тамақтандырылды, ересек 5-6 айлық, түрлі жынысты, жалпы саны 50 ақ лабораториялық егеуқұйрықтар алынды. Ауыр металдар тұздарының улы әсерін анықтау үшін лабораториялық егеуқұйрықтарды 5 тәжірибелі топқа бөлінді. Әр топқа 10 егеуқұйрықтан болды. 10 күн жүргізілген, тұздар 10 күн берілген.

Егеуқұйрықтарды РШК 25 есе артырылған ауыр металдар тұздарының судағы мөлшерімен уландыру үшін 1 топтағы жануарларға мырыш сульфаты+қорғасын ацетаты+кадмий хлоридің қосындысы 125+0,75+0,025 мг/л концентрациясында берілді.

РШК 50 есе артырылған мөлшері, 2-ші топтағы жануарларға мырыш сульфаты+қорға-

сын ацетаты+кадмий хлоридің қосындысы 0,05+1,5+250 мг/л концентрациясында берілді.

РШК 75 есе артырылған мөлшері, 3-ші топтағы жануарларға мырыш сульфаты+қорғасын ацетаты+кадмий хлоридің қосындысы 0,075+2,25+375 мг/л концентрациясында берілді.

РШК 100 есе артырылған мөлшері, 4-ші топтағы жануарларға мырыш сульфаты+қорғасын ацетаты+кадмий хлоридің қосындысы 0,1+3,0+500 мг/л концентрациясында берілді. 5-ші бақылау тобындағы егеуқұйрықтар кәдімгі таза ауыз суымен қамтылды. Егеуқұйрықтардың қанын 10 күн уланғаннан кейін алынып зерттелді.

Таза пробиркаға 0,38 мл 3% сірке қышқылының ертіндісін құйып, оған 0,02 мл қан араластырады. Лейкоциттерді санау техникасы: санау камерасын аталған ертіндімен толтырады. үлкейткішімен қарап, одан кейін үлкен көрсеткішімен (Ок.7,06.40) ауыстырады 10 күн уланды. [15]. Анықталған клеткалардың саны формула бойынша есептелді.

$$X = \frac{B \cdot 4000 \cdot 20}{400}$$

X-қанның 1 мм<sup>3</sup> қандағы лейкоциттер саны; 1/4000-кіші квадратшаның көлемі; 20-сұйылту коэффициенті; 400 кіші Гараев камерасындағы торшалар саны; 25 үлкен торша ішіндегі лейкоциттер саны.

Алынған мәліметтерге математикалық талдау жасау Microsoft Exsell бағдарламасының көмегімен жасалынды. Барлық алынған мәліметтер статистикалық нақтылық ерекшеліктерін, \*p<0,05, \*\*p<0,01, \*\*\*p<0,001 салыстыру Стьюдент (t) ісімен орындалды. Нақтылықты анықтау үшін ANOVA-тәсілі қолданылды.

### Зерттеу нәтижелері және оларды талдау

Ауыр металдар тұздарының РШК 25 есе артырылған мөлшерінің егеуқұйрықтардың иммундық жүйесінің сандық көрсеткіштеріне әсерінен кейін, егеуқұйрықтардың физиологиялық көрсеткіштері сақталған, тәбеттері қалыпты, тері жабындылары тегіс, инстиктері сақталған, яғни ешқандай өзгеріс көрсеткен жоқ.

Үш тұздың қосындысы уланған топтағы егеуқұйрықтар қанындағы жалпы лейкоцитарлық көрсеткіштер 3 есеге төмендеп кетті. шталған топтағы жануарларда таяқша ядролы және сегмент ядролы нейтрофилдер санының күрт өсіп

және жетілмеген нетрофилдердің шеткі қанға шығуы байқалды. Ал, эозинофилдер мүлдем болған жоқ. Базофилдер санының 5-6 есеге және лимфоциттер санының артуы қалыпты жағдайдан асып кетті.

Үш ауыр металдар тұздарының қосындысымен уланған топтағы жануарларда да жалпы лейкоцитарлық көрсеткіштердің күрт төмендеуі байқалды. Атап айтсақ шеткі қанға жетілмеген полинуклеарлардың шығуы: миелоциттер 7 % дейін (p<0,05), метамиелоциттер 6 % дейін (p<0,05). Сегмент ядролы нейтрофилдер саны өсті, ал таяқша ядролы нейтрофилдер 5-6 есе өсті. Қалған гранулоцитті лейкоциттер мүлдем болған жоқ, ал агранулоцитті лейкоциттер саны 9% дейін, яғни 4-5 есеге төмендеді.

Сонымен егеуқұйрықтар қанына жасалынған лейкограмма, үш тұздың қосындысымен тұзымен уланған егеуқұйрықтар қанында айтарлықтай өзгерістер көрсетті. Себебі сүйек кемігіндегі қан жасушалардың дамуы айтарлықтай өзгерді уланғаннан кейін. Нейтрофилез және лимфопения барысында лейкопения тіркелді. Нейтрофилдер токсикалық түйіршіктелген және ядросы гиперсегменттелгендігімен сипатталды.

Лейкограмма көрсеткіштері сол жаққа ығысқан шеткі қанда миелоциттер 16%-ке көтерілсе, ал метамиелоциттер 4%-ке дейін жоғарлады. Таяқша ядролы нейтрофилдер 16%-ке және сегментиядролық нейтрофилдер 62%-ті көрсетті, лимфоциттердің саны төмендеген қалыпты жағдайымен салыстырғанда. Ал моноциттер мен базофилдер жойылып кетті (1-кесте).

Ауыр металдар тұздарының РШК 50 есе артырылған мөлшерінің әсерінен зерттелген жануарлардың физиологиялық белсенділігінде ешқандай өзгерістер байқалған жоқ. Жануарлардың тәбеттері қалыпты, тері жабындылары тегіс, көз конъюнктивасы таза және де барлық инстиктері сақталған.

Үш ауыр металдар тұздарының қосындысымен уланған топтағы жануарларда да жалпы лейкоцитарлық көрсеткіштердің күрт төмендеуі байқалды. Атап айтсақ шеткі қанға жетілмеген полинуклеарлардың шығуы: миелоциттер 7 % дейін (p<0,05), метамиелоциттер 6 % дейін (p<0,05). Сегмент ядролы нейтрофилдер саны өсті, ал таяқша ядролы нейтрофилдер 5-6 есе өсті. Қалған гранулоцитті лейкоциттер мүлдем болған жоқ, ал агранулоцитті лейкоциттер саны 9% дейін, яғни 4-5 есеге төмендеді.

Аталған топтарда лейкоцитарлы формуланың солға қарай күрт жылжуы байқалды (1-кесте).

Сонымен егеуқұйрықтар қанына жасалынған лейкограмма нейтрофилез және лимфопения барысында лейкопения тіркелді. Нейтрофилдер токсикалық түйіршіктелген және ядросы гиперсегменттелгендігімен сипатталды.

Ауыр металдар тұздарының РШК 75 есе арттырылған мөлшерінің әсерінен зерттелген жануарлардың психомоторлық реакцияларының бұзылуы, тәбеттерінің төмендеуі және физиологиялық белсенділігінің нашарлауы секілді өзгерістер байқалды.

Үш ауыр металдар тұздарының қосындысымен уланған топтағы жануарлар ағзасында физиологиялық жағдайларының ауыр формада бұзылуы байқалды. Егеуқұйрықтар тітіркендірулерге, жемге тіптен көңіл аударған жоқ, тері жабындылары өте лас, кейбір жерлерінде жергілікті түксіздену, көздерінің жасаурауы, конъюнктивальді қапшық пен тіст қызылиегінің ісінуі, іш өтуімен сипатталды.

Бір қызығы, лимфоциттер көрсеткіші 46%-ке, яғни қалыптан 2–2,5 есеге артты. Үш ауыр металдар тұздарының қосындысымен уланған топтағы жануарларда жалпы лейкоцитарлық көрсеткіштердің 5–6 есеге күрт төмендеуі байқалды. Лимфоциттер, эозинофилдер  $2,0 \pm 0,01$  ( $p < 0,05$ ), моноциттер және базофилдер мүлдем болған жоқ.

Нейтрофилдер токсикалық түйіршіктелген және ядросы гиперсегменттелгендігімен сипатталды. Жануарлардың ауыр металдар тұздарының РШК 100 есе арттырылған мөлшерімен уландырғанда, бұл кездегі егеуқұйрықтардың жағдайының алдыңғы топтағы уландырылғандарына қарағанда өте нашар болды.

Үш ауыр металдар тұздарының қосындысымен уланған топтағы жануарлар, уландырудың 5–6 күндері өле бастады. Жануарлар ағзасы қатты күйзеліске ұшырап, тері жабындыларының кейбір жерлерінде жергілікті түксіздену, көздерінің жасаурауы, конъюнктивальді қапшық пен тістің қызыл иегінің ісінуі, тіптен кейбіреулерінде қанауы байқалды. Қандағы жалпы лейкоцитарлық көрсеткіштер қалыптымен салыстырғанда 3–4 есеге төмендеп, таяқшы және сегментті ядролы нейтрофилдер мөлшері артқан, жетілмеген гранулоциттердің біршама мөлшері қанға шығып және лимфоцитарлық көрсеткіштері күрт төмендеген. Нейтрофилдердің ядролары гиперсегменттелген. Сондай-ақ, уланған топтағылардың барлығында қанның эритроциттері базофилді түйір-

шіктелген. Айта кететін жайт, РШК 75–100 есе арттырылған мөлшермен уландырылған жануарлардың барлығы өліп қалды.

Үш ауыр металдар тұздарының қосындысымен уланған нейтрофилді клеткалардың көрсеткіші бақылаумен салыстырғанда 1,5 есе артып кетті (1-кесте).

Үш ауыр металдар тұздарының қосындысымен уланған топтағы жануарларда байқалды: нейтрофилдің саны төмендеп 3,8 есеге түсіп кетті.

Қорыта келсек, үштүзпен уланған егеуқұйрықтар қанында нейтрофилез және лимфопения барысында лейкопения тіркелді. Нейтрофилдер токсикалық түйіршіктелген және ядросы гиперсегменттелген.

Уланған жануарларда лимфоцитоз, нейтропения барысында лейкопения байқалды. Лимфоциттер мөлшерінің 2,46 есеге артуы уланған егеуқұйрықтарда болды, жетілмеген лимфоциттер мөлшері 1,5 есеге артты. РШК 100-есе арттырылған мөлшерде үш ауыр металдар тұздарының қосындысымен уландыруда жануарлар ағзасында қатты улану белгілері байқалып, нәтижесінде бәрі бірден өте тез, бақылаудың 5–6 күндерінде өле бастады. Зерттеу нәтижелеріміз көрсеткендей, ауыр металдар тұздарымен улану кезінде лейкоциттер мен лейкограммаларында айтарлықтай өзгерістер болды және жануарлар организмінде иммунитеттің төмендегені байқалады. Соның нәтижесінде жануарлар организмінде әртүрлі өзгерістер туындайды. Жануарлар ағзасы қатты күйзеліске ұшырап, тері жабындыларының кейбір жерлерінде жергілікті түксіздену, көздерінің жасаурауы, конъюнктивальді қапшық пен тістің қызыл иегінің ісінуі, тіптен кейбіреулерінде қанауы байқалды.

Мырыш, қорғасын, кадмий осы үш тұздың қосылысымен уланған топтағы егеуқұйрықтар қалыпты жағдайдағы егеуқұйрықтардың лейкограммасымен салыстырғанда, қалыпты жағдайда миелоциттер 0,5% уланғаннан кейін миелоциттер 15%-ға өсті ( $p < 0,001$ ) (1, 2-сурет), қалыпты жағдайда сегмент ядролы нейтрофилдер 23,5%, уланғаннан кейін 30%-ке қалыпты жағдайдағы көрсеткіштермен салыстырғанда жоғарлаған ( $p < 0,01$ ) жетілмеген нейтрофилдердің перифериялық қанға шығуы байқалды (2-сурет).

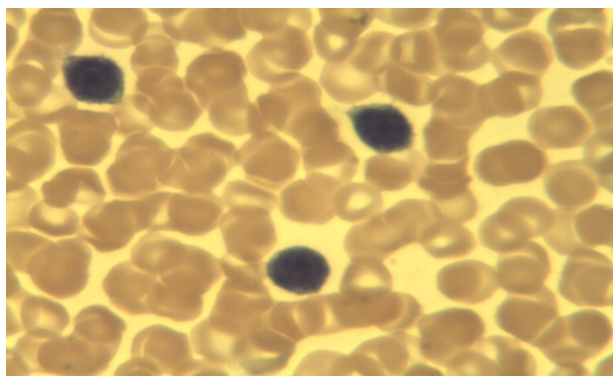
Яғни, үштүздың қосындысының лимфоциттер саны төмендеген, жетілмеген лимфоциттер санын арттырады, иммунитеттің белсенділігін төмендетеді.



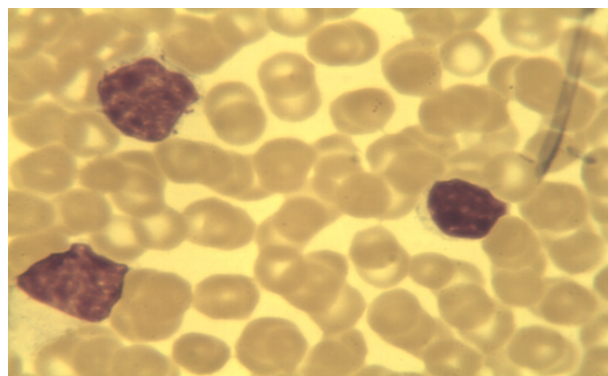
1-кесте – Бақылау тобындағы және үш тұздың қосылысының РШК 25, 50, 75, 100 есе арттырылған мөлшерімен уланған егеуқұйрықтардың жалпы лейкоциттері мен лейкограммаларының көрсеткіштері

Улау түрлері	Лейкоциттер	Миелоцит-тер	Мегамисело-циттер	Нейтрофилдер		Эозинофил-дер	Базофил-дер	Лимфоциттер	Моноциттер
				таяқша ядролы	сегмент ядролы				
Бақылау	M ± m 11182,2± 12,2	M ± m 0 0	M ± m 0 0	M ± m 477,5±2,7 5,2±0,3	M ± m 5692,96±72,0 62,0±0,1	M ± m 376,5±5,2 4,1±0,03	M ± m 165,3±6,3 1,8±0,1	M ± m 2020,4±6,1 22,0±1,9	M ± m 560,1±4,2 6,1±0,5
РШК 25 есе	9680,2± 56,4	440,8±9,2 8,2±0,2	327,2±7,4 7,2±0,2	908,8±5,7 18,3±0,5	2356,4±13,2 70,2±3,1	113,6±1,7 4,1±0,03	0 0	568,4±0,4 12,3±0,9	0 0
РШК 50 есе	3800,7± 17,9	266,2±8,6 7,8±0,01**	228,0±1,8 6,5±0,2	570,0±5,2 15,3±0,3	2356,4±12,5 62,6±2,8	38,3±6,7 1,1±0,03*	0 0	342,2±2,1 9,0±0,2	0 0
РШК 75 есе	1130,8± 26,9	67,8±5,6 6,3±0,4	67,8±5,1 6,9±0,1	169,5±6,2 15,0±1,2	723,2±5,6 64,0±2,9	22,6±0,7 2,0±0,01**	0 0	79,1±2,7 7,1±0,8	0 0
РШК 100 есе	0	0	0	0	0	0	0	0	0

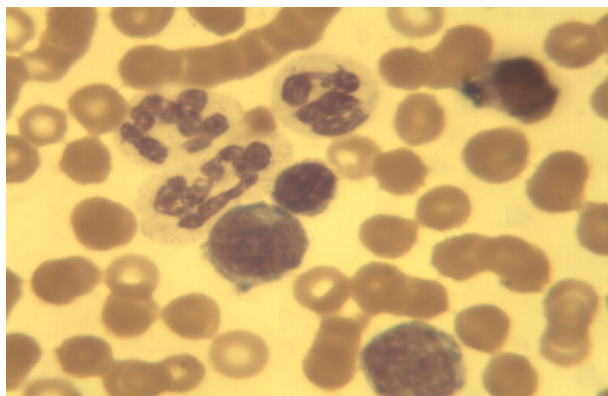
Ескерту – бөлімі – 1 мкл қандағы клеткалардың жалпы саны; алымы – клеткалардың салыстырмалы %-дық құрамы, алынған нәтижелердің статистикалық сенімділігі бақылаумен салыстырғанда \*p < 0,05, \*\*p < 0,01.



**1 сурет** – Қалыпты жағдайдағы егеуқұйрықтардың қанындағы лимфоциттердің көрінісі



**2 сурет** – Мырыш, қорғасын, кадмий тұздарының РШК 50 есе арттырылған мөлшерімен уланғаннан кейінгі миелоциттердің көрінісі.



**3 сурет** – Мырыш, қорғасын, кадмий тұздарының қосындысымен РШК 50 есе арттырылған мөлшерімен уланғаннан кейінгі егеуқұйрықтардың қанындағы сегмент ядролы нейтрофилдің және моноциттің көрінісі.

Сонымен қорыта мырыш, қорғасын және кадмий иондарының қосындысының РШК 25, 50, 75, 100 есе арттырылған мөлшерінің егеуқұйрықтардың иммундық жүйесінің сандық

көрсеткіштеріне әсерін зерттеуде өткір уландыруда егеуқұйрықтар организмдегі ауыр метал тұздарының иммунодепрессивті әсері туралы мәліметтер алынды.

#### Әдебиеттер

- 1 Величковский Б.Т. Экология человека. В чем главная проблема для России? // Вестник. РАМН. – 2002. – №9. – С. 6-11.
- 2 Хайтов Р.М. Молекулярно-клеточная физиология системы естественного иммунитета // Физиология и патология иммунной системы. – 2005. – №6. – С. 3 – 11.
- 3 Черешнев В.А., Кеворков Н.Н., Бахметьев Б.А. Физиология иммунной системы и экология // Иммунология. – 2001. – №3. – С. 12– 16.
- 4 Бескемпирова К.Б., Кальянова О.А. Гигиеническая оценка загрязнений почвы вредными веществами в Восточно-Казахстанской области // Гигиена, эпидемиология и иммунобиология. – 2000. – № 3 – 4. – С. 60– 65.
- 5 Засорин Б.В., Юрченко В.И., Кiek О.В. Иммунная система и ее роль в патогенезе заболевании пищеварительного тракта при контакте с соединениями тяжелых металлов // В сб. «Проблемы медицинской экологии». – Караганда, – 1995. – Т.2. – С. 175-177.
- 6 Проблемы загрязнения окружающей среды и токсикологии // под ред. ДЖ. Уэра. – М.: Мир, 1993. – С. 191.

- 7 Сабырбек Ж.Б. Имундық клеткаларға ауыр металлдардың әсері // әл-Фараби атындағы ҚазҰУ 75-жылдығына арналған жас ғалымдар мен студенттердің «Ғылым әлемі» III Халықаралық конгресі. Алматы, 28-30 сәуір 2009. 207-208.
- 8 А.В. Чигаркин. Геоэкология и охрана природы Казахстана. / Алматы: КазНУ им. аль-Фараби – 2003. – С. 350-356.
- 9 Баевский Р.М. Методико-экологический мониторинг здоровья населения // В кн.: Медико-экологические проблемы Приаралья и здоровья населения. – Нукус, 1991. – С. 65– 68.
- 10 Панин М.С. Влияние техногенных факторов и агрохимической деятельности человека на содержание, миграцию тяжелых металлов в системе «почва-растение» // Состояние и рациональное использование почв республики Казахстана: Сб. мат-лов научн-тех. Конф. Алматы, 1998. – С.76-79.
- 11 Шубик В.М., Петленко С.В., Смирнов В.С. Имунная система человека в экстремальных климатоэкологических условиях // Иммунодефицитные состояния (под. ред В.С. Смирнова и И.С. Фрейдлин). – СПб.: Изд-во «Фолиант», 2000. – С. 237– 289.
- 12 Стежка В.А., Дмитруха Н.Н., Лампека Е.Г. К механизму материальной кумуляции тяжелых металлов в организме белых крыс // Гигиена труда. –Киев, 2001. – Вып. 32. – С. 219– 230.
- 13 Келина Н.Ю., Безручко Н.В. Оценка влияния факторов риска окружающей среды на организм человека: учебное пособие. / Пенза: Изд- во Пенз. технол. Ин-та, 2003. – С.68.
- 14 Худoley В.В. Экологически опасные факторы // Известия Алматы. «Ғылым» 1996. – № 4. – С. 74 – 78.
- 15 Практические занятия по курсу «Физиология человека и животных» / под общ. Ред. Р.И. Айзмана, И.А. Дюкарева. – Новосибирск: Изд-во. Сиб. Унив., 2003. – С.120.

#### References

- 1 Velichkovsky B.T. – Ecology cheloveka. V chem glavnyia problem Russia? // Vest. PAMH. -2002.- №9.pp. 6 – 11.
- 2 Haytov of P.M.- Molecular-cellular physiology of the system of natural immunity. // is Physiology and pathology of the immune system. – 2005. – №6. pp. 3 – 11.
- 3 Cheresnov V.A., Kevorkov N.N., Bahmetov B.A. – Physiology of the immune system and ecology. // of Immunobiology. – 2001. – №3. pp. 12- 16.
- 4 Beskempirova K.B., Kaliyanova O.A.- Hygienical estimation of contaminations of soil harmful substances in Vostochno- to the Kazakhstan area. // Hygiene, epidemiology and immunobiology. – 2000. – № 3 – 4. pp. 60- 65.
- 5 Zasorin B.V., Iyrchenko V.I.- Cue of O.B. Immune system and her role in pathogeny disease of digestive tract at a contact with connections of heavy metals. // In сб. “Problems of medical ecology”. it is Karaganda, – 1995. -Т.2., pp. 175-177.
- 6 Problems of contamination of environment and toxicology // under ред. of JOULE.Uera. -M.: the World, 1993. pp. 191.
- 7 Sabyrbek J.B. – The influence of heavy metals on cells of the immune. // al – Farabi KazNU latingay, dedicated to the 75th anniversary of young scientists barthers of students “world of Science” III international Congress. Алматы, 28-30 april 2009. pp. 207-208.
- 8 A.V. Chigarkin – Geoecology and conservancy of Kazakhstan. /Almaty: Treasury the name of al-Farabi- 2003. – pp. 350-356.
- 9 Baevsky R.M. – The metodiko-ecologychesky monitoring of health of population. // is In кн.: metodiko-ecologychesky problems of and health of unsettlement. it is Nukus, 1991. – pp. 65- 68.
- 10 Panin M.S. – Influence of technogenic factors and agrochemical activity of manon maintenance, migration of heavy metals in the system “soil-plant”. // the State and rational use of soils of republic of Kazakhstan : sb. mate-catch of nauch-teh. Konf. Алматы, 1998. – pp.76-79.
- 11 Shubik V.M., Petlenko S.V., Smirnov of B.C. Immune system cheloveka v ekstremalnyh klimatoekologicheskikh usloviyah // Immunodeficitnye sostoyanie (pod.red V.S. Smirnova I I.S. Freidlin). – SPb.: Izd-vo «Foliant», 2000. – pp. 237– 289.
- 12 Stezhka V.A., Dmitruha N.N., Lampeka E.G. – To the mechanism of material кумуляции of heavy metals in the organism of white rats. // occupational Health. – Kiev, 2001. – vyip. 32. – pp. 219- 230.
- 13 Kelina N.I., Bezruchko N.V. – Estimation of influence of risk of environment factors on the organism of man : educational pasobie. // Penza: Izd- inPenz. tehnol. 2003. – pp.68.
- 14 Hudolei V.V.- Ecological dangerous factors // of Information of Almaty. “Science” 1996. – № 4. – pp. 74 – 78.
- 15 R.I.Ayzmana, I.A.Dyikareva.- Practical employments on curusu “Physiology of man and animals” // under общ. Red. it is Novosibirsk: Sib. Univer., 2003. – pp.120.



5-бөлім  
**МОЛЕКУЛАЛЫҚ  
БИОЛОГИЯ ЖӘНЕ ГЕНЕТИКА**

---

Раздел 5  
**МОЛЕКУЛЯРНАЯ  
БИОЛОГИЯ И ГЕНЕТИКА**

---

Section 5  
**MOLECULAR  
BIOLOGY AND GENETICS**

<sup>1</sup>Ниязова Р.Е., <sup>1</sup>Атамбаева Ш.А.,  
<sup>1</sup>Пинский И.В., <sup>1</sup>Иващенко А.Т.,  
<sup>2</sup>Лабейт З.Б.

<sup>1</sup>Научно-исследовательский институт проблем биологии и биотехнологии Казахского национального университета им. аль-Фараби, Казахстан, г. Алматы  
<sup>2</sup>Медицинский центр университета Гейдельберга, Германия, г. Мангейм

### **МикроРНК и гены, связанные с артериальной гипертензией**

<sup>1</sup>Nijazova R.E., <sup>1</sup>Atambaeva Sh.A.,  
<sup>1</sup>Pinskij I.V., <sup>1</sup>Ivashhenko A.T.,  
<sup>2</sup>Labejt Z.B.

<sup>1</sup>Biology and biotechnology problems scientific-research institute of the Al-Farabi Kazakh National University, Kazakhstan, Almaty  
<sup>2</sup>University Medical Centre Mannheim of University of Heidelberg, Germany, Mannheim

### **MicroRNA and genes associated with arterial hypertension**

<sup>1</sup>Ниязова Р.Е., <sup>1</sup>Атамбаева Ш.А.,  
<sup>1</sup>Пинский И.В., <sup>1</sup>Иващенко А.Т.,  
<sup>2</sup>Лабейт З.Б.

<sup>1</sup>Әл-Фараби атындағы Қазақ ұлттық университеті Биология және биотехнология проблемаларының ғылыми-зерттеу институты, Қазақстан, Алматы қ.  
<sup>2</sup>Гейдельберг университетінің Медициналық орталығы, Германия, Мангейм қ.

### **Артериалды гипертензия мен байланысты микроРНК-лар және гендер**

Изучено связывание miRNA с mRNA генов, участвующих в развитии артериальной гипертензии. Выявлено 128 генов, участвующих в развитии артериальной гипертензии. При артериальной гипертензии установлены изменения экспрессии 25 miRNA, для которых найдены их гены мишени. В mRNA генов, участвующих в развитии артериальной гипертензии, найдено 189 сайтов связывания для 82 miRNA. Из них 48 сайтов расположены в CDC, 18 – в 5'UTR и 122 – в 3'UTR. Некоторые miRNA имеют несколько сайтов связывания с mRNA генов, участвующих в развитии артериальной гипертензии. miR-1273e имеет три сайта связывания с mRNA гена F11R, miR-466 – пять сайтов связывания с mRNA гена CD36 и шесть сайтов связывания с mRNA гена MYADM, miR-574-5p имеет 9 сайтов с mRNA гена IGF1, miR-3960 – пять сайтов с mRNA гена ADRB1 и четыре сайта для mRNA гена PDE4D, miR-762 – четыре сайта для mRNA гена STK39. miR-619-5p с  $\Delta G/\Delta G_m$  100% связывается с генами CACNB2 и CD36, miR-3960, miR-1273e, miR-1273g-3p, miR-5095, miR-3665, miR-1273f с  $\Delta G/\Delta G_m$  98% связываются с генами ADRB1, BMPR2, GSTM3, F11R, ICAM1, IGF1, LEP, MYADM, NEDD4L, TBXA2R.

**Ключевые слова:** miRNA, mRNA, сайты связывания, гены-мишени, метаболический синдром.

It was identified 128 genes involved in the development of arterial hypertension and binding there mRNAs with miRNAs was studied. It was found 189 binding sites for 82 miRNAs. The changes in expression of 25 microRNAs which were found their target genes were found. From thus, 48 binding sites are located in the CDS, 18 – in the 5'UTR and 122 – in the 3'UTR. Some miRNAs have multiple binding sites with mRNA of genes participating in the development of arterial hypertension. miR-1273e has three binding sites with F11R gene mRNA, miR-466 – five binding sites with CD36 gene mRNA and six binding sites with MYADM gene mRNA, miR-574-5p has nine binding sites with IGF1 gene mRNA, miR-3960 – five sites with ADRB1 gene mRNA and four sites for PDE4D gene mRNA, miR-762 – four binding sites with STK39 gene mRNA. miR-619-5p binds with CACNB2 and CD36 genes mRNA with  $\Delta G/\Delta G_m$  value equal to 100%, miR-3960, miR-1273e, miR-1273g-3p, miR-5095, miR-3665, miR-1273f binds with ADRB1, BMPR2, GSTM3, F11R, ICAM1, IGF1, LEP, MYADM, NEDD4L, TBXA2R genes with  $\Delta G/\Delta G_m$  value equal to 98%.

**Key words:** miRNA, mRNA, binding sites, target genes, metabolic syndrome.

Жұмыста артериалды гипертензияның дамуына қатысатын гендердің mRNAмен miRNAдың байланысуы зерттелген. Артериалды гипертензияның дамуына қатысатын 128 гендер анықталды. Артериалды гипертензия кезінде 25 miRNAдың экспрессиясының өзгеруі байқалды және олардың нысана гендері табылған. Артериалды гипертензияның дамуына қатысатын гендердің mRNAнда 82 miRNA үшін 189 байланысу сайттар бар. Олардың 48 CDC, 18 – 5'UTR және 122 – 3'UTR орналасқан. Кейбір miRNA үшін бірнеше байланысу сайттар анықталды. miR-1273e үшін F11R геннің mRNAда үш сайт, miR-466 үшін CD36 геннің mRNAда бес сайт, MYADM геннің mRNAда алты сайт, miR-574-5p үшін IGF1 геннің mRNAда 9 сайт, miR-3960 үшін ADRB1 геннің mRNAда бес сайт, PDE4D геннің mRNAда төрт сайт, miR-762 STK39 геннің mRNAда төрт сайт. miR-619-5p CACNB2 және CD36 гендермен  $\Delta G/\Delta G_m$  100% байланысады, miR-3960, miR-1273e, miR-1273g-3p, miR-5095, miR-3665, miR-1273f ADRB1, BMPR2, GSTM3, F11R, ICAM1, IGF1, LEP, MYADM, NEDD4L, TBXA2R гендермен  $\Delta G/\Delta G_m$  98% байланысады.

**Түйін сөздер:** miRNA, mRNA, байланысу сайттары, нысана-гендер, метаболитті синдром.

<sup>1</sup>Научно-исследовательский институт проблем биологии и биотехнологии  
Казахского национального университета им. аль-Фараби,

Казахстан, г. Алматы

<sup>2</sup>Медицинский центр университета Гейдельберга, Германия, г. Мангейм,

\*e-mail: Raygul.Niyazova@kaznu.kz

## **МИКРОРНК И ГЕНЫ, СВЯЗАННЫЕ С АРТЕРИАЛЬНОЙ ГИПЕРТЕНЗИЕЙ**

### **Введение**

Артериальная гипертензия (АГ) или гипертоническая болезнь (первичная или эссенциальная гипертензия) остается крупнейшей нерешенной медицинской и, одновременно, социальной проблемой. В мире насчитывается миллионы людей, страдающих данной патологией. АГ связана с различными сосудистыми нарушениями: при прогрессировании заболевания возникают атеросклеротические изменения. В заключительной стадии заболевания возникают осложнения органов-мишеней и обусловленные атеросклерозом заболевания: инсульт, инфаркт миокарда, сердечная и почечная недостаточность. С связи с неблагоприятными социальными факторами гипертензия и ее влияние на сердечно-сосудистую систему будут приобретать все большую значимость. Смертность от сердечно-сосудистой патологии, причинно связанной с гипертензией, превышает все остальные причины смерти населения. Диагностика и лечение АГ наиболее эффективны в ранней бессимптомной стадии. Несмотря на прогресс в биологии и медицине, до последнего времени не сформировалось единого представления о патогенезе первичной гипертензии, в то же время нет решающих данных и в отношении выяснения ее генетических основ [1]. Несмотря на постоянный прогресс в вариантах лечения, она является проблемой здоровья повышенной важности, затрагивая, по меньшей мере, 1 млрд. людей по всему миру с высокой заболеваемостью и смертностью.

Сравнительно недавно микроРНК (miRNA) стали изучать в качестве потенциальных биомаркеров для регуляции артериальной гипертензии [2]. Имеет место репрессия miR-204 в связанных с гипертензией гладкомышечных клетках лёгочных артерий [3]. miR-21 считается важным регулятором контроля патогенетической сигнализации гипертензии, поскольку является смягчающей гипертензию miRNA при регуляции мишеней, участвующих в сигнальных путях морфогенетических костных белков (BMP) и Rho/Rho-киназ [4]. Другое исследование раскрыло, что miR-124 контролирует пролиферативный, миграционный и воспалительный фенотип фибробластов лёгочных сосудов [5]. Кроме того, она регулирует пролиферацию фи-

бробластов путём прямого связывания с 3'-UTR mRNA белка 1, связывающего полипиримидиновые участки (PTBP1), и последующей регуляции сигнальных путей NOTCH1/PTEN/FOXO3/p21Cip1 и p27Kip1 [6]. miR-124 и miR-135a ассоциированы с регуляцией минералкортикоидного рецептора (NR3C2). Это лиганд-зависимый транскрипционный фактор, регулирующий экспрессию переносчиков ионов и молекул воды в ответ на стероидные гормоны, в первую очередь альдостерон. Мутации в его гене вызывают аутосомно-доминантный псевдоальдостеронизм I типа, характеризуемый избыточным выделением соли с мочой. Дефект этого гена также ассоциирован с ранним началом гипертензии с серьёзными осложнениями при беременности [7]. miR-124 и miR-135a ослабляют сигнализацию в ренин-ангиотензин-альдостероновой системе (РАА) и, таким образом, участвуют в регуляции кровяного давления [8]. Song M.S. и сотрудники изучали сложность системы РАА, её проявление и роль miRNA в развитии гипертензии [9]. Они выявили, что miR-155 является существенным регулятором экспрессии эндотелиальной синтазы оксида азота (eNOS) и зависимого от эпителия расширения сосудов одновременно с посредничеством в воспалении при гипертензии. Оксид азота, генерируемый eNOS, играет существенную роль в поддержании сердечно-сосудистого гомеостаза. Следовательно, ингибирование miR-155 может быть новым терапевтическим подходом в исправлении эндотелиальной дисфункции во время развития сердечно-сосудистых заболеваний [10]. Недавнее аналитическое исследование молекулярных сетей показало, что семейство miR-130/301 является важным регулятором в контроле клеточной пролиферации при гипертензии с помощью неожиданных взаимодействий друг с другом путём нацеливания на PPAR $\gamma$  [11]. К сожалению, сведений о роли miRNA в регуляции генов, участвующих в развитии артериальной гипертензии, мало, поэтому требуется выявление микроРНК регулирующих экспрессию этих генов.

### Материалы и методы исследований

В базе данных NCBI (<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/>) был произведен поиск генов, при этом было использовано название заболевания как ключевое слово (подбор ключевых слов был в различных вариациях). Так, на каждый запрос по ССЗ, поиск выдавал несколько сот генов-кандидатов, все из которых проверялись отдельно.

Проверка проводилась путем поиска связи этого гена с соответствующим заболеванием в публикациях за последние двадцать лет (<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/>). Таким образом, выяснялась связь гена с соответствующими заболеваниями, и создавались базы генов, участвующих в развитии ССЗ. Далее проводился сравнительный анализ полученных баз данных генов-кандидатов.

Все нуклеотидные последовательности mRNA генов заимствованы из GenBank (<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/>). Нуклеотидные последовательности miRNA получены из базы miRBase (<http://www.mirbase.org/>). Программа RNAHybrid использовалась для поиска сайтов связывания, свободной энергии связывания ( $\Delta G$ ) и схемы их взаимодействия. Величину  $\Delta G/\Delta G_m$  использовали в качестве сравнительного количественного критерия силы взаимодействия miRNA с mRNA, где  $\Delta G_m$  равна энергии связи miRNA с полностью комплементарной ей нуклеотидной последовательностью. Программа E-RNAhybrid рассчитывает отношение  $\Delta G/\Delta G_m$ , значение достоверности, определяет область расположения сайта microRNA в 5'-нетранслируемом участке (5'UTR), белок-кодирующей части (CDS) или 3'-нетранслируемом участке (3'UTR). Поиск генов-мишеней для miRNA проводили по программе MirTarget [9].

### Результаты исследований и их обсуждение

В результате поиска генов, участвующих в развитии артериальной гипертензии, нами выявлено 128 генов, краткая информация о которых приведена в таблице 1. Экспрессия этих генов изменялась при артериальной гипертензии, либо выявленные в этих генах мутации, влияли на функциональную активность генов.

Из таблицы 1 видно, что гены *CYBA*, *CYP11B2*, *CYP17A1*, *CYP19A1*, *CYP11B1*, *CYP21A2*, *CYP2D6*, *CYP4A11*, *CYP4F2*, которые относятся к суперсемейству ферментов P450 участвуют в развитии артериальной гипертензии. Как известно фермент P450 относится к монооксигеназной ферментной системе и участвует в метаболизме лекарственных соединений, а также в синтезе холестерина, стероидов и других липидов. Нужно отметить, что в развитии артериальной гипертензии активно участвуют также члены семейства транспортных мембранных белков (*SLC12A1*, *SLC2A1*, *SLC4A2*, *SLC4A7*, *SLC8A1*, *SLC9A2*). Некоторые хемокины также отвечают за развитие артериальной гипертензии.



Таблица 1 – Гены, участвующие в развитии артериальной гипертензии

Ген (синонимические названия)	Полное название гена	Ген (синонимические названия)	Полное название гена
<i>ACE</i>	angiotensin I converting enzyme	<i>GSTM3</i>	glutathione S-transferase mu 3 (brain)
<i>ACE2</i>	angiotensin I converting enzyme 2	<i>GSTP1</i>	glutathione S-transferase pi 1
<i>ADAMTS13</i>	ADAM metalloproteinase with thrombospondin type 1 motif, 13	<i>GUCY1A3</i>	guanylate cyclase 1, soluble, alpha 3
<i>ADD1</i>	adducin 1 (alpha)	<i>HFE</i>	hemochromatosis
<i>ADD2</i>	adducin 2 (beta)	<i>HLA-DRB1</i>	major histocompatibility complex, class II, DR beta 1
<i>ADM</i>	adrenomedullin	<i>ICAM1</i>	intercellular adhesion molecule 1
<i>ADRA2A</i>	adrenoceptor alpha 2A	<i>IFIH1</i>	interferon induced with helicase C domain 1
<i>ADRB1</i>	adrenoceptor beta 1	<i>IGF1</i>	insulin-like growth factor 1 (somatomedin C)
<i>ADRB2</i>	adrenoceptor beta 2, surface	<i>IGF1R</i>	insulin-like growth factor 1 receptor
<i>AGER</i>	advanced glycosylation end product-specific receptor	<i>IL1R2</i>	interleukin 1 receptor, type II
<i>AGT</i>	angiotensinogen (serpin peptidase inhibitor, clade A, member 8)	<i>IL6</i>	interleukin 6
<i>AGTR1</i>	angiotensin II receptor, type 1	<i>ITGB3</i>	integrin, beta 3 (platelet glycoprotein IIIa, antigen CD61)
<i>ALDH2</i>	aldehyde dehydrogenase 2 family (mitochondrial)	<i>JAG1</i>	jagged 1
<i>APLN</i>	apelin	<i>KLF5</i>	Kruppel-like factor 5 (intestinal)
<i>APOE</i>	apolipoprotein E	<i>KLK1</i>	kallikrein 1
<i>AQP2</i>	aquaporin 2 (collecting duct)	<i>LEP</i>	leptin
<i>ARHGAP42</i>	Rho GTPase activating protein 42	<i>LEPR</i>	leptin receptor
<i>ATP2B1</i>	ATPase, Ca <sup>++</sup> transporting, plasma membrane 1	<i>LPL</i>	lipoprotein lipase
<i>BMP4</i>	bone morphogenetic protein 4	<i>MED13L</i>	mediator complex subunit 13-like
<i>BMPR2</i>	bone morphogenetic protein receptor, type II (serine/threonine kinase)	<i>MMP3</i>	matrix metalloproteinase 3
<i>CACNA1D</i>	calcium channel, voltage-dependent, L type, alpha 1D subunit	<i>MMP9</i>	matrix metalloproteinase 9
<i>CACNB2</i>	calcium channel, voltage-dependent, beta 2 subunit	<i>MOV10</i>	Mov10 RISC complex RNA helicase
<i>CALCA</i>	calcitonin-related polypeptide alpha	<i>MTHFR</i>	methylenetetrahydrofolate reductase (NAD(P)H)
<i>CASZ1</i>	castor zinc finger 1	<i>MYADM</i>	myeloid-associated differentiation marker
<i>CCL2</i>	chemokine (C-C motif) ligand 2	<i>NEDD4L</i>	neural precursor cell expressed, developmentally down-regulated 4-like, E3 ubiquitin protein ligase
<i>CD36</i>	CD36 molecule (thrombospondin receptor)	<i>NOS2</i>	nitric oxide synthase 2, inducible
<i>CLOCK</i>	clock circadian regulator	<i>NPR3</i>	natriuretic peptide receptor 3
<i>CORIN</i>	corin, serine peptidase	<i>PDE4D</i>	phosphodiesterase 4D, cAMP-specific
<i>CSK</i>	c-src tyrosine kinase	<i>PER1</i>	period circadian clock 1
<i>CX3CL1</i>	chemokine (C-X3-C motif) ligand 1	<i>PLEKHA7</i>	pleckstrin homology domain containing, family A member 7
<i>CX3CR1</i>	chemokine (C-X3-C motif) receptor 1	<i>PON1</i>	paraoxonase 1
<i>CXCL10</i>	chemokine (C-X-C motif) ligand 10	<i>PPARGCIA</i>	peroxisome proliferator-activated receptor gamma, coactivator 1 alpha

Ген (синонимические названия)	Полное название гена	Ген (синонимические названия)	Полное название гена
<i>CXCL8</i>	chemokine (C-X-C motif) ligand 8	<i>PRCP</i>	prolylcarboxypeptidase (angiotensinase C)
<i>CYBA</i>	cytochrome b-245, alpha polypeptide	<i>PTGER3</i>	prostaglandin E receptor 3 (subtype EP3)
<i>CYP11B2</i>	cytochrome P450, family 11, subfamily B, polypeptide 2	<i>PTGS2</i>	prostaglandin-endoperoxide synthase 2 (prostaglandin G/H synthase and cyclooxygenase)
<i>CYP17A1</i>	cytochrome P450, family 17, subfamily A, polypeptide 1	<i>RETN</i>	resistin
<i>CYP19A1</i>	cytochrome P450, family 19, subfamily A, polypeptide 1	<i>RNLS</i>	renalase, FAD-dependent amine oxidase
<i>CYP1B1</i>	cytochrome P450, family 1, subfamily B, polypeptide 1	<i>ROCK2</i>	Rho-associated, coiled-coil containing protein kinase 2
<i>CYP21A2</i>	cytochrome P450, family 21, subfamily A, polypeptide 2	<i>S100A10</i>	S100 calcium binding protein A10
<i>CYP2D6</i>	cytochrome P450, family 2, subfamily D, polypeptide 6	<i>SELE</i>	selectin E
<i>CYP4A11</i>	cytochrome P450, family 4, subfamily A, polypeptide 11	<i>SELPLG</i>	selectin P ligand
<i>CYP4F2</i>	cytochrome P450, family 4, subfamily F, polypeptide 2	<i>SERPINE1</i>	serpin peptidase inhibitor, clade E (nexin, plasminogen activator inhibitor type 1), member 1
<i>DRD1</i>	dopamine receptor D1	<i>SHBG</i>	sex hormone-binding globulin
<i>DRD5</i>	dopamine receptor D5	<i>SLC12A1</i>	solute carrier family 12 (sodium/potassium/chloride transporter), member 1
<i>ECE1</i>	endothelin converting enzyme 1	<i>SLC2A1</i>	solute carrier family 2 (facilitated glucose transporter), member 1
<i>EDNRA</i>	endothelin receptor type A	<i>SLC4A2</i>	solute carrier family 4 (anion exchanger), member 2
<i>ELN</i>	elastin	<i>SLC4A7</i>	solute carrier family 4, sodium bicarbonate cotransporter, member 7
<i>EPO</i>	erythropoietin	<i>SLC8A1</i>	solute carrier family 8 (sodium/calcium exchanger), member 1
<i>ESR2</i>	estrogen receptor 2 (ER beta)	<i>SLC9A2</i>	solute carrier family 9, subfamily A (NHE2, cation proton antiporter 2), member 2
<i>F11R</i>	F11 receptor	<i>SOX6</i>	SRY (sex determining region Y)-box 6
<i>FABP2</i>	fatty acid binding protein 2, intestinal	<i>STK39</i>	serine threonine kinase 39
<i>FABP3</i>	fatty acid binding protein 3, muscle and heart	<i>TAGAP</i>	T-cell activation RhoGTPase activating protein
<i>FAS</i>	Fas cell surface death receptor	<i>TBX3</i>	T-box 3
<i>FGF23</i>	fibroblast growth factor 23	<i>TBXA2R</i>	thromboxane A2 receptor
<i>FGF5</i>	fibroblast growth factor 5	<i>TGFBI</i>	transforming growth factor, beta 1
<i>FIGN</i>	figetin	<i>TGFBR2</i>	transforming growth factor, beta receptor II (70/80kDa)
<i>FNI</i>	fibronectin 1	<i>TIMP2</i>	TIMP metalloproteinase inhibitor 2
<i>FOS</i>	FBJ murine osteosarcoma viral oncogene homolog	<i>TLR4</i>	toll-like receptor 4
<i>GDF15</i>	growth differentiation factor 15	<i>TXNIP</i>	thioredoxin interacting protein
<i>GHRL</i>	ghrelin/obestatin prepropeptide	<i>UCP1</i>	uncoupling protein 1 (mitochondrial, proton carrier)
<i>GNAS</i>	GNAS complex locus	<i>ULK4</i>	unc-51 like kinase 4

Ген (синонимические названия)	Полное название гена	Ген (синонимические названия)	Полное название гена
<i>GOSR2</i>	golgi SNAP receptor complex member 2	<i>UMOD</i>	uromodulin
<i>GPX3</i>	glutathione peroxidase 3	<i>VCAMI</i>	vascular cell adhesion molecule 1
<i>GRK4</i>	G protein-coupled receptor kinase 4	<i>VEGFA</i>	vascular endothelial growth factor A

Из таблицы 1 видно, что к генам, кодирующим хемокины относятся *CX3CLI*, *CX3CRI*, *CXCL8*, *CXCL10*. Как известно хемокины контролируют

процессы активации клеток иммунной системы. Нами выявлены 25 miRNA, краткая информация о которых приведена в таблице 2.

**Таблица 2** – miRNA, участвующие в развитии артериальной гипертензии

miRNA	Уровень экспрессии	Ген мишень	Объект где измерялась miRNA
hcmv-miR-UL112	up		plasma, human
let-7e	up		plasma, human
miR-1	up		peripheral blood mononuclear cells, human
miR-106b	up		plasma, human
miR-122	up		plasma, human
miR-132	up		
miR-132	up in the heart, aorta and kidneys of rats who received a 10-day infusion of angiotensin-II		tissue, rat
miR-132	down in the internal mammary artery of patients treated with angiotensin-II receptor type 1 blockers		tissue, rat
miR-133	down		peripheral blood mononuclear cells, human
miR-133b	down		plasma, human
miR-143	polymorphism		blood, human
miR-143	down		peripheral blood mononuclear cells, human
miR-143/145	down	Klf4; Klf5	tissues, mouse
miR-145	down		peripheral blood mononuclear cells, human
miR-16	up		plasma, human
miR-20b	up		plasma, human
miR-21	up		plasma, peripheral blood mononuclear cells, human
miR-212	up in the heart, aorta and kidneys of rats who received a 10-day infusion of angiotensin-II		tissue, rat
miR-212	down in the internal mammary artery of patients treated with angiotensin-II receptor type 1 blockers		tissue, rat
miR-223	up		plasma, human
miR-296-5p	up		plasma, human
miR-296-5p	down		plasma, human

miRNA	Уровень экспрессии	Ген мишень	Объект где измерялась miRNA
miR-423-5p	up		plasma, human
miR-505	down		endothelial cells, human
miR-637	up		plasma, human
miR-9	down		peripheral blood mononuclear cells, human
miR-93	up		plasma, human
miR-126	down		skeletal muscle rat
miR-126	down		peripheral blood mononuclear cells, Human
miR-16	up	VEGF	skeletal muscle, rat
miR-21	up	PTEN; Bcl-2	skeletal muscle, rat
miR-UL112	up		plasma, human

Длина miRNA, участвующих в развитии артериальной гипертензии, варьирует в пределах 21-23 нуклеотида.

Из базы данных по miRNA, участвующих в развитии артериальной гипертензии, 13 miRNA имели сайты связывания с  $\Delta G/\Delta G_m$

более 85% в mRNA генов, участвующих в развитии артериальной гипертензии. Обнаруженные сайты локализованы в CDS, 5'UTR и в 3'UTR.

Связывание этих miRNA с генами мишенями и их характеристики приводятся в таблице 3.

**Таблица 3** – Характеристики связывания miRNA с mRNA генов, участвующих в развитии артериальной гипертензии с  $\Delta G/\Delta G_m$  менее 90%

miRNA	Ген мишень	Позиция, н.	Участок	$\Delta G$ , kJ/mole	$\Delta G/\Delta G_m$ , %	Длина, н.
let-7e-5p	<i>ALDH2</i>	1652	3'UTR	-95.5	85	22
miR-106b-3p	<i>FOS</i>	1367	3'UTR	-104	85	23
miR-122-3p	<i>GSTM3</i>	1397	3'UTR	-93.4	86	22
miR-122-5p	<i>ULK4</i>	4099	3'UTR	-99.8	87	22
miR-143-3p	<i>SLC2A1</i>	2424	3'UTR	-95.5	87	21
miR-143-3p	<i>DRD1</i>	2071	CDS	-95.5	87	21
miR-143-3p	<i>CASZ1</i>	33	5'UTR	-93.4	85	21
miR-143-3p	<i>ACE</i>	2564	CDS	-93.4	85	21
miR-145-3p	<i>TGFBR2</i>	2734	3'UTR	-97.7	87	22
miR-16-1-3p	<i>GHRL</i>	322	CDS	-99.8	87	22
miR-16-1-3p	<i>ELN</i>	875	CDS	-97.7	85	22
miR-16-1-3p	<i>SOX6</i>	3958	3'UTR	-97.7	85	22
miR-16-1-3p	<i>SERPINE1</i>	700	CDS	-97.7	85	22
miR-20b-5p	<i>CACNAID</i>	357	CDS	-104	86	23
miR-21-5p	<i>BMPR2</i>	7547	3'UTR	-93.4	85	22
miR-296-3p	<i>ADRA2A</i>	39	5'UTR	-106	85	22
miR-296-5p	<i>CASZ1</i>	5751	3'UTR	-101.9	86	21
miR-296-5p	<i>SI00A10</i>	313	5'UTR	-101.9	86	21
miR-505-5p	<i>MOV10</i>	2106	CDS	-99.8	85	22
miR-505-5p	<i>ACE2</i>	218	CDS	-99.8	85	22
miR-93-3p	<i>VEGFA</i>	737	CDS	-106	88	22

В mRNA генов, участвующих в развитии артериальной гипертензии, с  $\Delta G/\Delta G_m$  более 90% найдено 189 сайтов связывания для 82 miRNA (таблица 4). Из них 48 сайтов расположены в СДС, 18 в 5'UTR и 122 в 3'UTR. Некоторые miRNA имеют несколько сайтов связывания с mRNA генов, участвующих в развитии артериальной гипертензии. miR-1273e имеет три сайта связывания с mRNA гена *F11R*, miR-466 – пять сайтов связывания с mRNA гена *CD36*, шесть

сайтов связывания с mRNA гена *MYADM*, miR-574-5p – 9 сайтов с mRNA гена *IGF1*, miR-3960 – пять сайтов с mRNA гена *ADRB1*, четыре сайта для mRNA гена *PDE4D*, miR-762 – четыре сайта для mRNA гена *STK39*. miR-619-5p с  $\Delta G/\Delta G_m$  100% связывается с генами *CACNB2* и *CD36*, miR-3960, miR-1273e, miR-1273g-3p, miR-5095, miR-3665, miR-1273f с  $\Delta G/\Delta G_m$  98% связывается с генами *ADRB1*, *BMP2*, *GSTM3*, *F11R*, *ICAM1*, *IGF1*, *LEP*, *MYADM*, *NEDD4L*, *TBXA2R*.

**Таблица 4** – Характеристики связывания одной miRNA с mRNA генов, участвующих в развитии артериальной гипертензии с  $\Delta G/\Delta G_m$  более 90%

Ген	Характеристики связывания miRNA	Ген	Характеристики связывания miRNA
<i>ADD1</i>	miR-6793, 67-5, 93	<i>KLF5</i>	miR-6787-5p, 528-C, 92
<i>ADD2</i>	miR-6124, 2817-3, 92	<i>NOS2</i>	miR-6894-3p, 1438-C, 91
<i>AGT</i>	miR-3126, 327-5, 91	<i>PDE4D</i>	miR-3960, 337-416(4)-C, 93
<i>ALDH2</i>	miR-4687, 171-C, 91	<i>PON1</i>	miR-5003-3p, 331-C, 92
<i>CYP21A2</i>	miR-4676, 562-C, 91	<i>PPARGCIA</i>	miR-466, 2807-2823(2)-3, 91
<i>CYP4F2</i>	miR-378i, 176-C, 92	<i>PRCP</i>	miR-3135a, 91-5, 91
<i>DRD1</i>	miR-6783, 596-5, 91	<i>SERPINE1</i>	miR-4758-3p, 277-C, 90
<i>EDNRA</i>	miR-4496, 385-5, 91	<i>SHBG</i>	miR-6746-5p, 822-C, 90
<i>FIGN</i>	miR-29a-5p, 1465-C, 90	<i>SLC2A1</i>	miR-6845-3p, 2587-3, 91
<i>GHRL</i>	miR-4686, 141-C, 91	<i>SLC8A1</i>	miR-3158-5p, 3179-3, 91
<i>GNAS</i>	miR-92a-1-5p, 1554-C, 90	<i>SLC9A2</i>	miR-6789-3p, 160-C, 91
<i>GPX3</i>	miR-466, 1109-3, 91	<i>TAGAP</i>	miR-6824-5p, 935-C, 93
<i>GRK4</i>	miR-6825-3p, 265-5, 90	<i>TBX3</i>	miR-4769-3p, 4469-3, 90
<i>HFE</i>	miR-5095, 2196-3, 95	<i>UMOD</i>	miR-138-2-3p, 2188-3, 91

Примечание. Во втором столбце последовательно указаны: miRNA, начало позиции сайта связывания miRNA в mRNA (нт), величина  $\Delta G/\Delta G_m$  (%); -5, -C и -3 – сайты локализованы в 5'UTR, CDS и 3'UTR, соответственно.

**Таблица 5** – Характеристики связывания двух и более miRNA с mRNA генов, участвующих в развитии артериальной гипертензии с  $\Delta G/\Delta G_m$  более 90%

Ген	Характеристика связывания miRNA
<i>ADAMTS13</i>	miR-6132, 2839-C, 96; miR-6799, 1809-C, 95; miR-6861, 3468-C, 90
<i>ADRB1</i>	miR-3960, 951-C, 98; 926-C, 93; 957-C, 92; miR-3665, 1402-C, 98; miR-6799, 44-5, 93; miR-1587, 32-5, 93
<i>APLN</i>	miR-1233, 162-5, 93; miR-3661, 1261-3, 90
<i>AQP2</i>	miR-1237, 2414-3, 95; miR-4484, 1133-3, 94; miR-708, 4053-3, 93; miR-5190, 656-C, 93; miR-1224, 1183-3, 91; miR-1251, 1994-3, 91
<i>BMP2</i>	miR-619, 9098-3, 98; 9231-3, 91; miR-5095, 9092-3, 98; miR-5585, 7629-3, 96; 9238-3, 95; miR-1285, 9340-3, 94; miR-5096, 7556-3, 92; miR-3141, 116-5, 90; miR-4261, 860-5, 90
<i>CACNB2</i>	miR-619, 4301-3, 100; miR-5096, 4375-3, 94; miR-5095, miR-4748, 1852-C, 91
<i>CASZ1</i>	miR-4505, 3653-C, 96; miR-5571-3p, 753-C, 94; miR-3158, 851-C, 91; miR-4732, 1590-C, 90; miR-150-3p, 6204-3, 90
<i>CD36</i>	miR-619-5p, 4042-3, 100; 4169-3, 97; miR-466, 3533-3539-3, 93; miR-5585, 4176-3, 93; miR-5096, 4107-4108-3, 93

Ген	Характеристика связывания miRNA
<i>ECE1</i>	miR-5096, 3685-3, 96; miR-619, 3611-3, 93; miR-8052, 4473-3, 91
<i>ELN</i>	miR-4800,3134-3, 94; 2773-3, 93; miR-331,173-C, 91; miR-877, 2592-3, 91; miR-6809-3p, 2592-3, 91; miR-6734-3p, 2592-3, 90
<i>F11R</i>	miR-1273e, 4355-3, 98; miR-1273g-3p, 3297-3298-3, 98; miR-1273f, 4345-3, 98; miR-5096, 1947-3, 96; miR-619-5p, 2001-3, 93; miR-1273e, 4354-3, 93; 3341-3, 91; miR-466, 4269-3, 91; miR-5585-3p, 2008-3, 91; miR-5095, 1876-3, 91; miR-1273d, 4346-3, 91; miR-1972, 3537-3, 90
<i>FGF23</i>	miR-326, 853-C, 93; miR-6878-3p, 49-5, 91
<i>FGF5</i>	miR-1273f, 3439-3, 96; miR-1273g-3p, 3405-3406-3, 95, 91; miR-7111-5p, 238-C, 90
<i>FNI</i>	miR-6892-3p, 17-5, 93; miR-3926, 2596-C, 92; miR-6756-5p, 1156-C, 92; miR-1914-3p, 230-5, 90
<i>GSTM3</i>	miR-619, 2132-3, 98; miR-1285-5p, 2673-3, 94; miR-5585-3p, 2272-3, 93; miR-1303, 2848-3, 93
<i>ICAM1</i>	miR-1273g-3p, 3032-3, 98; miR-3621, 326-C, 93; miR-1273g-3p, 3031-3, 93; miR-466, 2989-3, 91
<i>IFIH1</i>	miR-8072, 186-5; miR-8077, 1307-C, 90
<i>IGF1</i>	miR-1273f, 6042-3, 98; miR-1273g-3p, 6008-6009 (2)-3, 96; miR-574-5p, 4042-4062 (10)-3, 93; miR-1273e, 6052-3, 93
<i>ITGB3</i>	miR-3126-5p, 3351-3, 95; miR-7107-5p, 2925-3, 92
<i>LEP</i>	miR-619-5p, 3100-3, 98; miR-5095, 3094-3, 95; miR-5585-3p, 3240-3, 93; miR-5096, 3171-3172 (2)-3, 92
<i>MTHFR</i>	miR-619-5p, 6861-3, 95; miR-5585-3p, 7003-3, 95; miR-5095, 6855-3, 95; miR-5585-3p, 6300-3, 93; miR-1285-5p, 6399-3, 62
<i>MYADM</i>	miR-619-5p, 2366-3, 98; miR-1273g-3p, 1600-1601(2)-3, 98; miR-5096, 2439-3, 96; miR-5095, 2360-3, 95; miR-1273f, 1634-3, 94; miR-1273e, 1643-1644 (2)-3, 93; miR-466, 1983-1993 (6), 91; miR-3120-3p, 1947-3, 91
<i>NEDD4L</i>	miR-1273g-3p, 6469-3, 98; miR-4459, 855-C, 92; miR-744-5p, 7621-3, 90
<i>ROCK2</i>	miR-5096, 6208-3, 92; miR-619-5p, 6134-3, 91; miR-1237-3p, 501-C, 91
<i>S100A10</i>	miR-3125, 863-3, 94; miR-6779-3p, 300-5, 93
<i>STK39</i>	miR-762, 278-284(5)-C, 97, 92; miR-1237-5p, 280-C, 92
<i>TBXA2R</i>	miR-1273f, 1784-3, 98; 2083-3, 96; miR-1273g-3p, 1750-1751(2)-3, 96; miR-1273e, 1794-3, 95; 2093-3, 93; miR-1972, 2156-3, 90
<i>TGFBI</i>	miR-4651, 2087-3, 95; miR-877-3p, 233-5, 93; miR-6089, 2065-3, 91; miR-6824-5p, 708-5, 90; miR-6877-5p, 5-5, 90; miR-6742-5p, 2047-C, 90
Примечание. Во втором столбце последовательно указаны: miRNA, начало позиции сайта связывания miRNA в mRNA (нт), величина $\Delta G/\Delta G_m$ (%); -5, -C и -3 – сайты локализованы в 5'UTR, CDS и 3'UTR, соответственно.	

Все гены в таблице 5 имеют величину  $\Delta G/\Delta G_m$  равную от 90% до 100% от максимальной свободной энергии связывания. Из 156 сайтов связывания 31 локализованы в CDS, 12 сайтов связывания в 5'UTR и 113 сайта в 3'UTR. Степень взаимодействия miRNA с mRNA определяется величиной свободной энергии ( $\Delta G$ ) их связывания. По этому показателю можно выделить несколько miRNA. Наибольшая величина  $\Delta G$  наблюдается при взаимодействии miR-6089 с mRNA гена *TGFBI* равная -136 kJ/mole. miR-762 связывается с mRNA гена *STK39* с  $\Delta G$  равной -132 kJ/mole.

miR-466 имеет 4 генов-мишеней, она связывается с mRNA генов *CD36* (5 сайтов связывания), *F11R* (1 сайт связывания), *MYADM*

(6 сайтов связывания), *ICAM1* (1 сайт связывания) с энергией от -104 kJ/mole до -108 kJ/mole и величиной  $\Delta G/\Delta G_m$  равной от 89% до 93% от максимальной свободной энергии связывания miR-466-3p с mRNA равной -108 kJ/mole. Взаимодействие miR-466 с геном *MYADM* характеризуется расположением сайтов связывания через каждый 2 нуклеотида, также как и с геном *CD36*. Все сайты этой miRNA находятся в 3'UTR. Гены *CD36* и *MYADM* имеют большее количество сайтов связывания, следовательно, вероятность изменения экспрессии, в результате нарушения артериального давления, больше, чем у генов с наличием 1-3 сайтов связывания.

miR-619-5p имеет 10 генов-мишеней: *BMPL2* (2 сайта), *SACNB2* (1 сайт), *CD36* (2 сайта), *ECE1*

(1 сайт), *F11R* (1 сайт), *GSTM3* (1 сайт), *LEP* (1 сайт), *MTHFR* (1 сайт), *MYADM* (1 сайт), *ROCK2* (1 сайт) с энергией от -110 kJ/mole до -119 kJ/mole и величиной  $\Delta G/\Delta G_m$  равной от 91% до 100% от максимальной свободной энергии связывания. Это свидетельствует о важной роли miR-619-5p в регуляции экспрессии многих генов.

Белок, кодируемый геном *CD36* является представителем основных гликопротеинов на поверхности тромбоцитов и служит рецептором для тромбоспондина (TSP) в тромбоцитах и различных клеточных линиях. Так как тромбоспондины широко распространенные белки, участвующие в различных спаечных процессах, этот белок может выполнять функции молекулы клеточной адгезии. Он связывает коллаген, тромбоспондин, анионные фосфолипиды и окисленные ЛПНП. Он напрямую выступает посредником адгезии малярийного плазмодия пораженных эритроцитов и связывает длинноцепочечные жирные кислоты, и может функционировать в транспорте и/или в качестве регулятора транспорта жирных кислот. Мутации в этом гене

вызывают дефицит тромбоцитарного гликопротеина. miR-619-5p имеет множественные сайты связывания с mRNA гена *CD36*.

miR-3960 имеет множественные сайты связывания с mRNA гена *ADRB1* расположенные последовательно через 2 нуклеотида в CDS. Ген *ADRB1* относится к подтипу beta 1, семейство прототипных гуанин нуклеотид-связывающих регуляторных белков-сопряженных рецепторов, которые опосредуют физиологические эффекты гормона адреналина и нейромедиатора норадреналина. Определенные полиморфизмы в этом гене, как было показано, влияют на частоту сердечных сокращений и может быть причастен к сердечной недостаточности.

miR-574-5p имеет множественные сайты связывания с mRNA гена *IGF-1*, которые располагаются последовательно через 2 нуклеотида в 3'UTR. Инсулиноподобный фактор роста-1 (IGF-1), в больших количествах присутствующий у молодых людей, предотвращает образование атеросклеротических бляшек в кровеносных сосудах.

**Таблица 6** – Характеристики связывания miRNA, участвующих в развитии артериальной гипертензии с mRNA генов-мишеней

miRNA	Ген мишень	Позиция, н.	Участок	$\Delta G$ , kJ/mole	$\Delta G/\Delta G_m$ , %	Длина, н.
hcmv-miR-UL112-3p	<i>YPEL5</i>	154	5'UTR	-110	93	22
let-7e-3p	<i>ANKRD13D</i> <i>TLL11</i>	104 3689	5'UTR 3'UTR	-108 -108	91 91	22
let-7e-5p	<i>GPR83</i> <i>HIF3A</i> <i>TACC2</i> <i>EPB41L4A</i>	1580 2800 7289 2299	3'UTR 3'UTR CDS CDS	-102 -102 -102 -104	91 91 91 92	22
miR-106b-3p	<i>SLC4A3</i>	1034	CDS	-113	91	21
miR-106b-5p	<i>NBEAL2</i> <i>PLEKHM1</i> <i>CCDC141</i>	6124 4123-4124 8157	CDS 3'UTR 3'UTR	- 98 -100 -98	90 92 90	21
miR-122-3p	<i>CNN1</i>	1500	3'UTR	- 98	90	22
miR-122-5p	<i>KCNIP2</i> <i>STARD9</i>	2371 3287	3'UTR CDS	-104 -104	91 91	22
miR-132-3p	<i>PTCHD3</i>	2426	3'UTR	- 106	91	22
miR-133a-3p	<i>ACTC1</i> <i>C16orf58</i> <i>BID</i> <i>GPR179</i> <i>POLE2</i> <i>PTPRA</i> <i>TMEM71</i> <i>C16orf72</i>	51 1045 839 426 1290 1876 607 1629	5'UTR CDS CDS CDS CDS CDS CDS 3'UTR	-108 -108 -108 -108 -100 -100 -113 -100	91 91 91 91 91 90 95 90	22

miRNA	Ген мишень	Позиция, н.	Участок	$\Delta G$ , kJ/mole	$\Delta G/\Delta G_m$ , %	Длина, н.
miR-133b	<i>ACTC1</i>	51	5'UTR	-110	95	22
	<i>TMEM71</i>	607	CDS	-108	91	
	<i>ARHGAP26</i>	2411	CDS	-106	91	
	<i>PTPN4</i>	2445	CDS	-106	91	
miR-143-3p	<i>ZNF423</i>	2681	CDS	-100	90	21
	<i>OLIG2</i>	494	CDS	-100	90	
	<i>UBIAD1</i>	502	CDS	-100	90	
	<i>LILRB4</i>	935	CDS	-100	90	
	<i>C21orf91</i>	4650	3'UTR	-100	90	
	<i>CYP4V2</i>	4082	3'UTR	-100	90	
	<i>SAMD5</i>	1558	3'UTR	-102	92	
	<i>SZRD1</i>	1798	3'UTR	-100	90	
miR-145-3p	<i>MAGEB4</i>	35	5'UTR	-102	91	22
	<i>CNOT8</i>	565	CDS	-102	91	
	<i>COL25A1</i>	1923	CDS	-104	92	
	<i>COL11A2</i>	3876	CDS	-102	91	
	<i>LRRC66</i>	1854	CDS	-102	91	
	<i>SPDYC</i>	200	CDS	-102	93	
	<i>MUC16</i>	15785	CDS	-102	91	
	<i>FUT1</i>	3664	3'UTR	-102	91	
miR-145-5p	<i>PRICKLE4</i>	1024	CDS	-113	91	23
miR-16-1-3p	<i>CASC1</i>	959	CDS	-106	93	22
miR-16-2-3p	<i>SCN2A</i>	3780	CDS	-106	90	22
miR-20b-3p	<i>SEZ6L2</i>	2766	CDS	-106	91	22
miR-21-3p	<i>GRIN2D</i>	2488	CDS	-108	94	21
miR-21-5p	<i>KSR2</i>	12192	3'UTR	-100	90	22
miR-212-3p	<i>CAPN1</i>	1500	CDS	-106	93	21
	<i>CUL4A</i>	632	CDS	-106	93	
	<i>KPNA4</i>	361	CDS	-104	91	
	<i>PAN3</i>	2557	CDS	-104	91	
	<i>TRMT1</i>	1475	CDS	-104	91	
miR-223-3p	<i>C5orf42</i>	2201	CDS	-102	91	22
	<i>VNN1</i>	1160	CDS	-102	91	
miR-296-5p	<i>PDCD10</i>	118	5'UTR	-108	91	21
miR-423-5p	<i>CREB3L1</i>	1094	CDS	-115	92	23
	<i>SLFN1</i>	50	5'UTR	-115	92	
	<i>FMNL1</i>	1866	CDS	-115	92	
miR-93-5p	<i>NOSTRIN</i>	2565	3'UTR	-115	93	23
	<i>FZD5</i>	1811	CDS	-113	91	
miR-505-3p	<i>RDH11</i>	357	CDS	-106	91	22
miR-505-5p	<i>SLC38A3</i>	1130	CDS	-108	93	22

Все гены в таблице 6 имеют величину  $\Delta G/\Delta G_m$  равную от 91% до 95% от максимальной свободной энергии связывания. Из 64 сайтов связывания 41 локализованы в участке CDS, 5 сайтов связывания в участке 5'UTR и 18 сайта в участке 3'UTR.

mRNA генов *ACTC1*, *C16orf58*, *BID*, *GPR179*, *POLE2*, *PTPRA*, *TMEM71*, *C16orf72* имеют сайты

связывания с miRNA-133a-3p с энергией от -100 kJ/mole до -113 kJ/mole и величиной  $\Delta G/\Delta G_m$  равной от 91% до 95%. Следовательно, изменение экспрессии этих генов под влиянием miR-133a-3p может привести к развитию заболевания.

*ACTC1* является высококонсервативным белком, который участвует в различных видах клеточной подвижности. Альфа актин найден в



мышечной ткани и является одной из важнейших составляющих сократительного аппарата. Дефекты в этом гене были связаны с идиопатической дилатационной кардиомиопатией и семейной гипертрофической кардиомиопатией. *ACTC1* связывается с miR-133a-3p (91%) и miR-133b (95%).

Каждый из всех генов мишеней для miRNA может значительно изменить скорость развития артериальной гипертензии. Некоторые, уникальные miRNA связываются с несколькими генами.

Следовательно, эти miRNA имеют повышенную вероятность стать причиной развития заболевания. Необходимо учитывать, что некоторые miRNA могут функционировать как гены, вызывая развитие заболевания. Другие miRNA являются ингибиторами или супрессорами mRNA. Это двунаправленное действие miRNA осложняет однозначную интерпретацию их действия, однако в любом случае отклонение их экспрессии от нормы будет вызывать изменение скорости развития артериальной гипертензии.

### Литература

- 1 Samanta S., Balasubramanian S., Rajasingh S., Patel U., Dhanasekaran A., Dawn B., Rajasingh J. MicroRNA: A new therapeutic strategy for cardiovascular diseases // *Trends Cardiovas Med.* - 2016. - V.26(5). - P.407-419.
- 2 Chen D., Zhao M., Mundy G.R. Bone Morphogenetic Proteins // *Growth Factors.* - 2004. - V.22(4). - P.233-241.
- 3 Bustelo X.R., Sauzeau V., Berenjano I.M. GTP-binding proteins of the Rho/Rac family: regulation, effectors and functions in vivo // *Bioessays.* - 2007. - V.29(4). - P.356-370.
- 4 Song M.S., Salmena L., Pandolfi P.P. The functions and regulation of the PTEN tumour suppressor // *Nat Rev Mol Cell Bio.* - 2012. - V.13(5). - P.283-296.
- 5 Mitrea D.M., Yoon M.K., Ou L., Kriwacki R.W. Disorder-function relationships for the cell cycle regulatory proteins p21 and p27 // *Biol Chem.* - 2012. - V.393(4). - P.259-274.
- 6 Feige J.N., Gelman L., Michalik L., Desvergne B., Wahli W. From molecular action to physiological outputs: peroxisome proliferator-activated receptors are nuclear receptors at the crossroads of key cellular functions // *Prog Lipid Res.* - 2006. - V.45(2). - P.120-59.
- 7 Kriegel A.J., Baker M.A., Liu Y., Liu P., Cowley A.W., Liang M. Endogenous microRNAs in human microvascular endothelial cells regulate mRNAs encoded by hypertension-related genes // *Hypertension.* - 2015. - V.66(4). - P.793-799.
- 8 Zhou S., Li M., Zeng D., Xu X., Fei L., Zhu Q., Zhang Y., Wang R. A single nucleotide polymorphism in 3' untranslated region of epithelial growth factor receptor confers risk for pulmonary hypertension in chronic obstructive pulmonary disease // *Cell Physiol Biochem.* - 2015. - V.36(1). - P.166-178.
- 9 Xing Y., Zheng X., Li G., Liao L., Cao W., Xing H., Shen T., Sun L., Yang B., Zhu D. MicroRNA-30c contributes to the development of hypoxia pulmonary hypertension by inhibiting platelet-derived growth factor receptor  $\beta$  expression // *Int J Biochem Cell B.* - 2015. - V.64. - P.155-166.
- 10 Gonsalves C.S., Li C., Mpollo M.S., Pullarkat V., Malik P., Tahara S.M., Kalra V.K. Erythropoietin-mediated expression of placenta growth factor is regulated via activation of hypoxia-inducible factor-1 $\alpha$  and post-transcriptionally by miR-214 in sickle cell disease // *Biochem J.* - 2015. - V.468(3). - P.409-423.
- 11 Hromadnikova I., Kotlabova K., Ondrackova M., Pirkova P., Kestlerova A., Novotna V., Hympanova L., Krofta L. Expression profile of C19MC microRNAs in placental tissue in pregnancy-related complications // *DNA Cell Biol.* - 2015. - V.34(6). - P.437-457.

### References

- 1 Samanta S, Balasubramanian S, Rajasingh S, Patel U, Dhanasekaran A, Dawn B, Rajasingh J (2016) MicroRNA: A new therapeutic strategy for cardiovascular diseases, *Trends Cardiovas Med*, 26(5):407-419. DOI: 10.1016/j.tcm.2016.02.004
- 2 Chen D, Zhao M, and Mundy GR (2004) Bone Morphogenetic Proteins, *Growth Factors*, 22(4):233-241. DOI: 10.1080/08977190412331279890
- 3 Bustelo XR, Sauzeau V, Berenjano IM (2007) GTP-binding proteins of the Rho/Rac family: regulation, effectors and functions in vivo, *Bioessays* 29(4):356-370. DOI: 10.1002/bies.20558
- 4 Song MS, Salmena L, Pandolfi PP (2012) The functions and regulation of the PTEN tumour suppressor, *Nat Rev Mol Cell Bio*, 13(5):283-296. DOI: 10.1038/nrm3330
- 5 Mitrea DM, Yoon MK, Ou L, Kriwacki RW (2012) Disorder-function relationships for the cell cycle regulatory proteins p21 and p27, *Biol Chem*, 393(4):259-274. DOI: 10.1515/hsz-2011-0254
- 6 Feige JN, Gelman L, Michalik L, Desvergne B, Wahli W (2006) From molecular action to physiological outputs: peroxisome proliferator-activated receptors are nuclear receptors at the crossroads of key cellular functions, *Prog Lipid Res*, 45(2): 120-59. DOI: 10.1016/j.plipres.2005.12.002
- 7 Kriegel AJ, Baker MA, Liu Y, Liu P, Cowley AWJ, Liang M (2015) Endogenous microRNAs in human microvascular endothelial cells regulate mRNAs encoded by hypertension-related genes, *Hypertension*, 66(4):793-799. DOI: 10.1161/HYPERTENSIONAHA.115.05645

- 8 Zhou S, Li M, Zeng D, Xu X, Fei L, Zhu Q, Zhang Y, Wang R (2015) A single nucleotide polymorphism in 3' untranslated region of epithelial growth factor receptor confers risk for pulmonary hypertension in chronic obstructive pulmonary disease, *Cell Physiol Biochem*, 36(1):166-178. DOI: 10.1159/000374061
- 9 Xing Y, Zheng X, Li G, Liao L, Cao W, Xing H, Shen T, Sun L, Yang B, Zhu D (2015) MicroRNA-30c contributes to the development of hypoxia pulmonary hypertension by inhibiting platelet-derived growth factor receptor  $\beta$  expression, *Int J Biochem Cell B*, 64:155-166. DOI: 10.1016/j.biocel.2015.04.001
- 10 Gonsalves CS, Li C, Mpollo MS, Pullarkat V, Malik P, Tahara SM, Kalra VK (2015) Erythropoietin-mediated expression of placenta growth factor is regulated via activation of hypoxia-inducible factor-1 $\alpha$  and post-transcriptionally by miR-214 in sickle cell disease, *Biochem J*, 468(3):409-423. DOI: 10.1042/BJ20141138
- 11 Hromadnikova I, Kotlabova K, Ondrackova M, Pirkova P, Kestlerova A, Novotna V, Hympanova L, Krofta L (2015) Expression profile of C19MC microRNAs in placental tissue in pregnancy-related complications, *DNA Cell Biol*, 34(6):437-457. DOI: 10.1089/dna.2014.2687



<sup>1</sup>Ниязова Р.Е., <sup>1</sup>Пинский И.В.,  
<sup>1</sup>Атамбаева Ш.А.,  
<sup>1</sup>Пыркова А.Ю.,  
<sup>1</sup>Иващенко А.Т., <sup>2</sup>Лабейт З.Б.

<sup>1</sup>Научно-исследовательский институт проблем биологии и биотехнологии Казахского национального университета им. аль-Фараби, Казахстан, г. Алматы  
<sup>2</sup>Медицинский центр Университета Гейдельберга, Германия, г. Мангейм

### МикроРНК и гены, связанные с развитием атеросклероза

<sup>1\*</sup>Nijazova R.E., <sup>1</sup>Pinskij I.V.,  
<sup>1</sup>Atambaeva Sh.A., <sup>1</sup>Pyrkova A.Ju.,  
<sup>1</sup>Ivashchenko A.T., <sup>2</sup>Labejt Z.B.

<sup>1</sup>Biology and biotechnology problems scientific-research institute of the Al-Farabi Kazakh National University, Kazakhstan, Almaty  
<sup>2</sup>University Medical Centre Mannheim of University of Heidelberg, Germany, Mannheim

### microRNAs and genes associated with the development of atherosclerosis

<sup>1\*</sup>Ниязова Р.Е., <sup>1</sup>Пинский И.В.,  
<sup>1</sup>Атамбаева Ш.А.,  
<sup>1</sup>Пыркова А.Ю.,  
<sup>1</sup>Иващенко А.Т., <sup>2</sup>Лабейт З.Б.

<sup>1</sup>Әл-Фараби атындағы Қазақ ұлттық университеті Биология және биотехнология проблемаларының ғылыми-зерттеу институты, Қазақстан, Алматы қ.  
<sup>2</sup>Гейдельберг Университетінің Медициналық орталығы, Германия, Мангейм қ.

### Атеросклероз дамуымен байланысты микроРНК және гендер

Созданы базы данных по 212 генам и 39 микроРНК (miRNA), участвующих в развитии атеросклероза. Только miR-103a-3p имела сайт связывания в mRNA гена ADAMTS7 с величиной  $\Delta G/\Delta G_m$  более 90% из mRNA 212 генов. 39 miRNA имели 118 сайтов связывания в mRNA генов с величиной  $\Delta G/\Delta G_m$  от 90 до 100%. mRNA гена IRS2 содержала сайты связывания для 17 miRNA. mRNA генов LMNA, MTHFR, F11R, LDLR имели число сайтов связывания miRNA, равное 14, 11, 10 и 9, соответственно. miR-619-5p и miR-5096 имели полностью комплементарные сайты связывания в mRNA генов ADAM17 и IL18. miR-619-5p имела сайты связывания в mRNA 11 генов. miR-466 имела множественные сайты связывания в mRNA пяти генов. miR-1322 имела множественные сайты связывания в mRNA генов PDE4D и RTN3, а miR-574-5p взаимодействовала с множественными сайтами в mRNA гена PPARA. Сайты связывания miRNA в mRNA генов IL18, IL10, LDLR, BRCA1, F11R имели величину  $\Delta G/\Delta G_m$  равную 98 – 100%. mRNA генов CDKN1C, SIRT1, TGFB1, APH1B содержали сайты связывания с энергией взаимодействия 127 – 136 kJ/mole. mRNA гена CDKN1C содержала 35 сайтов связывания miR-762 в CDS.

**Ключевые слова:** miRNA, mRNA, сайты связывания, гены-мишени, атеросклероз.

It was created a database of 212 genes and 39 microRNAs involved in the development of atherosclerosis. Only miR-103a-3p has binding site in mRNA of ADAMTS7 gene with the value of  $\Delta G/\Delta G_m$  more than 90%. 39 miRNAs have 118 binding sites in the mRNA genes with the value of  $\Delta G/\Delta G_m$  from 90 to 100%. IRS2 gene mRNA contains 17 binding sites for miRNAs. mRNA of LMNA, MTHFR, F11R, LDLR genes have a number of miRNAs binding sites equal to 14, 11, 10 and 9, respectively. miR-619-5p and miR-5096 have completely complementary binding sites in the mRNA of ADAM17 and IL18 genes. miR-619-5p has binding sites in mRNAs of 11 genes. miR-466 has multiple binding sites in the mRNA of five genes. miR-1322 has multiple binding sites in the mRNA of PDE4D, RTN3 genes, and miR-574-5p interacted with multiple sites in the mRNA PPARA gene. miRNAs binding sites in the mRNA of IL18, IL10, LDLR, BRCA1, F11R genes have a value of  $\Delta G/\Delta G_m$  equal to 98 – 100%. mRNAs of CDKN1C, SIRT1, TGFB1, APH1B genes contain binding sites with the interaction energy of 127 – 136 kJ/mole. mRNA of CDKN1C gene contains 35 binding sites for miR-762 in CDS.

**Key words:** miRNA, mRNA, binding sites, target genes, atherosclerosis.

Атеросклероздың дамуына қатысатын 212 гендер және 39 микроРНК бойынша мәліметтер базалары құрастырылған. miR-103a-3p ADAMTS7 геннің mRNAда  $\Delta G/\Delta G_m$  90% жоғары байланысу сайты анықталған. 39 miRNAдар үшін 118 байланысу сайттар табылған,  $\Delta G/\Delta G_m$  90%-дан 100%-ға дейін. IRS2 геннің mRNAда 17 miRNAдар үшін байланысу сайттар бар. LMNA, MTHFR, F11R, LDLR гендердің mRNAдағы байланысу сайттардың саны 14, 11, 10 және 9. miR-619-5p және miR-5096 ADAM17 мен IL18 гендер mRNAда толық комплементарлы байланысу сайттар бар. miR-619-5p үшін 11 гендердің mRNAда байланысу сайттары бар. miR-466 үшін бес геннің mRNA көптік байланысу сайттары бар. miR-1322 үшін PDE4D және RTN3 гендер mRNAда көптік байланысу сайттары бар, ал miR-574-5p PPARA геннің mRNAда көптік сайттармен байланысады. IL18, IL10, LDLR, BRCA1, F11R гендердің mRNAда miRNAдың байланысу сайттары үшін  $\Delta G/\Delta G_m$  98 – 100% тең. CDKN1C, SIRT1, TGFB1, APH1B гендердің mRNAда байланысу энергиясы 127 – 136 kJ/mole тең байланысу сайттары бар. CDKN1C геннің mRNA CDSте miR-762 үшін 35 байланысу сайттары бар.

**Түйін сөздер:** miRNA, mRNA, байланысу сайттары, нысана-гендер, атеросклероз.

## МИКРОРНК И ГЕНЫ, СВЯЗАННЫЕ С РАЗВИТИЕМ АТЕРОСКЛЕРОЗА

### Введение

Атеросклероз является хроническим заболеванием артерий эластического и мышечно-эластического типа, возникающим вследствие нарушения липидного обмена и сопровождающимся отложением холестерина и некоторых фракций липопротеидов в интиме сосудов. Атеросклероз является одной из ведущих причин заболеваемости и смертности в мире и характеризуется возникновением богатых холестерином бляшек в артериях [1].

miRNA влияют на функцию эндотелиальных клеток при атеросклерозе [2]. В неразветвлённых артериях эндотелиальные клетки подвержены ламинарному течению (спокойному течению, при котором жидкость перемещается слоями без перемешивания и пульсаций) и стрессу высоких перепадов давления. В участках сосудов, склонных к атеросклерозу, где изгибы и разветвления артерий постоянно возмущают течение крови, клетки эндотелия подвержены низким перепадам давления [3]. Это вызывает дисфункцию эндотелиальных клеток и обеспечивает развитие атеросклеротических повреждений, при которых лейкоциты внедряются в субэндотелиальное пространство, секретируют цитокины, и липопротеины низкой плотности (LDL) окисляются, обеспечивая в дальнейшем воспалительное микроокружение. Большинство сигналов, благоприятных для дисфункции клеток эндотелия, влияют на экспрессию специфических miRNA, которые могут как обострять, так и улучшать фенотип этих клеток [4].

Ниже приводятся примеры miRNA и генов, а также кодируемых этими генами белков, которые связаны с развитием атеросклероза.

Липопротеины низкой плотности (LDL) – класс липопротеинов крови, являющийся наиболее атерогенным. LDL образуются из липопротеинов очень низкой плотности в процессе липолиза, который осуществляет фермент липопротеинлипаза (LPL) [5]. Она регулирует уровень липидов в крови и играет важное значение при атеросклерозе. LPL синтезируется в большинстве тканей организма, кроме печени, где синтезируется специфическая печёночная липаза. Наиболее богаты липопротеинлипазой сердце, скелетные мышцы и жировая ткань

[6]. Частица LDL содержит в качестве белковой компоненты одну молекулу аполипопротеина В-100, кодируемого геном *APOB*, который стабилизирует структуру частицы и является лигандом для ЛНП-рецептора (LDLR). Окисленные ЛНП ответственны за активизацию miR-365, в то же время они ингибируют экспрессию *let-7g*. Регуляция этими miRNA вносит вклад в уменьшение воспаления, апоптоз, и ингибирует физиологическое старение в эндотелиальных клетках [7]. Рецептор липопротеинов низкой плотности (LDLR) — белок, опосредующий эндоцитоз LDL, обогащённых холестерином. Этот рецептор представляет собой мембранный белок, специфически распознающий белки *APOB-100* и *APOE* [8].

miR-10a и miR-126-5p, индуцируемые при высоких перепадах давления в местах ламинарного течения и под действием своих мишеней, в общем и целом снижают воспаление, ингибируют пролиферацию блокированием клеточного цикла и обеспечивают пролиферативный потенциал. miR-21, miR-92a, miR-712 и miR-34a индуцируются беспорядочным течением и обеспечивают воспаление. С другой стороны, miR-663 индуцируется низкими перепадами давления, но она ингибирует воспаление через действие неизвестных мишеней [9]. Экспрессия miR-155 индуцируется фактором некроза опухолей (TNF), который в то же время снижает экспрессию miR-181b; экспрессия miR-222 индуцируется совместным действием цитокинов IL3 и bFGF. Комбинированное действие miRNA, индуцируемых цитокинами, включает в себя уменьшение воспаления, расслабление сосудов и ингибирование пролиферации эндотелиальных клеток [10].

Фактор некроза опухолей (TNF) — внеклеточный белок, многофункциональный противовоспалительный цитокин, синтезирующийся в основном моноцитами и макрофагами. Влияет на липидный метаболизм, коагуляцию, устойчивость к инсулину, функционирование эндотелия, стимулирует продукцию интерлейкинов IL-1, IL-6, IL-8, интерферона  $\gamma$ , активирует лейкоциты, один из важных факторов защиты от внутриклеточных паразитов и вирусов [11]. Интерлейкины — группа цитокинов, синтезируемая в основном лейкоцитами. Также производятся мононуклеарными фагоцитами и другими тканевыми клетками. Интерлейкины являются частью иммунной системы. Например, интерлейкин 18 (IL-18) — провоспалительный ци-

токин, принадлежащий к семейству интерлейкина 1. Синтезируется макрофагами и другими клетками организма. Играет значительную роль в инфекционных и аутоиммунных заболеваниях. Был впервые открыт в 1995 году в качестве интерферон- $\gamma$  -индуцирующего фактора, который увеличивал активность НК-клеток в селезёнке [12]. Ген *NOS3* кодирует эндотелиальную синтазу оксида азота (eNOS), участвующую в регуляции кровяного давления. Данный белок в эндотелии сосудов отвечает за синтез оксида азота NO из L-аргинина и таким образом обеспечивает расслабление гладкой мускулатуры, а также контролирует ангиогенез и другие важные физиологические реакции [13].

miR-126 регулирует воспаление сосудов, контролируя экспрессию молекул адгезии VCAM-1 и ICAM-1. Экспрессия этих молекул может быть постоянной или индуцибельной. VCAM-1 представляет собой трансмембранный гликопротеин, член суперсемейства иммуноглобулинов. Этот белок экспрессируется в сосудистом эпителии при ряде воспалительных процессов и является одним из средств мобилизации лейкоцитов из крови в ткань [14]. Показано, что miR-146a играет потенциальную роль в дестабилизации бляшек и наступлении острого коронарного синдрома, а также является новым регулятором воспаления при атеросклерозе [15]. Недавно было обнаружено, что эндотелиальная miR-126-5p обеспечивает пролиферативный резерв в эндотелиальных клетках и предотвращает формирование атеросклеротического повреждения [16].

ADAM-металлопептидазный домен 17 (ADAM17) принадлежит к семейству дисинтегринов и металлопротеаз. Он участвует в процессинге фактора некроза опухоли  $\alpha$  (TNF $\alpha$ ) на поверхности клетки и во внутриклеточных мембранах транс-сети аппарата Гольджи [17]. ADAM-протеазы — семейство белковых пептидаз, известное также как семейство адамализинов. ADAM-протеазы отщепляют внеклеточный фрагмент мембранных белков [18]. Белки VEGF (например, VEGFA) служат частью системы, отвечающей за восстановление подачи кислорода к тканям в ситуации, когда циркуляция крови недостаточна. Концентрация VEGF в сыворотке крови повышена при бронхиальной астме и понижена при сахарном диабете. Основные функции VEGF — создание новых кровеносных сосудов в эмбриональном развитии или после травмы, усиление роста мышц после физических

упражнений, обеспечение коллатерального кровообращения (создание новых сосудов при блокировании уже имеющихся) [19]. Факторы роста фибробластов (FGF) относятся к семейству факторов роста, участвующих в ангиогенезе, заживлении ран и эмбриональном развитии (например, FGF21, FGF23). Они являются гепарин-связывающими белками. Было доказано, что взаимодействия с расположенными на поверхности клеток протеогликанами необходимы для передачи сигнала этих белков. Они играют ключевую роль в процессах пролиферации и дифференцировки широкого спектра клеток и тканей [20-23].

Недавно сообщалось о новой роли miR-26a и её терапевтическом потенциале для атеросклероза, ассоциированного с апоптотической клеточной смертью [24].

Таким образом, miRNA из эндотелиальных клеток вносят значительный вклад в патогенез атеросклероза. К настоящему времени в научной литературе имеются лишь отрывочные сведения о том, какие конкретно гены и miRNA влияют на процессы возникновения и развития атеросклероза, поэтому мы впервые провели системное исследование, посвящённое данной научной проблеме, с целью проверить, расширить, уточнить и систематизировать имеющиеся данные. Из обширных источников за последние 20 лет нами были созданы базы данных по miRNA и генам, участвующим в развитии атеросклероза, представлялось важным выявить ассоциации miRNA и генов, которые могут служить маркерами атеросклероза и использоваться для диагностики заболевания.

### Материалы и методы исследований

Все нуклеотидные последовательности mRNA генов заимствовали из GenBank (<http://www.ncbi.nlm.nih.gov>). Нуклеотидные последовательности miRNA получены из базы miRBase (<http://www.mirbase.org>). Программа RNAHybrid использовалась для поиска сайтов связывания, свободной энергии связывания ( $\Delta G$ ) и схемы их взаимодействия. Величину  $\Delta G/\Delta G_m$  использовали в качестве сравнительного количественного критерия силы взаимодействия miRNA с mRNA, где  $\Delta G_m$  равна энергии связи miRNA с полностью комплементарной ей нуклеотидной последовательностью. Программа E-RNAhybrid рассчитывает отношение  $\Delta G/\Delta G_m$ , значение достоверности, определяет область расположения сайта microRNA в 5'-нетранслируемом участке

(5'UTR), белок-кодирующей части (CDS) или 3'-нетранслируемом участке (3'UTR). Поиск генов-мишеней для miRNA проводили по программе MirTarget [25,26].

### Результаты исследований и их обсуждение

Перечень 212 генов из базы данных, связанных с развитием атеросклероза представлен в таблице 1. Известно, что изменение уровня экспрессии этих генов или мутации в них способны вызвать развитие атеросклероза. Такое количество генов свидетельствует о том, что атеросклероз может развиваться по причине нарушения экспрессии разного количества и сочетания генов и установление этих генов является трудной, но обязательной задачей. Выяснение молекулярных основ заболевания необходимо, поскольку современные методы терапии основываются на знании молекулярных причин заболевания.

В крови и тканях человека, мыши, крысы и свиньи были выявлены и измерены уровни экспрессии 39 miRNA, которые участвуют в развитии атеросклероза (таблица 2). Из них у 24 miRNA уровень экспрессии при атеросклерозе повышался, а у 15 miRNA – понижался. Обнаружены изменения концентрации 14 miRNA в тканях человека: десяти – в тканях мыши, одной (miR-10a) – в тканях свиньи, miR-126-5p и miR-712 – в тканях других организмов. В крови тоже были обнаружены изменения концентрации miRNA, связанные с развитием атеросклероза. В крови человека был измерен уровень экспрессии 16 miRNA, так в крови мыши уровень экспрессии miR-24 и miR-467b, и в крови крысы miR-21. У некоторых miRNA уровень экспрессии повышался и понижался в течение развития заболевания.

В mRNA генов (из базы данных), связанных с развитием атеросклероза, выявлен только ген *ADAMTS7* с сайтом связывания miR-103a-3p с величиной  $\Delta G/\Delta G_m$ , равной 91%. Следовательно, приведенные в таблице 2 литературные данные о генах-мишенях требуют экспериментальной проверки.

Нами был проведен поиск сайтов связывания для 2564 miRNA в mRNA 212 генов участвующих в развитии атеросклероза. В таблице 3 представлены данные о 49 генах-мишенях, связанных с развитием атеросклероза, которые имели по одному сайту связывания miRNA с величиной  $\Delta G/\Delta G_m$  более 90%.

Таблица 1 – Гены из базы данных, участвующие в развитии атеросклероза

Ген	Ген	Ген	Ген	Ген	Ген	Ген	Ген
<i>ABCA1</i>	<i>ALOX15</i>	<i>CDKN2A</i>	<i>FADS2</i>	<i>IL32</i>	<i>NGF</i>	<i>PSMA6</i>	<i>TIMP3</i>
<i>ABCG1</i>	<i>ALOX5AP</i>	<i>CEL</i>	<i>FASLG</i>	<i>IL6</i>	<i>NLRP3</i>	<i>PTGS2</i>	<i>TLR2</i>
<i>ABCG5</i>	<i>ANGPT2</i>	<i>CETP</i>	<i>FGF21</i>	<i>IRS2</i>	<i>NOD2</i>	<i>PTH</i>	<i>TLR4</i>
<i>ABCG8</i>	<i>ANGPTL2</i>	<i>CHI3L1</i>	<i>FGF23</i>	<i>ITGA2</i>	<i>NOS1AP</i>	<i>PTPN22</i>	<i>TNC</i>
<i>ABO</i>	<i>ANGPTL4</i>	<i>COMT</i>	<i>FLT1</i>	<i>KDR</i>	<i>NOS3</i>	<i>PTX3</i>	<i>TNF</i>
<i>ACE</i>	<i>ANXA5</i>	<i>CPE</i>	<i>FOXP3</i>	<i>KLF2</i>	<i>NOX1</i>	<i>RBP4</i>	<i>TNFRSF11B</i>
<i>ACE2</i>	<i>APH1B</i>	<i>CRP</i>	<i>GAS6</i>	<i>LCN2</i>	<i>NPC1</i>	<i>RETN</i>	<i>TNFSF10</i>
<i>ADAM10</i>	<i>APLN</i>	<i>CTSL</i>	<i>GDF15</i>	<i>LDLR</i>	<i>NPY</i>	<i>RGS5</i>	<i>TNFSF12</i>
<i>ADAM15</i>	<i>APOA1</i>	<i>CX3CL1</i>	<i>GNB3</i>	<i>LEPR</i>	<i>NR4A1</i>	<i>ROCK1</i>	<i>TNFSF4</i>
<i>ADAM17</i>	<i>APOA5</i>	<i>CX3CR1</i>	<i>GSTM1</i>	<i>LGALS2</i>	<i>NR4A2</i>	<i>RTN3</i>	<i>TNNT2</i>
<i>ADAM33</i>	<i>APOB</i>	<i>CXCL12</i>	<i>GSTO1</i>	<i>LIPC</i>	<i>OLR1</i>	<i>RTN4</i>	<i>TRIB3</i>
<i>ADAM9</i>	<i>APOC1</i>	<i>CXCL13</i>	<i>GSTP1</i>	<i>LMNA</i>	<i>PCSK9</i>	<i>RYR3</i>	<i>TSPO</i>
<i>ADAMTS13</i>	<i>APOE</i>	<i>CXCL16</i>	<i>HBEGF</i>	<i>LPL</i>	<i>PDE4D</i>	<i>S100A12</i>	<i>UCP2</i>
<i>ADAMTS7</i>	<i>BDNF</i>	<i>CXCL5</i>	<i>HDAC9</i>	<i>LRP6</i>	<i>PDGFD</i>	<i>S100A9</i>	<i>USF1</i>
<i>ADIPOQ</i>	<i>BRAP</i>	<i>CXCR3</i>	<i>HGF</i>	<i>LTA</i>	<i>PF4</i>	<i>SELE</i>	<i>UTS2R</i>
<i>ADIPOR1</i>	<i>BRCA1</i>	<i>CXCR4</i>	<i>HMGB1</i>	<i>LTA4H</i>	<i>PLA2G10</i>	<i>SELP</i>	<i>VCAM1</i>
<i>ADIPOR2</i>	<i>CAPN10</i>	<i>CXCR6</i>	<i>HMOX1</i>	<i>MBL2</i>	<i>PLA2G7</i>	<i>SELPLG</i>	<i>VDR</i>
<i>ADM</i>	<i>CCL11</i>	<i>CYBA</i>	<i>HNF1A</i>	<i>MIF</i>	<i>PLTP</i>	<i>SERPINE1</i>	<i>VEGFA</i>
<i>ADRB3</i>	<i>CCR5</i>	<i>CYP11B2</i>	<i>HP</i>	<i>MMP1</i>	<i>PNPLA3</i>	<i>SHBG</i>	<i>VWF</i>
<i>ADTRP</i>	<i>CD14</i>	<i>CYP27A1</i>	<i>IGF1</i>	<i>MMP2</i>	<i>PON1</i>	<i>SIRT1</i>	<i>WNT5A</i>
<i>AGER</i>	<i>CD36</i>	<i>CYP2C19</i>	<i>IGF1R</i>	<i>MMP3</i>	<i>PON2</i>	<i>SOCS1</i>	<i>XBPI</i>
<i>AGT</i>	<i>CD4</i>	<i>CYP2C9</i>	<i>IGFBP1</i>	<i>MMP8</i>	<i>PON3</i>	<i>SOCS3</i>	<i>ZNF202</i>
<i>AGTR1</i>	<i>CD40</i>	<i>DAP</i>	<i>IL10</i>	<i>MPO</i>	<i>PPARA</i>	<i>STAT1</i>	<i>IL18</i>
<i>AGTR2</i>	<i>CD59</i>	<i>DKK1</i>	<i>IL17A</i>	<i>MTHFR</i>	<i>PPARD</i>	<i>TFPI</i>	
<i>AGXT2</i>	<i>CDC42</i>	<i>DPP4</i>	<i>IL18</i>	<i>NAT2</i>	<i>PPARG</i>	<i>TGFB1</i>	
<i>AHSG</i>	<i>CDK5</i>	<i>EPHX2</i>	<i>IL1RN</i>	<i>NCEH1</i>	<i>PPARGC1A</i>	<i>THBD</i>	
<i>ALDH2</i>	<i>CDKN1C</i>	<i>F11R</i>	<i>IL27</i>	<i>NFE2L2</i>	<i>PROC</i>	<i>THBS2</i>	

Таблица 2 – Уровень экспрессии miRNA, участвующих в развитии атеросклероза и их гены мишени

miRNA	Уровень экспрессии	Ген мишень	miRNA	Уровень экспрессии	Ген мишень
let-7g	down	<i>THBS1, TGFBRI, SMAD2</i>	miR-201	down	<i>Ets-1</i>
miR-1	down	<i>CDK-9</i>	miR-208	up	<i>p21</i>
miR-1	up	<i>KLF4</i>	miR-21	up	<i>PPARα, PTEN</i>
miR-100	up		miR-210	up	<i>Ephrin-A3</i>
miR-103	up	<i>KLF4</i>	miR-217	up	<i>Sirt1</i>
miR-10a	down	<i>TAK1, β□TRC</i>	miR-221/222	up	<i>c-Kit, STAT5A</i>
miR-125a-5p	up	<i>ORP9</i>	miR--221-3p	down	
miR-125a-5p/ 125b-5p	up	<i>ET-1</i>	miR-222	up	<i>STAT5A</i>
miR-126	down		miR-222-3p	down	



miRNA	Уровень экспрессии	Ген мишень	miRNA	Уровень экспрессии	Ген мишень
miR-126-3p	up	<i>RGS16, VCAM-1</i>	miR-24	down	<i>CH13L1</i>
miR-126-5p	down		miR-24	up	<i>Trb3</i>
miR-127	up		miR-26a	up	<i>SMAD</i>
miR-145	down		miR-29	up	<i>DNMT3A</i>
miR-145/143	up	<i>KLF4/KLF5</i>	miR-33a/b	up	<i>ABCA1, HDL</i>
miR-146a	down	<i>NOX4</i>	miR-33a/b	down	<i>SREBF2</i>
miR-146a	up	<i>CD40L</i>	miR-342-5p	up	<i>AKT1</i>
miR-155	up	<i>BCL6</i>	miR-34a	up	<i>SirT1</i>
miR-155	up	<i>MyD88</i>	miR-365	up	<i>Bcl-2</i>
miR-155	down		miR-467b	down	<i>LPL</i>
miR-17	down		miR-663	up	<i>IL8, ATF3, KLF4</i>
miR-181b	up	<i>Importin-<math>\alpha</math>3</i>	miR-712	up	
miR-200	up	<i>ZEB1</i>	miR-92a	up	<i>KLF2, KLF4, SOCS5</i>
miR--21-5p	up				

**Таблица 3** – Характеристики связывания miRNA с mRNA генов, участвующих в развитии атеросклероза с  $\Delta G/\Delta G_m$  более 90%. Приведены данные связывания одной miRNA с mRNA одного гена

Ген	Характеристики связывания miRNA	Ген	Характеристики связывания miRNA
<i>ABCA1</i>	miR-4435, 332-5, 91	<i>IL1RN</i>	miR-4463, 634-3, 91
<i>ADAM15</i>	miR-4266, 2349-C, 91	<i>IL27</i>	miR-4710, 769-3, 92
<i>ADIPOR1</i>	miR-4434, 850-C, 90	<i>IL6</i>	miR-4305, 32-5, 93
<i>ADM</i>	miR-4292, 620-C, 90	<i>LCN2</i>	miR-4770, 320-C, 91
<i>ADTRP</i>	miR-3152-5p, 1455-3, 91	<i>LTA4H</i>	miR-7515, 928-C, 90
<i>AHSG</i>	miR-6794-5p, 956-C, 93	<i>MBP</i>	miR-4251, 3201-3, 91
<i>ALOX15</i>	miR-1273g-3p, 2393-2394-3, 98	<i>MMP2</i>	miR-1285-5p, 1376-C, 92
<i>ANGPTL4</i>	miR-4323, 1572-3, 92	<i>MMP3</i>	miR-4270, 857-C, 91
<i>APLN</i>	miR-1233-3p, 162-5, 93	<i>NGF</i>	miR-4279, 12-5, 91
<i>CH13L1</i>	miR-4499, 1624-3, 91	<i>NOS3</i>	miR-4270, 632-C, 91
<i>COMT</i>	miR-4481, 2011-3, 91	<i>OLR1</i>	miR-574-5p, 1504-1506-3, 93
<i>CTSL1</i>	miR-4279, 256-5, 91	<i>PF4</i>	miR-1224-5p, 308-C, 90
<i>CXCL12</i>	miR-4261, 2722-3, 90	<i>PTGS2</i>	miR-3656, 105-5, 94
<i>CXCL5</i>	miR-567, 1818-3, 91	<i>PTPN22</i>	miR-6788-5p, 2204-C, 92
<i>CYP27A1</i>	miR-1281, 2118-3, 91	<i>PTX3</i>	miR-6866-5p, 37-5, 91
<i>DPP4</i>	miR-4478, 1383-C, 91	<i>SELP</i>	miR-4275, 174-C, 92
<i>FADS2</i>	miR-1224-3p, 2763-3, 96	<i>SHBG</i>	miR-6746-5p, 822-C, 90
<i>FASLG</i>	miR-466, 1604-1614(6)-3, 90-93	<i>STAT1</i>	miR-4434, 2305-C, 90
<i>FGF21</i>	miR-4534, 202-5, 91	<i>TFPI</i>	miR-1273g-3p, 2704-3, 98
<i>FLT1</i>	miR-466, 6911-6937(8)-3, 91-93	<i>TRIB3</i>	miR-596, 732-C, 91
<i>GSTO1</i>	miR-4292, 318-5, 90	<i>USF1</i>	miR-4261, 1355-3, 90
<i>HDAC9</i>	miR-4534, 2019-C, 91	<i>VCAM1</i>	miR-1246, 1839-C, 91

Ген	Характеристики связывания miRNA	Ген	Характеристики связывания miRNA
<i>HMGB1</i>	miR-3653, 264-C, 98	<i>WNT5A</i>	miR-4310, 1646-C, 90
<i>ICOS</i>	miR-7-2-3p, 2175-3, 96	<i>ZNF202</i>	MiR-4531, 3044-3, 95
<i>IGFBP1</i>	miR-6869-5p, 162-5, 92		

Примечание. Во втором столбце последовательно указаны: miRNA, начало позиции сайта связывания miRNA в mRNA (нт), величина  $\Delta G/\Delta G_m$  (%); -5, -C и -3 – сайты локализованы в 5'UTR, CDS и 3'UTR, соответственно.

Десять сайтов находились в 5'UTR, 20 сайтов – в CDS и 19 сайтов – в 3'UTR. Максимальную величину  $\Delta G/\Delta G_m$  имели три сайта связывания: miR-1273g-3p с mRNA гена *ALOX15* (98%), miR-3653 с mRNA гена *HMGB1* (98%), и miR-1273g-3p с mRNA гена *TFPI* (98%), а минимальное значение  $\Delta G/\Delta G_m$  (90 %) имели десять генов-мишеней: *ADIPOR1*, *ADM*, *CXCL12*, *GSTO1*, *LTA4H*, *PF4*, *SHBG*, *STAT1*, *USF1* и *WNT5A*.

mRNA 93 генов-мишеней связывали по несколько miRNA со значениями  $\Delta G/\Delta G_m$  не менее 90 % (таблица 4). Наибольшее число сайтов связывания miRNA (17) имел ген *IRS2*, что говорит о его сильной регуляции со стороны различных miRNA. mRNA гена *IRS2* содержала сайты связывания miR-1227-5p, miR-4466, miR-1268a, miR-1268b, miR-3913-5p, miR-4488, miR-1181, miR-4258, miR-3960, miR-7977, miR-5703, miR-4468, miR-7704, miR-4279, miR-6806-5p, miR-6071, miR-3665 с величиной  $\Delta G/\Delta G_m$  от 90 до 96 %.

mRNA генов *LMNA*, *MTHFR*, *F11R*, *LDLR* имели число сайтов связывания равное 14, 11, 10 и 9, соответственно. miR-619-5p и miR-5096 имели полностью комплементарные сайты связывания (величина  $\Delta G/\Delta G_m$  равнялась 100%) в

mRNA генов *ADAM17* и *IL18*, соответственно.

Уникальная miR-619-5p имела сайты связывания в mRNA генов *TNFSF10*, *PPARA*, *PNPLA3*, *MTHFR*, *LDLR*, *ITGA2*, *IL18*, *IL10*, *BRCA1*, *ADAM33*, *ADAM17*. Уникальная miR-5096 взаимодействовала с mRNA генов *TNC*, *PPARA*, *ITGA2*, *IL18*, *IL10*, *BRCA1*, *ANGPT2*. Уникальная miR-1273g-3p связывалась с mRNA только генов *NLRP3*, *ICAM1*. miR-466 имела множественные сайты связывания в mRNA генов *TNFSF4*, *PPARGC1A*, *PLA2G7*, *NOS1AP*, *ICAM1*. miR-1322 имела множественные сайты связывания в mRNA генов *PDE4D* и *RTN3*, а miR-574-5p взаимодействовала с множественными сайтами в mRNA гена *PPARA*.

Сайты связывания miRNA в mRNA генов *IL18*, *IL10*, *LDLR*, *BRCA1*, *F11R* имели наиболее высокую величину  $\Delta G/\Delta G_m$  равную 98 – 100%. mRNA генов *CDKN1C*, *SIRT1*, *TGFB1*, *APH1B* содержали сайты связывания с высокой энергией взаимодействия равной 127 – 136 kJ/mole. Отметим, что mRNA гена *CDKN1C* содержала 35 сайтов связывания в CDS, что, безусловно, обуславливает особый интерес к этой ассоциации mRNA и miR-762.

Таблица 4 – Характеристики связывания miRNA с mRNA генов, участвующих в развитии атеросклероза с величиной  $\Delta G/\Delta G_m$  более 90%. Приведены данные о связывании двух и более miRNA с mRNA одного гена

Ген	Характеристики связывания miRNA
<i>ABCG1</i>	miR-4312, 1555-C, 92; miR-4481, 1083-C, 91
<i>ABO</i>	miR-4455, 1228-3, 90; 1305-1307(3)-3, 95; 1379-1381(3)-3, 95; miR-1275, 1121-3, 91
<i>ACE</i>	miR-4516, 4115-3, 96; miR-4294, 3837-C, 91; miR-4319, 3360-C, 91; miR-4499, 4083-3, 91; miR-4255, 1319-C, 90
<i>ADAM17</i>	miR-619-5p, 3466-3, 100; miR-1285-5p, 3524-3, 92; miR-4430, 3508-3, 92; miR-4633-5p, 75-5, 90
<i>ADAM33</i>	miR-619-5p, 3228-3, 96; miR-1303, 3478-3, 96; miR-1275, 3121-3, 92; miR-4430, 3452-3, 90; miR-4326, 3147-3, 96
<i>ADAMTS13</i>	miR-6132, 2839-C, 96; miR-6799-5p, 1809-C, 94
<i>ADAMTS7</i>	miR-4253, 708-C, 92; miR-4486, 1307-C, 91; miR-103a-3p, 1460-C, 91; miR-4489, 3274-C, 91; miR-6799-5p, 4897-C, 91; miR-337-5p, 1464-C, 90
<i>ADIPOQ</i>	miR-1273f, 1694-3, 94; miR-5585-5p, 1741-3, 91; miR-4306, 1518-3, 90

Ген	Характеристики связывания miRNA
<i>ADRB3</i>	miR-6845-5p, 964-C, 96; miR-466, 2452-3, 94; miR-6126, 945-C, 94; miR-4274, 2361-3, 92; miR-4309, 387-C, 91
<i>AGT</i>	miR-4534, 697-C, 91; miR-3126-5p, 327-5, 91
<i>AGTR1</i>	miR-4261, 1051-C, 95; miR-4258, 183-C, 92
<i>ALDH2</i>	miR-4419a, 1657-3, 93; miR-4687-3p, 171-C, 91
<i>ANGPT2</i>	miR-4419b, 488-C, 93; miR-5585-3p, 3221-3, 93; miR-5096, 3152-3, 92; miR-7150, 456-C, 92; miR-7110-3p, 4997-3, 91
<i>ANGPTL2</i>	miR-6820-5p, 267-5, 92; miR-6890-3p, 292-5, 91
<i>ANXA5</i>	miR-3613-5p, 476-C, 92; miR-4434, 131-5, 90
<i>APH1B</i>	miR-4707-5p, 6-5, 92; miR-4478, 3707-3, 91
<i>APOB</i>	miR-4478, 3083-C, 91; miR-4318, 9112-C, 91; miR-4441, 11279-C, 90
<i>APOE</i>	miR-4267, 852-C, 93; miR-4266, 896-C, 91
<i>BDNF</i>	miR-4288, 1526-C, 90; miR-4455, 2182-3, 90
<i>BRAP</i>	miR-4317, 2443-3, 95; miR-4456, 338-C, 93; miR-4531, 474-C, 93; miR-1908-5p, 234-C, 91
<i>BRCA1</i>	miR-619-5p, 6412-3, 98; miR-5096, 6486-3, 98; miR-5585-3p, 6554-3, 94; miR-5095, 6406-3, 91
<i>CAPN10</i>	miR-5008-3p, 793-C, 95; miR-4451, 2327-3, 91
<i>CD36</i>	miR-619-5p, 4042-3, 100; 4169-3, 96; miR-466, 3531-3539(4)-3, 93; miR-5585-3p, 4176-3, 93; miR-5096, 4107-4108-3, 92
<i>CD40</i>	miR-4273, 1337-3, 91; miR-4308, 765-C, 91; miR-6776-5p, 139-C, 90
<i>CD59</i>	miR-1273f, 145-5, 98; miR-4318, 4635-3, 93; miR-1273e, 155-5, 93; miR-1273g-3p, 112-5, 93; miR-4279, 1-5, 91; miR-4288, 5272-3, 90; miR-4261, 3872-3; 90
<i>CDC42</i>	miR-1273g-3p, 135-136-5, 96; miR-8088, 52-5, 91
<i>CDKN1C</i>	miR-762, 739-901(19)-C, 92-97; miR-4463, 864-900(6)-C, 91-94
<i>CX3CL1</i>	miR-1587, 1474-3, 91; miR-4261, 928-C, 90; miR-4261, 3064-3, 90
<i>CXCL13</i>	miR-4326, 831-3, 92; miR-4531, 119-C, 90
<i>CXCL16</i>	miR-1273f, 1707-3, 98; miR-1273g-3p, 1673-1674-3, 93; miR-2117, 1061-C, 90
<i>CXCR3</i>	miR-4451, 777-C, 93; miR-3141, 301-C, 90
<i>CXCR4</i>	miR-7515, 578-C, 93; miR-3119, 737-C, 92; miR-4261, 797-C, 90
<i>CYP11B2</i>	miR-4261, 2218-3, 98; miR-4451, 1744-3, 91
<i>DAP</i>	miR-1227-5p, 173-5, 96; miR-6820-5p, 542-3, 92; miR-6090, 101-5, 91; miR-6762-5p, 526-3, 90; miR-6087, 110-5, 90; miR-3180-3p, 183-5, 90
<i>EPHX2</i>	miR-6124, 5-5, 94; miR-6749-3p, 90-5, 91; miR-4264, 1201-C, 90
<i>F11R</i>	miR-1273e, 4354-4355-3, 98; 3341-3, 91; miR-1273g-3p, 3297-3298-3, 98; miR-1273f, 4345-3, 98; 3331-3, 92; miR-5096, 1947-3, 96; miR-619-5p, 2001-3, 93; miR-4419b, 1334-3, 91; miR-466, 4269-3, 91; miR-5585-3p, 2008-3, 91; miR-5095, 1876-3, 91; miR-1273d, 4346-3, 91
<i>FGF23</i>	miR-326, 853-C, 93; miR-6878-3p, 49-5, 91
<i>FOXP3</i>	miR-762, 1692-3, 92; miR-5088-5p, 2253-3, 92
<i>GAS6</i>	miR-4488, 170-C, 92; miR-3960, 22-23-5, 92; miR-1976, 365-C, 91
<i>GNB3</i>	miR-6736-3p, 1168-C, 91; miR-4499, 1640-3, 91; miR-6833-3p, 1425-C, 90
<i>HMOX1</i>	miR-3155a, 1228-3, 91; miR-4456, 157-C, 91
<i>HNFA</i>	miR-4291, 2326-3, 92; miR-3141, 940-C, 92
<i>Hsa-MPO</i>	miR-1207-3p, 1648-C, 93; miR-4483, 354-C, 93; miR-4442, 750-C, 91
<i>Hsa-RYR3</i>	miR-4419b, 4151-C, 93; miR-1281, 273-C, 93; miR-4307, 11040-C, 93; miR-6839-3p, 4688-C, 91; miR-5591-5p, 2433-C, 90
<i>Hsa-VDR</i>	miR-1275, 2223-3, 93; miR-6877-3p, 1611-3, 91; miR-6763-5p, 2232-3, 90

Ген	Характеристики связывания miRNA
<i>ICAM1</i>	miR-1273g-3p, 3031-3032-3, 98; miR-3621, 326-C, 93; miR-466, 2989-3, 91
<i>IGF1</i>	miR-1273f, 6042-3, 98; miR-1273g-3p, 6008-6009-3, 96; miR-574-5p, 4042-4062(10)-3, 93; miR-1273e, 6052-3, 93; miR-320d, 5845-3, 91; miR-320e, 5845-5846-3, 91; miR-566, 6099-3, 90
<i>IL10</i>	miR-619-5p, 1216-3, 98; miR-5095, 1210-3, 98; miR-5096, 1290-3, 94
<i>IL18</i>	miR-5096, 903-904-3, 100; miR-619-5p, 830-3, 98; miR-5095, 824-3, 95; miR-548au-3p, 103-5, 90
<i>IRS2</i>	miR-1227-5p, 1895-C, 96; miR-4466, 1896-C, 94; miR-1268a, 974-975-C, 94; miR-1268b, 972-C, 93; miR-3913-5p, 2413-C, 92; miR-4488, 961-C, 92; miR-1181, 2100-C, 92; miR-4258, 2104-C, 92; miR-3960, 2594-3605(5)-C, 92; miR-7977, 1659-C, 91; miR-5703, 2849-C, 91; miR-4468, 3341-C, 91; miR-7704, 3609-C, 91; miR-4279, 255-5, 91; miR-6806-5p, 4445-C, 91; miR-6071, 541-C, 90; miR-3665, 1899-C, 90
<i>ITGA2</i>	miR-5096, 6003-3, 98; miR-4279, 6114-3, 93; miR-4430, 6151-3, 92; miR-619-5p, 5931-3, miR-5095, 5925-3, 91
<i>KLF2</i>	miR-3665, 275-C, 92; miR-4787-5p, 270-C, 92; miR-4497, 256-C, 92; miR-4787-5p, 271-C, 90
<i>LDLR</i>	miR-619-5p, 3903-3, 98; 4378-4517(3)-3, 93; miR-5585-3p, 4043-3, 96; miR-5095, 3897-3, 94; miR-1285-5p, 4149-3, 94; miR-1285-5p, 4451-3, 93; miR-4310, 2304-C, 93; miR-151b, 1365-C, 91; miR-1303, 4159-3, 91; miR-1285-5p, 4322-3, 91
<i>LMNA</i>	miR-6124, 2485-3, 96; miR-877-3p, 3034-3, 94; miR-1825, 3044-3, 94; miR-3155b, 1951-C, 94; miR-7111-3p, 3034-3, 93; miR-6756-5p, 2814-3, 92; miR-3656, 2831-3, 92; miR-4433b-5p, 2260-3, 91; miR-520g-5p, 2535-3, 91; miR-3155a, 1948-C, 91; miR-4451, 1415-C, 91; miR-4279, 1390-C, 91; miR-4281, 2618-3, 90; miR-6124, 2486-3, 90
<i>LRP6</i>	miR-4693-3p, 9160-3, 94; miR-320e, 3016-C, 91; miR-6090, 72-5, 91; miR-4266, 6773-3, 91; miR-6752-5p, 69-5, 90
<i>LTA</i>	miR-7106-5p, 577-C, 91; miR-6831-5p, 582-C, 90
<i>MTHFR</i>	miR-619-5p, 6861-3, 95; miR-5585-3p, 7003-3, 95; miR-5095, 6855-3, 95; miR-4279, 3613-3, 93; 7049-3, 93; miR-5585-3p, 6300-3, 93; miR-4426, 1310-C, 93; miR-1285-5p, 6399-3, 92; miR-4311, 4814-3, 91; miR-6716-5p, 4779-3, 91; miR-4306, 2238-3, 90; 4290-3, 90; miR-4265, 5777-3, 90
<i>NCEH1</i>	miR-8072, 3047-3, 91; miR-6728-3p, 3102-3, 91
<i>NFE2L2</i>	miR-3960, 449-450-5, 92; miR-4275, 1624C, 90
<i>NLRP3</i>	miR-1972, 535-5, 97; miR-566, 384-5, 94; miR-1273e, 337-5, 93; miR-1273g-3p, 293-294-5, 93; miR-4291, 3735-3, 92; miR-1273f, 327-5, 92
<i>NOD2</i>	miR-1275, 337-338-C, 93; miR-4478, 1683-C, 91; miR-4266, 357-C, 91; miR-4292, 2769-C, 90
<i>NOS1AP</i>	miR-466, 2100-5, 91; miR-4293, 3849-3, 91; miR-1910-3p, 2391-C, 90
<i>NPC1</i>	miR-4459, 1032-C, 93; miR-4417, 214-5, 92
<i>NR4A1</i>	miR-4507, 911-C, 93; miR-4463, 908-C, 91; miR-1587, 911-C, 91; miR-670-5p, 2623-3, 90; miR-4532, 225-5, 90
<i>PCSK9</i>	miR-6877-3p, 2469-3, 91; miR-4478, 1337-C, 91; miR-4293, 3062-3, 91
<i>PDE4D</i>	miR-3960, 337-416(4)-C, 93; miR-1322, 88-5, 92; miR-4486, 354-C, 91; miR-8072, 337-C, 91
<i>PLA2G7</i>	miR-466, 1644-1652(5), 90-92; miR-4722-5p, 41-5, 90
<i>PLTP</i>	miR-4418, 1234-C, 94; miR-6086, 109-5, 91
<i>PNPLA3</i>	miR-619-5p, 2462-3, 93; miR-5585-3p, 2469-3, 93; miR-3960, 153-5, 92; miR-4483, 1409-C, 91
<i>PON1</i>	miR-5003-3p, 331-C, 92; miR-4492, 98-5, 94; miR-4508, 101-5, 94; miR-4258, 9-5, 92
<i>PPARA</i>	miR-5708, 2260-3, 98; miR-619-5p, 2406-3, 96; miR-5708, 2259-3, 96; miR-574-5p, 9024-9036(6), 93; miR-5096, 2344-2345-3, 92; miR-4430, 2496-3, 92; miR-5585-3p, 2413-3, 91; miR-4266, 1136-C, 91
<i>PPARD</i>	miR-6861-3p, 3017-3, 92; miR-665, 3747-3, 91; miR-5739, 2028-3, 91
<i>PPARGCIA</i>	miR-1281, 2114-C, 91; miR-466, 2807-2823(2)-3, 91
<i>PROC</i>	miR-6736-3p, 1673-3, 93; miR-7162-5p, 1132-3, 93; miR-6732-5p, 1009-C, 91
<i>RBP4</i>	miR-4419b, 784-3, 91; miR-4297, 348-C, 90
<i>ROCK1</i>	miR-5010-3p, 5651-3, 91; miR-4266, 3653-C, 91
<i>RTN3</i>	miR-302f, 2299-3, 92; miR-718, 255-C, 92; miR-3178, 789-C, 92; miR-1322, 266-5, 92; miR-4770, 270-5, 91; miR-6894-5p, 715-C, 90

Ген	Характеристики связывания miRNA
<i>SERPINE1</i>	miR-4308, 1417-3, 91; miR-4758-3p, 277-C, 90
<i>SIRT1</i>	miR-4294, 899-C, 96; miR-4767, 236-C, 94; miR-1281, 8-5, 91; miR-3182, 3802-3, 90
<i>SOCS3</i>	miR-1237-3p, 1855-3, 93; miR-1915-3p, 260-261-5, 91; miR-1231, 863-C, 91; miR-4443, 2110-3, 91
<i>TGFBI</i>	miR-4651, 2087-3, 95; miR-877-3p, 233-5, 93; miR-4530, 219-5, 92; miR-6089, 2065-3, 91; miR-1281, 242-5, 91; miR-6125, 2-5, 91; miR-3141, 874-5, 90
<i>THBD</i>	miR-320e, 1931-3, 93; miR-4319, 1503-C, 91; miR-4507, 1644-C, 91; miR-4310, 1131-C, 90
<i>THBS2</i>	miR-192-3p, 1597-C, 93; miR-598-3p, 2942-C, 91
<i>TIMP3</i>	miR-1224-5p, 3268-3, 96; miR-3178, 646-5, 92; miR-6763-5p, 1264-C, 90
<i>TNC</i>	miR-5585-3p, 7990-3, 95; miR-7162-5p, 3573-C, 93; miR-1285-5p, 8089-3, 92; miR-4290, 3316-C, 92; miR-1260a, 3927-C, 91; miR-5096, 7910-3, 91; miR-4483, 46-5, 91; miR-4266, 493-C, 91
<i>TNFRSF11B</i>	miR-4508, 275-5, 94; miR-4492, 273-5, 90
<i>TNFSF10</i>	miR-619-5p, 1583-3, 95; 1450-3, 93; miR-4279, 1636-3, 93; miR-5585-3p, 1590-3, 93
<i>TNFSF12</i>	miR-3151-5p, 908-3, 93; miR-6739-3p, 492-C, 92; miR-4266, 752-C, 91
<i>TNFSF4</i>	miR-4297, 1590-3, 95; miR-6127, 846-3, 92; miR-466, 2492-2500-3, 91
<i>UCP2</i>	miR-4468, 1424-3, 91; miR-6878-3p, 510-C, 91; miR-4434, 1026-C, 90
<i>UTS2R</i>	miR-4508, 693-C, 94; miR-4310, 356-C, 90
<i>VEGFA</i>	miR-6852-3p, 2888-3, 93; miR-4258, 1726-C, 92; miR-1281, 2270-3, 91; miR-4279, 345-5, 91; miR-6086, 3213-3, 91
<i>VWF</i>	miR-202-3p, 575-C, 92; miR-4328, 3650-C, 90

Был проведен анализ 17494 генов на наличие в их mRNA сайтов связывания miRNA из составленной нами базы данных. mRNA 29 генов имели наименьшее число сайта свя-

зывания – по два. 39 miRNA, участвующих в развитии атеросклероза, имели 118 сайтов связывания с величиной  $\Delta G/\Delta G_m$  от 90 до 100 % (таблица 5).

**Таблица 5** – Связывание miRNA, участвующих в развитии атеросклероза, с mRNA генов-мишеней

miRNA	Ген мишень	Позиция, н.	Сайт mRNA	Энергия, кДж/моль	$\Delta G/\Delta G_m$ , %	Длина, н.
1	2	3	4	5	6	7
mir-210-3p	<i>ADAMTS8</i>	2842	CDS	-110	90	22
	<i>HTT</i>	301	CDS	-110	90	
	<i>GPR135</i>	777	CDS	-110	90	
mir-210-5p	<i>GHDC</i>	1463	CDS	-115	90	22
	<i>SGSM2</i>	62	5'UTR	-115	90	
	<i>C11orf91</i>	164	CDS	-115	90	
	<i>KLHL25</i>	1229	CDS	-115	90	
	<i>IL6R</i>	5414	3'UTR	-115	90	
mir-342-3p	<i>ZNF317</i>	1642	CDS	-110	90	23
mir-342-5p	<i>ATNI</i>	744	CDS	-104	95	21
	<i>MRPS11</i>	785	CDS	-100	90	
	<i>ZNF80</i>	845	CDS	-100	90	
let-7g-3p	<i>FZD7</i>	2155	3'UTR	-110	95	21
	<i>GRN</i>	809	CDS	-106	91	
	<i>ZFC3H1</i>	3117	CDS	-106	91	
	<i>NYAP2</i>	2080	CDS	-106	91	

miRNA	Ген мишень	Позиция, н.	Сайт mRNA	Энергия, кДж/ моль	$\Delta G/\Delta G_m$ , %	Длина, н.
1	2	3	4	5	6	7
let-7g-5p	<i>TM2D1</i>	517	CDS	-102	92	22
miR-1	<i>RASA1</i>	3433	3'UTR	-96	90	22
	<i>FAM8A1</i>	4592	3'UTR	-96	90	
miR-103a-3p	<i>ADAMTS7</i>	1460	3'UTR	-96	90	22
miR-10a-3p	<i>EBF1</i>	4921	3'UTR	-100	90	22
miR-125b-5p	<i>TMEM86A</i>	1658	3'UTR	-106	91	22
miR-126-5p	<i>MAP3K19</i>	3584	CDS	-96	90	21
miR-127-3p	<i>RTL1</i>	1792	CDS	-121	100	22
	<i>BDP1</i>	673	CDS	-113	93	
	<i>EIF3B</i>	438	CDS	-110	91	
miR-127-5p	<i>RTL1</i>	1826	CDS	-119	100	22
	<i>RNF181</i>	144	5'UTR	-110	93	
	<i>RTL1</i>	1825	CDS	-110	93	
	<i>CPNE2</i>	1915	CDS	-108	91	
	<i>URM1</i>	3950	3'UTR	-108	91	
miR-145-3p	<i>COL25A1</i>	1923	CDS	-104	92	22
	<i>MAGEB4</i>	35	5'UTR	-102	91	
	<i>CNOT8</i>	565	CDS	-102	91	
	<i>COL11A2</i>	3876	CDS	-102	91	
	<i>FUT1</i>	3664	3'UTR	-102	91	
	<i>LRRC66</i>	1854	CDS	-102	91	
	<i>SPDYC</i>	200	CDS	-102	91	
	<i>MUC16</i>	15785	CDS	-102	91	
miR-145-5p	<i>PRICKLE4</i>	1024	CDS	-113	91	23
	<i>ARNTL</i>	1867	CDS	-110	90	
	<i>COL4A4</i>	3566	CDS	-110	90	
	<i>WWOX</i>	1154	CDS	-110	90	
	<i>SNX24</i>	951	3'UTR	-110	90	
miR-146a-3p	<i>KCTD9</i>	1225	CDS	-104	92	22
	<i>MAML1</i>	3252	CDS	-104	92	
	<i>SLC31A1</i>	3557	3'UTR	-104	92	
	<i>SLC27A1</i>	2125	3'UTR	-102	91	
	<i>METTL8</i>	5586	3'UTR	-102	91	
miR-146a-5p	<i>NCKAP5</i>	2404	CDS	-102	91	22
miR-17-3p	<i>LTBP3</i>	1217	CDS	-106	91	22
miR-181b-3p	<i>HERC1</i>	10906	CDS	-97	92	21
miR-200b-3p	<i>SSMEM1</i>	554	CDS	-100	90	22
	<i>MED18</i>	1269	3'UTR	-100	90	
miR-200b-5p	<i>EHBP1</i>	3378	CDS	-106	91	22
miR-21-3p	<i>GRIN2D</i>	2488	CDS	-108	94	21
miR-21-5p	<i>KSR2</i>	12192	3'UTR	-100	90	22
miR-217	<i>FAM120C</i>	948	CDS	-108	91	23
miR-221-5p	<i>PARP14</i>	6886	3'UTR	-100	90	22
miR-222-3p	<i>PXMP4</i>	1713	3'UTR	-104	92	21
	<i>ALG3</i>	555	CDS	-102	91	
	<i>RNPEP</i>	761	CDS	-102	91	
	<i>LRRC10</i>	724	CDS	-102	91	
	<i>KCNJ10</i>	1505	3'UTR	-102	91	

miRNA	Ген мишень	Позиция, н.	Сайт mRNA	Энергия, кДж/ моль	$\Delta G/\Delta G_m$ , %	Длина, н.
1	2	3	4	5	6	7
miR-222-5p	<i>RS1</i>	1599	3'UTR	-102	91	22
	<i>CRCT1</i>	352	CDS	-106	91	
miR-24-1-5p	<i>IL19</i>	981	CDS	-104	91	22
miR-24-2-5p	<i>RAB42</i>	428	CDS	-106	91	22
miR-24-3p	<i>HCN4</i>	3591	CDS	-110	93	22
	<i>SCN4B</i>	2038	3'UTR	-108	91	
	<i>DCAF10</i>	1976	3'UTR	-108	91	
	<i>NLRC5</i>	3620	CDS	-108	91	
	<i>PTGIR</i>	570	CDS	-108	91	
	<i>OBSCN</i>	16374	CDS	-108	91	
<i>EXOC3L4</i>	1462	CDS	-108	91		
miR-26a-2-3p	<i>COX6B2</i>	407	CDS	-97	90	22
	<i>LILRB1</i>	37	5'UTR	-97	90	
	<i>DNAH5</i>	4686	CDS	-97	90	
miR-26a-5p	<i>CNBP</i>	1014	3'UTR	-102	91	22
miR-26b-3p	<i>FCHSD2</i>	1451	CDS	-108	93	22
	<i>PKD1L2</i>	1922	CDS	-106	91	
	<i>TMEM119</i>	750	CDS	-106	91	
miR-26b-5p	<i>BCAP29</i>	5854	3'UTR	-100	96	21
	<i>B3GNT2</i>	996	CDS	-98	94	
	<i>NXPE3</i>	3161	3'UTR	-96	92	
miR-29a-3p	<i>LAMC2</i>	2312	CDS	-102	91	22
miR-29a-5p	<i>UGT3A1</i>	2943	3'UTR	-102	92	
	<i>CA3</i>	1385	3'UTR	-100	90	
	<i>FIGN</i>	1465	CDS	-100	90	
	<i>GPATCH8</i>	1604	CDS	-100	90	
miR-29b-2-5p	<i>KIAA1755</i>	2352	CDS	-106	91	22
miR-33b-3p	<i>NLGN2</i>	2334	CDS	-115	90	22
	<i>GLDC</i>	792	CDS	-115	90	
	<i>CNNM1</i>	337	CDS	-115	90	
	<i>CIDEB</i>	303	5'UTR	-115	90	
miR-34a-3p	<i>TTN</i>	22116	CDS	-104	91	22
miR-34a-5p	<i>GP5</i>	1218	CDS	-106	91	22
miR-365a-3p	<i>USP22</i>	4323	3'UTR	-100	92	22
miR-365b-3p	<i>USP22</i>	4323	3'UTR	-100	92	22
miR-365b-5p	<i>DISP2</i>	265	CDS	-113	93	22
	<i>TRIM72</i>	130	5'UTR	-110	91	
miR-663a	<i>CPLX1</i>	611	3'UTR	-125	92	22
	<i>TRPM2</i>	1746	CDS	-125	92	
	<i>ADAMTS8</i>	424	CDS	-123	91	
	<i>SDF4</i>	1752	3'UTR	-123	91	
	<i>HHEX</i>	182	CDS	-123	91	
	<i>FZD2</i>	248	CDS	-123	91	
	<i>CCDC85A</i>	426	5'UTR	-123	91	
	<i>VHL</i>	168	5'UTR	-123	91	

miRNA	Ген мишень	Позиция, н.	Сайт mRNA	Энергия, кДж/ моль	$\Delta G/\Delta G_m$ , %	Длина, н.
1	2	3	4	5	6	7
miR-663b	<i>BEND4</i>	840	CDS	-121	92	
	<i>CD46</i>	9	5'UTR	-119	90	
	<i>HIFX</i>	234	5'UTR	-119	90	
	<i>DHX38</i>	729	CDS	-119	90	
	<i>DLX3</i>	93	5'UTR	-119	90	
miR-92a-1-5p	<i>GNAS</i>	1554	CDS	-110	90	23
miR-92a-2-5p	<i>MED24</i>	1126	CDS	-106	91	22
miR-92a-3p	<i>EZR</i>	1858	CDS	-108	91	22

Наибольшее число сайтов связывания имели miR-145-3p и miR-663a (по восемь генов-мишеней, величина  $\Delta G/\Delta G_m$  равна 91-92%). miR-145-3p связывалась с mRNA генов *COL25A1*, *MAGEB4*, *CNOT8*, *COL11A2*, *FUT1*, *LRRC66*, *SPDYC*, *MUC16*, а miR-663a – с mRNA генов *CPLX1*, *TRPM2*, *ADAMTS8*, *SDF4*, *HHEX*, *FZD2*,

*CCDC85A*, *VHL*. 24 miRNA, наоборот, имеют только по одному гену-мишени.

В качестве диагностических ассоциаций miRNA и генов мишеней можно использовать отмеченные выше пары miRNA и генов мишеней с высокой величиной свободной энергии взаимодействия в сайтах связывания.

#### Литература

- 1 Vasdev S., Gill V., Singal P.K. Beneficial effect of low ethanol intake on the cardiovascular system: possible biochemical mechanisms // *Vascular Health Risk Management*. – 2006. – V.2(3). – P.263–276.
- 2 Araldi E., Suárez Y. MicroRNAs as regulators of endothelial cell functions in cardiometabolic diseases // *Biochim Biophys Acta*. – 2016. – V.1981(16). – P.30012–30009.
- 3 Xue Y., Wei Z., Ding H., Wang Q., Zhou Z., Zheng S., Zhang Y., Hou D., Liu Y., Zen K., Zhang C.Y., Li J., Wang D., Jiang X. MicroRNA-19b/221/222 induces endothelial cell dysfunction via suppression of PGC-1 $\alpha$  in the progression of atherosclerosis // *Atherosclerosis*. – 2015. – V.241(2). – P.671–681.
- 4 Samanta S., Balasubramanian S., Rajasingh S., Patel U., Dhanasekaran A., Dawn B., Rajasingh J. MicroRNA: A new therapeutic strategy for cardiovascular diseases // *Trends Cardiovas Med*. – 2016. – V.26(5). – P.407–419.
- 5 Davis R.E., Brown K.D., Siebenlist U., Staudt L.M. Constitutive nuclear factor kappaB activity is required for survival of activated B cell-like diffuse large B cell lymphoma cells // *J Exp Med*. – 2001. – V.194(12). – P.1861–1874.
- 6 Sun S.C. The noncanonical NF- $\kappa$ B pathway // *Immunological reviews*. – 2012. – V.246 (1). – P.125–140.
- 7 Lee T.J., Jang J., Kang S., Jin M., Shin H., Kim D.W., Kim B.S. Enhancement of osteogenic and chondrogenic differentiation of human embryonic stem cells by mesodermal lineage induction with BMP-4 and FGF2 treatment // *Biochemical and Biophysical Research Communications*. – 2013. – V.430(2). – P.793–797.
- 8 Kishimoto T.K., Larson R.S., Corbi A.L., Dustin M.L., Staunton D.E., Springer T.A. The leukocyte integrins // *Advanced Immunology*. – 1989. – V.46. – P.149–182.
- 9 Пальцев М.А., Иванов А.А. Межклеточные взаимодействия // *Медицина*. – 1995. – С.224.
- 10 Wang Y., Sul H.S. Pref-1 Regulates Mesenchymal Cell Commitment and Differentiation through Sox9 // *Cell Metabolism*. – 2009. – V.9(3). – P.287–302.
- 11 Sugama S., Conti B. Interleukin-18 and stress // *Brain research reviews*. – 2008. – V.58 (1). – P.85–95.
- 12 Keilani S., Sugaya K. Reelin induces a radial glial phenotype in human neural progenitor cells by activation of Notch-1 // *BMC Dev Biol*. – 2008. – V.8(1). – P.69.
- 13 Bradley J.R. TNF-mediated inflammatory disease // *J Pathol*. – 2008. – V.214(2). – P.149–160.
- 14 Hall S.K., Perregaard D.G., Gabel C.A., Woodworth T., Durham L.K., Huizinga T.W., Breedveld F.C., Seymour A.B. Correlation of polymorphic variation in the promoter region of the interleukin-1 beta gene with secretion of interleukin-1 beta protein // *Arthritis Rheum*. – 2004. – V.50(6). – P.1976–1983.
- 15 Murphy J.M., Young I.G. IL-3, IL-5, and GM-CSF signaling: crystal structure of the human beta-common receptor // *Vitam Horm*. – 2006. – V.74. – P.1–30.
- 16 Alderton W.K., Cooper C.E., Knowles R.G. Nitric oxide synthases: structure, function and inhibition // *Biochem J*. – 2001. – V.357(3). – P.593–615.



- 17 Chistiakov D.A., Orekhov A.N., Bobryshev Y.V. MicroRNA regulation of macrophages in human pathologies // *J Mol Cell Cardiol.* – 2016. – V.94. – P.107-121.
- 18 Maimaiti A., Maimaiti A., Yang Y., Ma Y. MiR-106b exhibits an anti-angiogenic function by inhibiting STAT3 expression in endothelial cells // *Lipids Health Dis.* – 2016. – V.15. – P.51.
- 19 Reddy M.A., Das S., Zhuo C., Jin W., Wang M., Lanting L., Natarajan R. Regulation of Vascular Smooth Muscle Cell Dysfunction Under Diabetic Conditions by miR-504 // *Arterioscl Thromb Vas.* – 2016. – V.36(5). – P.864-873.
- 20 Welten S.M., Goossens E.A., Quax P.H., Nossent A.Y. The multifactorial nature of microRNAs in vascular remodeling // *Cardiovasc Res.* – 2016. – V.110(1). – P.6-22.
- 21 Vacca M., Eusanio D.M., Cariello M., Graziano G., Amore S., Petridis F.D., Orazio A., Salvatore L., Tamburro A., Folesani G., Rutigliano D., Pellegrini F., Sabba C., Palasciano G., Bartolomeo D.R., Moschetta A. Integrative miRNA and whole-genome analyses of epicardial adipose tissue in patients with coronary atherosclerosis // *Cardiovasc Res.* – 2016. – V.109(2). – P.228-239.
- 22 Thum T., Mayr M. Review focus on the role of microRNA in cardiovascular biology and disease // *Cardiovasc Res.* – 2012. – V.93(4). – P.543-544.
- 23 Ouimet M., Ediriweera H.N., Gundra U.M., Sheedy F.J., Ramkhalawon B., Hutchison S.B., Rinehold K., Solingen C., Fullerton M.D., Cecchini K., Rayner K.J., Steinberg G.R., Zamore P.D., Fisher E.A., Loke P., Moore K.J. MicroRNA-33-dependent regulation of macrophage metabolism directs immune cell polarization in atherosclerosis // *J Clin Invest.* – 2015. – V.125(12). – P.4334-4348.
- 24 Daimiel-Ruiz L., Klett-Mingo M., Konstantinidou V., Mico V., Aranda J.F., Garcia B., Martínez-Botas J., Davalos A., Fernandez-Hernando C., Ordovas J.M. Dietary lipids modulate the expression of miR-107, a miRNA that regulates the circadian system // *Mol Nutr Food Res.* – 2015. – V.59(9). – P.1865-1878.
- 25 Ivashchenko A., Berillo O., Pyrkova A., Niyazova R., Atambayeva S. MiR-3960 binding sites with mRNA of human genes // *Bioinformatics.* – 2014. – V.10(7). – P.423-427.
- 26 Ivashchenko A., Pyrkova A., Niyazova R. A method for clustering of miRNA sequences using fragmented programming // *Bioinformatics.* – 2016. – V.12(1). – P.15-18.

#### References

- 1 Vasdev S, Gill V, Singal PK (2006) Beneficial effect of low ethanol intake on the cardiovascular system: possible biochemical mechanisms, *Vascular Health Risk Management*, 2(3):263–276. DOI: 10.2147/vhrm.2006.2.3.263
- 2 Araldi E, Suárez Y (2016) MicroRNAs as regulators of endothelial cell functions in cardiometabolic diseases, *Biochim Biophys Acta*, 1981(16):30012-30019. DOI: 10.1016/j.bbali.2016.01.013
- 3 Xue Y, Wei Z, Ding H, Wang Q, Zhou Z, Zheng S, Zhang Y, Hou D, Liu Y, Zen K, Zhang CY, Li J, Wang D, Jiang X (2015) MicroRNA-19b/221/222 induces endothelial cell dysfunction via suppression of PGC-1 $\alpha$  in the progression of atherosclerosis, *Atherosclerosis*, 241(2):671-681. DOI: 10.1016/j.atherosclerosis.2015.06.031
- 4 Samanta S, Balasubramanian S, Rajasingh S, Patel U, Dhanasekaran A, Dawn B, Rajasingh J (2016) MicroRNA: A new therapeutic strategy for cardiovascular diseases, *Trends Cardiovasc Med*, 26(5):407-419. DOI: 10.1016/j.tcm.2016.02.004
- 5 Davis RE, Brown KD, Siebenlist U, Staudt LM (2001) Constitutive nuclear factor kappaB activity is required for survival of activated B cell-like diffuse large B cell lymphoma cells, *J Exp Med*, 194(12):1861–1874. DOI: 10.1084/jem.194.12.1861
- 6 Sun SC (2012) The noncanonical NF- $\kappa$ B pathway, *Immunological reviews*, 246(1):125–140. DOI: 10.1111/j.1600-065X.2011.01088.x
- 7 Lee TJ, Jang J, Kang S, Jin M, Shin H, Kim DW, Kim BS (2013) Enhancement of osteogenic and chondrogenic differentiation of human embryonic stem cells by mesodermal lineage induction with BMP-4 and FGF2 treatment, *Biochemical and Biophysical Research Communications*, 430(2):793–797. DOI: 10.1016/j.bbrc.2012.11.067
- 8 Kishimoto TK, Larson RS, Corbi AL, Dustin ML, Staunton DE, Springer TA (1989) The leukocyte integrins, *Advanced Immunology*, 46:149. DOI: 10.1007/978-1-4757-9534-9\_12
- 9 Paltsev MA, Ivanov AA (1995) Intercellular communications. *Medicine [Mezhkletchnye vzaimodejstvija]*, 224 P. (In Russian)
- 10 Wang Y, Sul HS (2009) Pref-1 Regulates Mesenchymal Cell Commitment and Differentiation through Sox9, *Cell Metabolism*, 9(3):287–302. DOI: 10.1016/j.cmet.2009.01.013
- 11 Sugama S, Conti B (2008) Interleukin-18 and stress, *Brain research reviews*, 58 (1): 85–95. DOI:10.1016/j.brainresrev.2007.11.003e
- 12 Keilani S, Sugaya K (2008) Reelin induces a radial glial phenotype in human neural progenitor cells by activation of Notch-1, *BMC Dev Biol*, 8(1):69. DOI: 10.1186/1471-213X-8-69
- 13 Bradley JR (2008) TNF-mediated inflammatory disease, *J Pathol*, 214(2):149–160. DOI: 10.1002/path.2287
- 14 Hall SK, Perregaux DG, Gabel CA, Woodworth T, Durham LK, Huizinga TW, Breedveld FC, Seymour AB (2004) Correlation of polymorphic variation in the promoter region of the interleukin-1 beta gene with secretion of interleukin-1 beta protein, *Arthritis Rheum*, 50(6):1976–1983. DOI: 10.1002/art.20310
- 15 Murphy JM, Young IG (2006) IL-3, IL-5, and GM-CSF signaling: crystal structure of the human beta-common receptor, *Vitam Horm*, 74:1–30. DOI: 10.1016/S0083-6729(06)74001-8
- 16 Alderton WK, Cooper CE, Knowles RG (2001) Nitric oxide synthases: structure, function and inhibition, *Biochem J*, 357(3):593–615. DOI: 10.1042/bj3570593

- 17 Chistiakov DA, Orekhov AN, Bobryshev YV (2016) MicroRNA regulation of macrophages in human pathologies, *J Mol Cell Cardiol*, 94:107-121. DOI: 10.1016/j.yjmcc.2016.03.015
- 18 Maimaiti A, Maimaiti A, Yang Y, Ma Y (2016) MiR-106b exhibits an anti-angiogenic function by inhibiting STAT3 expression in endothelial cells, *Lipids Health Dis*, 15:51. DOI: 10.1186/s12944-016-0216-5
- 19 Reddy MA, Das S, Zhuo C, Jin W, Wang M, Lanting L, Natarajan R (2016) Regulation of Vascular Smooth Muscle Cell Dysfunction Under Diabetic Conditions by miR-504, *Arterioscl Throm Vas*, 36(5):864-873. DOI: 10.1161/ATVBAHA.115.306770
- 20 Welten SM, Goossens EA, Quax PH, Nossent AY (2016) The multifactorial nature of microRNAs in vascular remodeling, *Cardiovasc Res*, 110(1):6-22. DOI: 10.1093/cvr/cvw039
- 21 Vacca M, Eusanio DM, Cariello M, Graziano G, Amore S, Petridis FD, Orazio A, Salvatore L, Tamburro A, Folesani G, Ruttigliano D, Pellegrini F, Sabba C, Palasciano G, Bartolomeo DR, Moschetta A (2016) Integrative miRNA and whole-genome analyses of epicardial adipose tissue in patients with coronary atherosclerosis, *Cardiovasc Res*, 109(2):228-239. DOI: 10.1093/cvr/cvv266
- 22 Thum T, Mayr M (2012) Review focus on the role of microRNA in cardiovascular biology and disease, *Cardiovasc Res*, 93(4):543-544. DOI: 10.1093/cvr/cvs085
- 23 Ouimet M, Ediriweera HN, Gundra UM, Sheedy FJ, Ramkhelawon B, Hutchison SB, Rinehold K, Solingen C, Fullerton MD, Cecchini K, Rayner KJ, Steinberg GR, Zamore PD, Fisher EA, Loke P, Moore KJ (2015) MicroRNA-33-dependent regulation of macrophage metabolism directs immune cell polarization in atherosclerosis, *J Clin Invest*, 125(12):4334-4348. DOI: 10.1172/JCI81676
- 24 Daimiel-Ruiz L, Klett-Mingo M, Konstantinidou V, Mico V, Aranda JF, Garcia B, Martínez-Botas J, Davalos A, Fernandez-Hernando C, Ordovas JM (2015) Dietary lipids modulate the expression of miR-107, a miRNA that regulates the circadian system, *Mol Nutr Food Res*, 59(9):1865-1878. DOI: 10.1002/mnfr.201570094
- 25 Ivashchenko A, Berillo O, Pyrkova A, Niyazova R, Atambayeva S (2014) MiR-3960 binding sites with mRNA of human genes, *Bioinformatics*, 10(7):423-427. DOI: .6026/97320630010423
- 26 Ivashchenko A, Pyrkova A, Niyazova R (2016) A method for clustering of miRNA sequences using fragmented programming, *Bioinformatics*, 12(1):15-18. DOI: 10.6026/97320630012015

6-бөлім  
**МИКРОБИОЛОГИЯ**

---

Раздел 6  
**МИКРОБИОЛОГИЯ**

---

Section 6  
**MICROBIOLOGY**

Кирбаева Д.К.,  
Садвакасова А.К.,  
Акмуханова А.К., Заядан Б.К.,  
Сейсетаева Т.Н., Ерсіні М.Қ.,  
Культаева А.Т.

Әл-Фараби атындағы Қазақ ұлттық  
университеті, Қазақстан, Алматы қ.

**Бірлесіп өскен *Chlorella*  
биомассасының биологиялық  
белсенді қоспа ретінде  
микроорганизмдер  
клеткаларының өсуіне әсерін  
зерттеу**

Kirbayeva D.K.,  
Sadvakasova A.K.,  
Akmuhanova N.R., Zayadan B.K.,  
Seysetaeva T.N., Ersin M.K.,  
Kultaeva A.T.

Al-Farabi Kazakh National University,  
Kazakhstan, Almaty

**Influence of biomass of the  
mixed cultures of *Chlorella*  
as biological active additive  
on the growth of cells of  
microorganisms**

Кирбаева Д.К., Садвакасова А.К.,  
Акмуханова Н.Р., Заядан Б.К.,  
Сейсетаева Т.Н., Ерсіні М.Қ.,  
Культаева А.Т.

Казахский национальный университет  
имени аль-Фараби,  
Казахстан, г. Алматы

**Влияние биомассы смешанных  
культур *Chlorella* в качестве  
биологически активной  
добавки на рост клеток  
микроорганизмов**

Бұл мақалада микробалдыр *Chlorella* sp. K-1 және *Ch. pyrenoidosa* C-2 штамдарының дара және олардың бірлесіп өскен дақылдарының құрғақ биомассаларының өнімділігін анықтадық. Тәжірибедегі зерттеулер нәтижесінде бірлесіп өскен микробалдырлар биомассаларының жалпы белок көрсеткіштері және пигменттерінің (каротиноидтар, хлорофилл а және в) мөлшері жоғары көрсеткіште болатыны белгіленді.

Зерттеу барысында өнімділігі жағынан жоғары көрсеткіште болған бірлесіп өскен микробалдыр штамдарының биомассасын биологиялық белсенді қоспа ретінде кейбір микроорганизмдердің (энтеробактериялар және бифидобактериялар) ортасына қосу мүмкіншіліктері қарастырылды. Нәтижесінде бақылауға қарағанда, бірлесіп өскен микробалдырдың биомассасы қосылған ортадағы *Escherichia coli* және *Enterobacter aerogenes* клеткаларының өсуі қарқынды 32,6% және 36,4%-ға, ал *Proteus mirabilis* және *Shigella flexneri* клеткаларының өсу көрсеткіштері 43,0% және 47,0%-ға жоғарылағаны анықталды. Сондай-ақ, бұған ұқсас зерттеу жұмыстары бойынша бақылауға қарағанда бірлесіп өскен микробалдырлар биомассасы қосылған ортада өскен *Bifidobacterium bifidum* шт. 4 және шт. 6 штамдарының клеткаларының өсу көрсеткіштері 2 және 3 есеге, ал *B. longum* K-1 және K-3 штамдарының өсуі 3,5 және 4 есе жоғарылайтыны белгіленді.

**Түйін сөздер:** микробалдырлар, хлорелла, энтеробактериялар, бифидобактериялар, каротиноидтар, биологиялық белсенді қоспа.

The article presents data on accumulation of biomass productivity *Chlorella* sp. K-1 and *Ch. pyrenoidosa* C-2 mono- and mixed microalgae cultures. It is established that at cultivation of mixed cultures of microalgae, an increase in the biomass concentration of biologically active substances (protein, carotenoids, chlorophyll a and b) compared to mono culturally.

In the experiment, we studied the possibility of adding dry biomass of microalgae consortium as a biologically active additives in culture media of microorganisms. The results revealed that when added to the culture medium of dry biomass consortium of microalgae at a concentration of 2,0 g/l, an increase in the cell growth of *Escherichia coli* and *Enterobacter aerogenes* by 32,6 and 36,4%, whereas in strains of *Proteus mirabilis* and *Shigella flexneri* growth of cells is of 43,0% and 47,0% compared to control. Studying an influence of microalgae consortium (at a concentration of 2 g/l) on growth of different strains of bifidobacteria *B. bifidum* strain 6 and strain 4 by 2 and 3 times, *B. longum* K-1 and K-3 by 3,5 and 4 times respectively compared to control.

**Key words:** microalgae, chlorella, enterobacteria, bifidobacteria, carotenoids, biological active additive.

В статье приводятся данные о накоплении биомассы моно- и смешанных культур микроводорослей *Chlorella* sp. K-1 и *Ch. Pyrenoidosa* C-2. Установлено, что при культивировании смешанных культур микроводорослей наблюдается увеличение в биомассе концентрации биологически активных веществ (белка, каротиноидов, хлорофилла а и в) по сравнению с монокультурой.

Была изучена возможность добавления сухой биомассы консорциума микроводорослей в качестве биологически активной добавки в питательные среды микроорганизмов. В результате выявлено, что при добавлении в питательную среду сухой биомассы консорциума микроводорослей в концентрации 2,0 г/л наблюдается увеличение роста клеток *Escherichia coli* и *Enterobacter aerogenes* на 32,6 и 36,4%, тогда как в штаммах *Proteus mirabilis* и *Shigella flexneri* увеличение роста клеток составляет на 43,0 и 47,0% по сравнению с контролем. При внесении сухой биомассы в питательную среду сухой биомассы консорциума микроводорослей в среду бифидобактерий наблюдается повышение роста штаммов *Bifidobacterium bifidum* шт. 4 и шт. 6 – 2 и 3 раза, а *B. longum* K-1 и K-3 в 3,5 и 4 раза, соответственно, по сравнению с контролем.

**Ключевые слова:** микроводоросли, хлорелла, энтеробактерии, бифидобактерии, каротиноиды, биологически активная добавка.

**БІРЛЕСІП ӨСКЕН  
CHLORELLA  
БИОМАССАСЫНЫҢ  
БИОЛОГИЯЛЫҚ  
БЕЛСЕНДІ  
ҚОСПА РЕТІНДЕ  
МИКРООРГАНИЗМДЕР  
КЛЕТКАЛАРЫНЫҢ  
ӨСУІНЕ ӘСЕРІН  
ЗЕРТТЕУ**

**Кіріспе**

Көптеген балдырлар ішінде *Chlorella* туысты микробалдырлар биологиялық белсенді заттар (ББЗ) көзі ретінде көптеп өсіру жағынан басымдылығы жоғары нысаналар қатарына жатады. Соның ішінде, микробалдыр *Chlorella vulgaris* нысанасы ең көп қолданысқа ие [1].

Хлорелла дақылдарының химиялық құрамы (белок, алмаспайтын аминқышқылдар, пигменттер, дәрумендер, микроэлементтер, биологиялық белсенді заттар және т.б. ) жағынан тек қана сулы организмдер ғана емес, сондай-ақ жер үсті өсімдіктер биомассасының құндылығынан жоғары көрсеткіштілігі басым тұрады. Ал микробалдырлар белогы құндылығы жағынан барлық танымал өсімдіктер текті жемдік белоктардың сапасынан басымдылығы зор деп қарастырылады. Себебі, өндірістік хлорелла дақылдарының белок құрамы алмасатын және алмаспайтын амин қышқылдарға бай шикізат көзі [2]. Сондықтан адамзат тіршілігіне қажетті құндылығы жоғары метаболиттерді өндіру мүмкіншіліктеріне қарай кейбір хлорелла өкілдерін биотехнологиялық маңызды нысана ретінде қарастыруға толық негіздер бар.

Биотехнология саласының тағы да өзекті міндеттерінің бірі бұл микробалдырлар нысаналарының жоғары пигменттік құрамдылығы, токсикалық әсерінің жоқтығы және өсіру жағдайына қарай пигменттердің (каротиноидтар, хлорофилдері, β-каротин) сандық және сапалық биосинтезін қадағалау мүмкіншіліктерінің болуы [3].

Соңғы жылдары микробалдырлардың құрғақ биомассасын микроорганизмдер қоректік ортасының құрамына қосымша биологиялық белсенді заттар ретінде қосу жағынан жақсы көріністерге ие болған тәжірибелік жұмыстар белгілі. Мұндай зерттеулерде көбінесе спирулина биомассасынан жасалған препараттарды герпес вирусына, тұмау және т.б. вирустарға қарсы белсенділігі жайында көп айтылады. Сондай ақ, спирулина биомассасы лактобактериялар мен бифидобактериялардың өсуі мен олардың биологиялық қасиеттерін сақтауда тұрақтылық танытқан және олардың клеткаларының өсуіне оңтайлы әсер берген нәтижелер алынған [4, 5]. Сондықтан, жоғарыда

айтылған мәліметтерді ескере ортырып, тәжірибелік зерттеулеріміздің мақсаты дара және бірлесіп өскен микробалдыр *Chlorella sp.* К-1 және *Chlorella pyrenoidosa* С-2 штамдарының биомасса құрамындағы биологиялық белсенді заттарды анықтау және олардың құрғақ биомассасын энтеробактериялар туысының кейбір түрлері мен бифидобактериялардың өсуіне әсерін зерттеу болып табылады.

### Зерттеу материалдары мен әдістері

Зерттеу жұмысына әл-Фараби атындағы ҚазҰУ-нің биотехнология кафедрасының фототрофты микробалдырлар мұражайынан алынған 2 түрлі микробалдыр штамдары (*Chlorella sp.* К-1 және *Ch. pyrenoidosa* С-2) алынды. Сондай-ақ, микроорганизмдер мұражайынан алынған энтеробактериялар тұқымдасының 3 түрлі штамдары (*Escherichia coli*, *Enterobacter aerogenes*, *Proteus mirabilis*) мен бифидобактериялардың 4 түрлі штамдарын (*Bifidobacterium bifidum* шт.4 және шт.6, *Bifidobacterium longum* К-1 және К-3) пайдаландық.

Микробалдырлар 04 қоректік ортасында мезгілді түрде араластырылған күйде, 23-25<sup>0</sup>С температурада, 4000 Люкс жарықта, көлемі 2 л колбаларда (500 мл қоректік ортасы бар) 10 тәулік бойы өсіріліп, құрғақ биомассасы 60<sup>0</sup>С температурада құрғатылды [6].

Тәжірибеде алынған микробалдыр хлорелла дақылдарының дара және бірлесіп өскен нұсқалары:

№1: *Chlorella sp.* К-1;

№2: *Ch. pyrenoidosa* С-2,

№3: *Chlorella sp.* К-1 + *Ch. pyrenoidosa* С-2.

Барлық нұсқаларға алынған микробалдырлар суспензияларындағы клеткалардың саны 0,2x10<sup>5</sup> кл/мл шамасында болды. Микробалдыр клеткаларының өсу саны стандартты Горяев-Томның санақ камерасында анықталды.

Микробалдырлар биомассасын алу үшін зерттеуге алынған суспензияны 15 минут аралығында 4000 айн/мин центрифугалаймыз. Беттік сұйықтықты төгіп, астыңғы тұнбасы 3 рет дистилденген шумен шайып, соңғы алынған тұнбаларды кептіргіш шкафта 60<sup>0</sup>С температурада тұрақты өлшемге дейін құрғаттық.

Энтеробактериялардың өсу орталары ет пептонды сорпа (ЕПС) және ет пептонды агар (ЕПА) құрамына бірлесіп өскен микробалдырлардың құрғақ биомассаларын (2,0 г/л) қосып залалсыздандырдық. Бактериялардың жинақтама дақылдары (1 тәуліктік) стерильді 0,9%

NaCl ерітіндісінде стандартты лайылығы 10<sup>5</sup> дәрежесіне дейін сұйылтылып (x10<sup>5</sup> КТБ/мл), кейін бұл сұйылтымнан 0,1 мл мөлшерде алдын ала дайындалған 10 мл сұйық қоректік ортасына егілді. Бактерияларды 35-37<sup>0</sup>С температурада 36 сағат бойы өсіріріп, клеткаларының өсу саны Петри табақшалы әдіспен колониялар түзу бірлігі (КТБ/мл) бойынша мына формуламен анықталды [7].

$$M = \frac{a \cdot 10^5}{v}$$

мұндағы: М – Петри табақшасында өсіп шыққан энтеробактериялардың колонияларының жалпы саны (КТБ/мл); а – Петри табақшасында өсіп шыққан колониялардың орташа арифметикалық саны; 10<sup>5</sup> – егу жүргізілген сұйылымның соңғы реттік саны; v – еуге алынған суспензияның мөлшері (0,1 мл). Бастапқы егілген энтеробактериялар клеткаларының саны 0,1x10<sup>5</sup> КТБ/мл шамасында болды.

Зерттеу объектілері ретінде алынған бифидобактериялардың өсуіне қолайлы деп танылған Блаурокк қоректік ортасын (бақылауда) пайдаландық, г/л: пептон – 10,0; NaCl – 2,5; MgCl<sub>2</sub> – 2,5; цистеин – 0,1; твин 80 – 1,0 мл [8]. Ал тәжірибеге бірлесіп өскен микробалдырлар (*Chlorella sp.* К-1 + *Ch. pyrenoidosa* С-2) штамдарының құрғақ биомассасы қосылған модификацияланған Блаурокк қоректік ортасын қолдандық, г/л: бірлесіп өскен микробалдырлар биомассасы – 2,0 г/л; пептон – 8,0; NaCl – 2,5; MgCl<sub>2</sub> – 2,5; цистеин – 0,1; твин 80 – 1,0 мл.

Бифидобактериялар 37<sup>0</sup>С-та 48 сағат бойы анаэробты жағдайда өсіріліп, клеткаларының оптикалық тығыздығы КФК-3 «Зомз» (Ресей) фотоэлектронды фотометр құрылғысымен (толқын ұзындығы 540 нм) анықталды.

Микробалдырлардың құрағак биомассасындағы жалпы белок мөлшері Лоури әдісі бойынша [9], ал каротиноидтар мен хлорофилл а және в концентрациялары спектрофотометриялық PD-303UV, Apel (Жапония) әдіспен (хлорелланың 0,1 г массалы салмағы 80% ацетон ерітіндісімен ерітілді) анықталды [10].

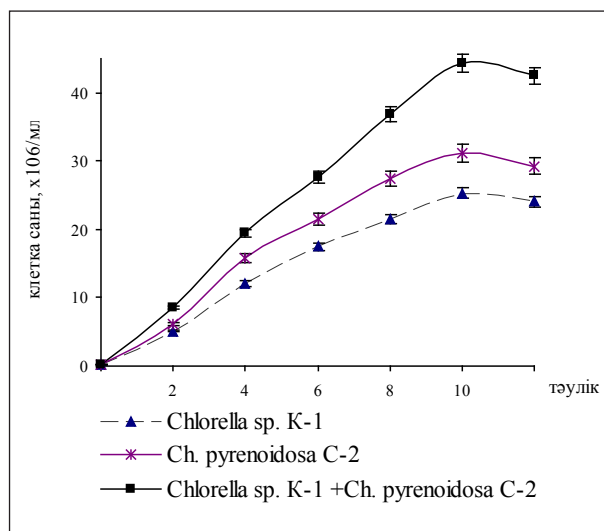
Барлық тәжірибе нұсқалары бірдей жағдайда, үш қайталымда жүргізілді. Алынған нәтижелер көрсеткіштері стандартты әдіспен статистикалық өңделді.

### Зерттеу нәтижелері және оларды талдау

Зерттеу барысында тәжірибедегі дара және бірлесіп өскен микробалдырлар дақылдарын

лабораториялық жағдайда 10 тәулік бойы өсірілді (сурет 1). Мұндағы зерттеулер бойынша, 10-шы тәулікте №1 және №2 нұсқалардың (*Chlorella sp.* К-1  $25,3 \times 10^6$  кл/мл, *Ch. pyrenoidosa* С-2 клеткаларының өсу саны  $31,2 \times 10^6$  кл/мл жеткені белгіленді. Ал бұл кезде 10 тәулік бойы бірлесіп өскен №3 нұсқадағы (*Chlorella sp.* К-1 + *Ch. pyrenoidosa* С-2) клеткалардың өсу саны –  $44,3 \times 10^6$  жеткендігі анықталды. Бұл тәжірибелер нәтижесінде микробалдырлардың дара өскен дақылдарына қарағанда, бірлесіп өскен нұсқалардағы клеткалардың өсуі біршама жоғары, яғни олардың бір-біріне тәуелсіз түрде дамып, керісінше бірбірінің өсуіне стимулдеушілік әсер беретіні белгіленді.

Кейінгі зерттеулерімізде, бұл 10 тәулік бойы өскен хлорелла дақылдарының құрғақ биомассаларының құрамындағы биологиялық белсенді заттар көрсеткіштері (жалпы белок, каротиноидтар, хлорофилл *a* және *b*) анықталды (кесте 1).



1-сурет – Дара және бірлесіп өскен микробалдыр хлорелла дақылдарының өсу қисық сызығы

1-кесте – Дара және бірлесіп өскен хлорелла дақылдарының құрғақ биомассаларының құрамындағы биологиялық белсенді заттар көрсеткіштері

№	Алынған штамдар	Жалпы белок, %	мг/г		
			каротиноидтар	хлорофилл <i>a</i>	хлорофилл <i>b</i>
1	<i>Chlorella sp.</i> К-1	34,7±1,72	0,79±0,02	2,15±0,11	0,43±0,02
2	<i>Ch. pyrenoidosa</i> С-2	41,4±1,83	0,92±0,03	2,76±0,12	0,62±0,02
3	<i>Chlorella sp.</i> К-1 + <i>Ch. pyrenoidosa</i> С-2	49,2±1,95*	1,21±0,05**	3,25±0,15**	0,74±0,05**

Ескерту: \* P<0,001; \*\* P<0,05 топтар арасындағы дәлдік

Зерттеулерде көрсетілгендей *Chlorella sp.* К-1 штамының құрғақ биомассасындағы жалпы белоктың мөлшері 34,7%, *Ch. pyrenoidosa* С-2 штамының жалпы белогы 41,4% құраған болса, ал бірлесіп өскен штамдарының жалпы белогы 49,2%-ға жеткені анықталды. Ал микробалдырлар биомассасындағы пигменттер көрсеткіштері бойынша №1 нұсқадағы *Chlorella sp.* К-1 биомассасында 0,79 мг/г – каротиноидтар, 2,15 мг/г – хлорофилл *a*, 0,43 мг/г – хлорофилл *b*, №2 нұсқадағы *Ch. pyrenoidosa* С-2 штаммында 0,92 мг/г – каротиноидтар, 2,76 мг/г – хлорофилл *a* және 0,62 мг/г – хлорофилл *b* жиналған болса, ал бірлесіп өскен №3 нұсқадағы микробалдырлар биомассасының құрамында 1,21 мг/г каротиноидтар, 3,25 мг/г- хлорофилл *a* және 0,74 мг/г хлорофилл *b* жиналғаны анықталды.

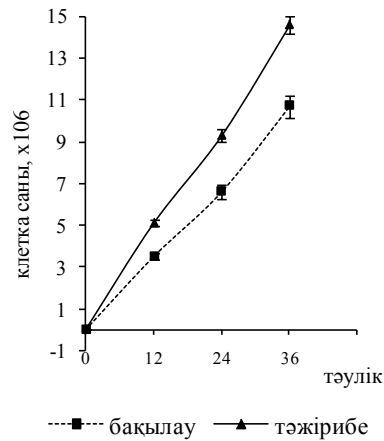
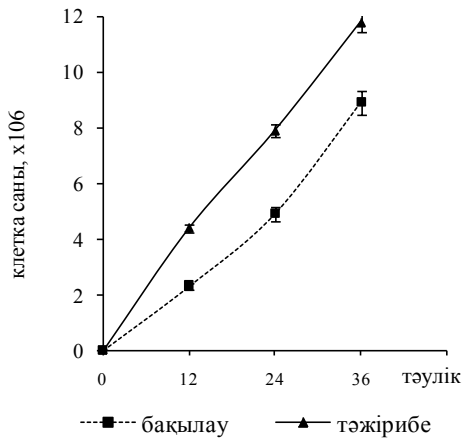
Келесі зерттеулерімізде таңдап алынған бірлесіп өскен хлорелла дақылдарының құрғақ биомассаларын биологиялық белсенді қоспа ретінде микроорганизмдердің өсу ортасына қосу мүмкіншіліктері қарастырдық. Тәжірибелік зерттеулеріміздегі шартты-патогенді энтеробактериялардың өсу көрсеткіштері 2-суретте көрсетілді.

Мұндағы 36 сағаттан соңғы *Escherichia coli* және *Enterobacter aerogenes* штамдарының клеткаларының саны бақылауда  $8,9 \times 10^6$  КТБ/мл және  $10,7 \times 10^6$  КТБ/мл жеткен болса, бірлесіп өскен микробалдырлардың 2,0 г/л концентрациясында бұл көрсеткіштер  $11,8 \times 10^6$  КТБ/мл және  $14,6 \times 10^6$  КТБ/мл болды. Нәтижесінде бақылаумен салыстырғанда тәжірибедегі *Escherichia coli* және *Enterobacter aerogenes* клеткаларының өсуі 32,6 және 36,4% жоғарлағаны анықталды.

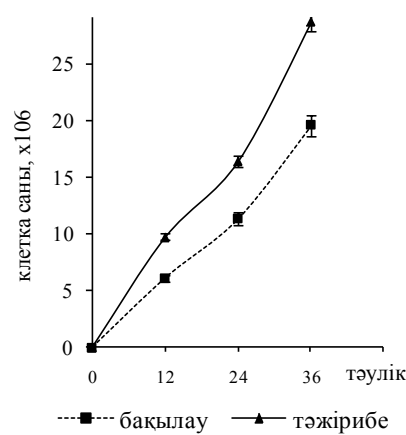
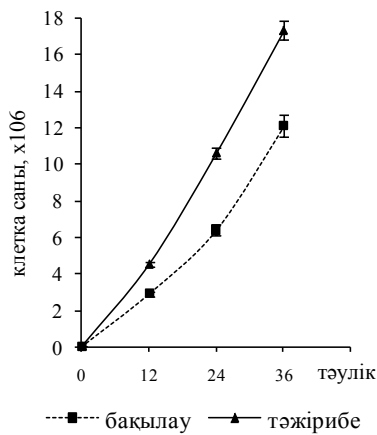
Осыған ұқсас нәтижелер *Proteus mirabilis* және *Shigella flexneri* штамдарына жүргізілген зерттеулерде алынды. Тәжірибедегі *Proteus mirabilis* және *Shigella flexneri* штамдарының өсу көрсеткіштері бойынша, 36 сағаттан соң бақылауда клеткалардың саны  $12,1 \times 10^6$  КТБ/мл және  $19,5 \times 10^6$  КТБ/мл болса, тәжірибедегі бірлесіп өскен микробалдырлар концентрацияларында бұл көрсеткіштер  $17,3 \times 10^6$  КТБ/мл және  $28,7 \times 10^6$  КТБ/мл нәтижелер берді. Нәтижесінде бақылауға қарағанда тәжірибеде *Proteus mirabilis* және *Shigella flexneri* штамдарының өсу көрсеткіштері 43 және 47 % жоғарлағаны анықталды. Мұндай нәтижелердің болуы бірнеше факторларға байланысты бо-

луы мүмкін. Микробалдырлар дәрумендерге, ферменттерге және микроэлементтерге бай биологиялық белсенді қоспа ретінде қалыпты микрофлоралардың өсуін стимулдейді [11]. Сондықтан бұл тәжірибелік нәтижелерден физиологиялық белсенді қоспа ретінде алынған бірлесіп өскен хлорелла дақылдарының құрғақ биомассалары табиғи таза шикізат көзі ретінде және кейбір микроорганизмдер түрлерінің өсу деңгейін жоғарлатуға мүмкіндік беретінін байқадық.

Келесі зерттеулерімізде осы тәжірибелік маңыздылығына қарай белгіленген жұмыстарды бифидобактериялардың кейбір түрлеріне жүргізуді міндет қылып алдық.



а) *Escherichia coli* б) *Enterobacter aerogenes*



в) *Proteus mirabilis* г) *Shigella flexneri*

2-сурет – Бірлесіп өскен микробалдырлар құрғақ биомассасы қосылған ортада өскен энтеробактериялар клеткаларының өсу көрсеткіштері

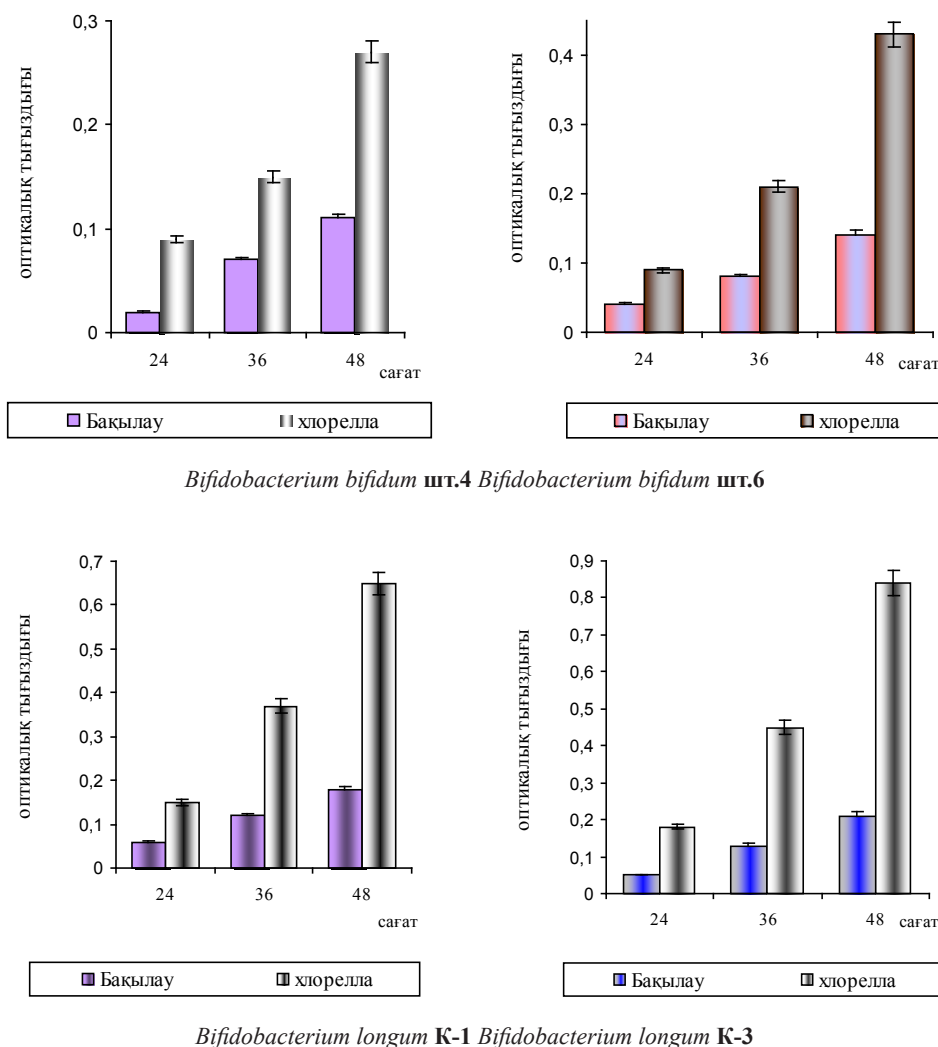


Микроорганизмдердің топтарының ішінде бифидобактериялар қоректік заттарды қажет етуіне байланысты өте талғамшыл организм болып табылады. Осыған байланысты оларды өсіру немесе бөліп алу үшін қажетінше құрамы бай орта болу керек. Сондықтан біз тәжірибе кезінде бірлесіп өскен микробалдырлардың құрғақ биомассасы (2,0 г/л) қосылған бифидобактериялардың модификацияланған қоректік ортасын пайдаландық. Бақылау ретінде стандартты Блаурокк ортасы қолданылды.

Бифидобактериялар клеткаларын 48 сағат өсіріп, олардың өсу тығыздығы зерттелген нәтижелер 3-суретте берілді. Бұл көрсеткіштер бойынша, бақылауға қарағанда бірлесіп өскен хлорелла биомассалары қосылған орталардағы бифидобактериялардың өсу жылдамдығы бас-

тапқы 24 сағаттан бастап жоғары белсенділік көрсетті.

Тәжірибенің 48 сағаттан кейінгі нәтижелері бойынша бақылаумен (*B. bifidum* шт. 4 – 0,11, *B. bifidum* шт. 6 – 0,14, *B. longum* К-1 – 0,18, *L. brevis* К-3 – 0,21) салыстырғанда тәжірибедегі бірлесіп өскен микробалдырлар биомассалары қосылған ортада өсірілген *B. bifidum* шт.4 тығыздық көрсеткіші 0,27 жетіп, *B. bifidum* шт.6 – 0,43, *B. longum* К-1 – 0,65, ал *B. longum* К-3 штаммының өсуі 0,84 тығыздықта болды. Бұл көрсеткіштерден бақылаумен салыстырғанда *B. bifidum* шт. 4 және *B. bifidum* шт. 6 клеткаларының өсу қарқыны 2,5 және 3 есеге, ал *B. longum* К-1 және *B. longum* К-3 клеткаларының өсу көрсеткіштері 3,5 және 4 есе жоғарлағанын анықтадық.



3-сурет – Бифидобактериялар клеткаларының өсу көрсеткіштеріне бірлесіп өскен микробалдырлар биомассаларының әсері

Біздің тәжірибеміздегі микроорганизмдердің (энробактериялар мен бифидобактериялар) өсуіне микробалдырлар биомассасының стимулдеушілік әсер беруі, бұл таңдап алынған бірлесіп өскен микробалдырлар биомассасы көп қосылысты биологиялық белсенді заттар (белок, пигменттер, дәрумендер, ферменттер және т.б.) ретінде пробиотикалық әсер беруі мүмкін. Тәжірибе нәтижелерін қорыта айтқанда микробалдырлардың дара өскен *Chlorella sp.* К-1 және *Ch. pyrenoidosa* С-2 штамдарына қарағанда, олардың бірлесіп өскен биомассаларының өнімділігі жоғары болады және олардың биомассасын кейбір микроорганизмдердің өсу ортасына биологиялық белсенді қоспа ретінде биотехнологиялық және микробиологиялық мақсатта тиімді пайдалануға болады.

### Қорытынды

1. Микробалдырлардың дара өскен *Chlorella sp.* К-1 және *Ch. pyrenoidosa* С-2 штамдарының жалпы белок көрсеткіштері 34,7 және 41,4% құраған болса, ал олардың бірлесіп өскен

штамдарының жалпы белогы 49,2%-ға жеткені анықталды.

2. Дара өскен *Chlorella sp.* К-1 және *Ch. pyrenoidosa* С-2 штамдарының биомассасындағы пигменттердің жиналу көрсеткіштеріне қарағанда, олардың бірлесіп өскен штамдарының биомассасындағы пигменттердің (каротиноидтар, хлорофилл *a*, хлорофилл *b*) мөлшері жоғары болатыны анықталды.

3. Тәжірибедегі бақылауға қарағанда (36 сағаттан соң) бірлесіп өскен микробалдырлар биомассасы қосылған ортада өскен *Escherichia coli* және *Enterobacter aerogenes* клеткаларының өсуі 32,6 және 36,4%-ға, ал *Proteus mirabilis* және *Shigella flexneri* штамдарының өсу көрсеткіштері 43,0 және 47%-ға жоғарлағаны анықталды.

4. Тәжірибедегі бақылауға қарағанда (48 сағаттан соң) бірлесіп өскен микробалдырлар биомассасы қосылған ортада өскен *B. bifidum* шт. 4 және *B. bifidum* шт. 6 клеткаларының өсу көрсеткіштері 2 және 3 есеге, ал *B. longum* К-1 және *B. longum* К-3 штамдарының өсуі 3,5 және 4 есе жоғарлағаны анықталды.

### Әдебиеттер

- 1 Макарова Е.И., Отурина И.П., Сидякин А.И. Прикладные аспекты применения микроводорослей – обитателей водных экосистем // Экосистемы, их оптимизация и охрана. -2009. – Вып. 20. – С. 120–133.
- 2 Богданов Н.И. Хлорелла: зеленый корм круглый год // Комбикорма. – 2004. – № 3. – С. 66.
- 3 Дмитриевич Н.П., Козлов Т.В. Влияние физиологического состояния микроводорослей на соотношение в их клетках различных пигментов // Вестник Полесского государственного университета. Серия природоведческих наук. – 2015. – Вып. 1. – С. 40-43.
- 4 Горобец О.Б., Блинкова Л.П., Батуро А.П. Стимулирующее и ингибирующее воздействие *Spirulina platensis* на микроорганизмы // Журн. микробиол. – 2001. – № 6. – С. 20-25.
- 5 Блинкова Л.П., Ахапкина И.Г., Бутова Л.Г. Изучение возможности применения биомассы спирулины в производстве питательных сред // Журн. микробиол. – 1998. – № 3. – С. 85-86.
- 6 Урмыч Е.М., Бердыкулов Х.А., Эшпулатова М.Б. Продуктивность микроводорослей в интенсивных условиях культивирования // Альгология. – 2008. – Т.18. – № 3. – С. 347-352.
- 7 Практикум по микробиологии / под. ред. А.Н. Нетрусова. – М: Академия, 2005. -597 с.
- 8 Патент РФ 2214454. Амерханова А.М., Гинс В.К., Алешкин В.А., Бандоян А.К., Хачатрян Г.В., Зубкова Е.С., Гинс М.С., Кононков П.Ф., Бояркина Л.А. Питательная среда для культивирования бифидобактерий. -2003.
- 9 Lowry O.H., Rosebrough N.J., Farr A.L., Randall R.J. Protein measurement with Folin phenol reagent // J. Biol. Chem. – 1951. -Vol. 193, №1. – P. 265-275.
- 10 Dere Ş., et.al. Spectrophotometric determination of chlorophyll a, b and total carotenoid contents of some algae species // Tr. J. of Botany. -1998. -Vol. 22. -P. 13-17.
- 11 Кирбаева Д.К., Садвакасова А.К., Заядан Б.К. Антиоксидантные вещества у коллекционных штаммов цианобактерий *Spirulina platensis* // Вестник КазНУ. Серия биологическая. – 2013. – №4 (56). – С. 177-179.

### References

- 1 Makarova EI, Oturina IP, Sidiyakin AI (2009) Applied aspects of application of microseaweed – inhabitants of water ecosystems, Ecosystems, their optimization and protection [Prikladnye aspekty primeneniya mikrovodoroslei – obitatelei vodnyh jekosistem. Ekosistemy, ih optimizaciya i ohrana] 20:120-133. (In Russian)
- 2 Bogdanov NI (2004) Chlorella: green forage all the year round, Compound feeds [Khlorella: zelenyj korm kruglyj god] 3:66. (In Russian)

3 Dmitrovich NP, Kozlov TV (2015) Influence of a physiological condition of microseaweed on a ratio in their cages of various pigments, Bulletin of the Polesia state university. Series of natural sciences [Vlijanie fiziologicheskogo sostojanija mikrovodoroslej na sootnoshenie v ih kletkah razlichnyh pigmentov. Byulleten Poleskogo gosudarstvennogo universiteta] 1: 40-43. (In Russian)

4 Gorobets OB, Blinkova LP, Batur AP (2001) The stimulating and inhibiting impact of *Spirulina platensis* on microorganisms. Journal microbiology [Stimulirujushhee i ingibirujushhee vozdejstvie *Spirulina platensis* na mikroorganizmy. Jurnal mikrobiologiya] 6: 20-25. (In Russian)

5 Blinkova LP, Akhapkina IG, Butova LG (1998) Studying of a possibility of use biomass of spirulina in production of nutrient mediums, Journal microbiology [Izuchenie vozmozhnosti primeneniya biomassy spiruliny v proizvodstve pitatel'nyh sred. Jurnal mikrobiologiya] 3:85-86. (In Russian)

6 Urmych EM, Berdykulov HA, Eshpulatova MB (2008) The productivity of microalgae in intensive conditions of cultivation. Algology [Produktivnost' mikrovodorosley v intensivnyh uslovijah kul'tivirovaniya. Algologiya] 18(3): 347-352. (In Russian)

7 A workshop on microbiology (2005) under. edition of Netrusov AN, M: Academia [Praktikum po mikrobiologii, pod. red. Netrusova AN] 597 p. (In Russian)

8 RF Patent: 2214454 Amerchanova AM, Gins VK, Aleshkin VA, Bandoyan AK, Khachatryan GV, Zubkova ES, Gins MS, Kononcov PF, Boyarkina LA (2003) Nutrient medium for cultivation of bifidobacteria [Pitatel'naja sreda dlja kul'tivirovaniya bifidobakterij]. (In Russian)

9 Lowry OH, Rosebrough NJ, Farr AL, Randall RJ (1951) Protein measurement with Folin phenol reagent. J Biol Chem, 193 (1): 265-275.

10 Dere S (1998) Spectrophotometric determination of chlorophyll a, b and total carotenoid contents of some algae species. Tr J of Botany, 22: 13-17.

11 Kirbaeva DK, Sadvakasova AK, Zayadan BK (2013) Antioxidant substances from collection strains of cyanobacteria *Spirulina platensis*, Bulletin of KazNU, The biology series [Antioksidantnye veshchestva u kollekcionnyh shtammov cianobakterij *Spirulina platensis*. Byulleten KazNU, seriya biologicheskaya] 4(56): 177-179. (In Russian)

Таранов Д.С., Булатов Е.А.,  
Жугунисов К.Д., Ершебулов З.Д.,  
Кондибаева Ж.Б., Аманова Ж.Т.,  
Абдураимов Е.О., Хайруллин Б.М.

Научно-исследовательский ин-  
ститут проблем биологической  
безопасности,  
Казахстан, пгт. Гвардейский

**Производственные испытания  
иммуногенной активности  
инактивированной вакцины  
против вируса бешенства  
животных**

Taranov D.S., Bulatov, Ye.A.,  
Zhugunisov K.D., Yershebulov Z.D.,  
Kondibaeva Zh.B, Amanova Zh.T.,  
Abduraimov Ye.O, Khirullin B.M.

Research Institute for Biological Safety  
Problems, Kazakhstan, Gvardeiskiy

**Field trial of an inactivated  
animal rabies vaccine  
immunogenicity**

Таранов Д.С., Булатов Е.А.,  
Жүгінісов Қ.Д., Ершебулов З.Д.,  
Қондыбаева Ж.Б., Аманова Ж.Т.,  
Абдураимов Е.О., Хайруллин Б.М.

Биологиялық қауіпсіздік  
проблемаларының ғылыми-зерттеу  
институты, Қазақстан,  
Гвардейский қ.у.к.

**Жануарлардың құтырық  
вирусына қарсы инактивтелген  
вакцинаның иммуногендік  
белсенділігін өндірістік  
жағдайда сынау**

В данной работе представлены результаты проведения производственных испытаний иммуногенной активности инактивированной вакцины против вируса бешенства, разработанной в НИИПББ на сельскохозяйственных и домашних животных. Данная вакцина приготовлена из культурального штамма VRC-RZ2, выращенного в перевиваемой культуре клеток ВНК-21, инактивированной  $\beta$ -пропиолактоном с добавлением адьюванта геля гидроксида алюминия. Исследования проведены в условиях двух крестьянских хозяйств Алматинской и Акмолинской областей Республики Казахстан. После вакцинации на 28 сут. сыворотки крови взятых от вакцинированных животных проверяли в реакции нейтрализации на белых мышах. В результате проведенных исследований испытываемая вакцина являлась иммуногенной для сельскохозяйственных и домашних животных при этом индуцировала образование у вакцинированных животных ВНА в титрах не менее 3 log<sub>2</sub>. Данный титр ВНА соответствует международным стандартам, предъявляемым Европейской Фармакопеей при разработке вакцин против вируса бешенства. На всем протяжении испытания вакцины общее состояние животных было удовлетворительное, потеря аппетита, угнетенное состояние, вялость, слюнотечение не отмечены. Таким образом, данная вакцина успешно прошла производственные испытания по определению иммуногенности на домашних и сельскохозяйственных животных, а также была зарегистрирована в реестре ветеринарных препаратов РК.

**Ключевые слова:** бешенство, вакцина, иммуногенность, вируснейтрализующие антитела, производственные испытания.

This paper presents the results of production testing immunogenicity of inactivated rabies virus vaccine developed in RIBSP agricultural and domestic animals. The inactivated rabies vaccine was prepared from the «VRC-RZ2» vaccine strain grown in ВНК-21 culture cells, inactivated with  $\beta$ -propiolactone and adding aluminum hydroxide gel adjuvant. This work was conducted under the two farms of Almaty and Akmola oblasts of Kazakhstan. After 28 days of vaccination on serum of vaccinated animals was tested by neutralization with white mice. The studies under test vaccine was immunogenic for farm and domestic animals with induced formation of the vaccinated animals in the VNA titres of at least 3 log<sub>2</sub>. This VNA titer corresponds to the international standards required by the European Pharmacopoeia in the development of the rabies vaccines. Throughout the test the vaccine general condition of the animals was satisfactory, loss of appetite, depression, lethargy, excessive salivation were observed. Thus, the vaccine successfully passed production tests to determine the immunogenicity on domestic and farm animals, and was registered on the register of Kazakhstan veterinary preparations.

**Key words:** rabies, vaccine, immunogenicity, virus-neutralizing antibody, production tests.

Мақалада Биологиялық қауіпсіздік проблемаларының ғылыми-зерттеу институтында жасалған құтырыққа қарсы инактивтелген вакцинаның иммуногендік белсенділігін ауылшаруашылығы және үй жануарларында өндірістік жағдайда сынаудың нәтижелері көрсетілген. Аталған вакцина ВНК-21 тұрақты жасуша өсіндісінде өсіріліп,  $\beta$ -пропиолактонды қолдану арқылы инактивтеліп, алюминий гидрототығы қосылған құтырық вирусының «VRC-RZ2» штамынан әзірленген. Зерттеу жұмысы Алматы облысы мен Ақмола облысының 2 шаруа қожалығында жүргізілді. Жануарларға вакцина егілгеннен кейін 28 тәулік өткенде олардан алынған қан сарысуын зертханалық ақ тышқандарға бейтараптау реакциясын қою арқылы тексерілді. Зерттеу нәтижесінде аталған вакцина ауылшаруашылығы және үй жануарлары үшін иммуногенді болып, антидене титрі 3 log<sub>2</sub> кем болмады. Бұл көрсетілген антидене титрі Еуропалық фармакопееяның құтырыққа қарсы вакцина дайындау кезінде қойған халықаралық стандартына сәйкес келеді. Вакцинаны тексеру кезінде жануарлардың жалпы жағдайы қанағаттанарлық, төбеті қалыпты болды және шаршау, әлсіздік, шамадан тыс сілекей ағу белгілері байқалмады. Сонымен, аталған вакцина иммуногендік белсенділігі бойынша ауылшаруашылық және үй жануарларында өндірістік сынақтан табысты өтіп, нәтижесінде ҚР ветеринариялық препараттар реестріне тіркелді.

**Түйін сөздер:** құтырық, вакцина, иммуногенділік, вирусбейтараптаушы антидене, өндірістік сынақ.

**ПРОИЗВОДСТВЕННЫЕ  
ИСПЫТАНИЯ  
ИММУНОГЕННОЙ  
АКТИВНОСТИ  
ИНАКТИВИРОВАННОЙ  
ВАКЦИНЫ ПРОТИВ  
ВИРУСА БЕШЕНСТВА  
ЖИВОТНЫХ**

**Введение**

В настоящее время бешенство человека и животных стало актуальной проблемой для многих стран мира и, в том числе, для нашего государства. Создание стабильного благополучия на территории Республики Казахстан по особо опасным инфекциям и обеспечение биологической безопасности является важной задачей для улучшения социально-экономической обстановки и укрепления национальной безопасности. По данным ВОЗ, ежегодно в мире число укушенных животными, подозрительными на бешенство, достигает полутора миллионов человек, почти тысяча из них на разных континентах умирает от этой опасной инфекции [1].

Из диких животных чаще всего заражаются плотоядные – лисицы, волки, шакалы, корсаки, песцы, енотовидные собаки, грызуны и летучие мыши. Из домашних – собаки и кошки, иногда КРС, лошади. Осень, зима, а также ранняя весна – наиболее благоприятные сезоны распространения вируса бешенства. У всех животных, за исключением собак, преобладает тихая (паралитическая) форма течения болезни, при которой клинические признаки слабо выражены. Такие животные особенно опасны как источники заражения.

К сожалению, бешенство по-прежнему остаётся трудно прогнозируемым заболеванием, меры профилактики и борьбы с ним весьма сложны. Специалисты рекомендуют, прежде всего, вести отлов безнадзорных собак и кошек, а с помощью охотников максимально сокращать количество лисиц [1].

Бешенство входит в пятёрку инфекционных болезней, общих для человека и животных, наносящих наибольший экономический ущерб, который складывается из потерь в результате падежа животных, затрат на проведение карантинных и профилактических мероприятий, на отлов бродячих собак и кошек, регулирование численности диких хищников, а также на проведение диагностических исследований [2, 3].

Одной из причин роста заболеваемости является недостаточная эффективность мер борьбы с бешенством, которые включают в себя диагностику болезни и профилактическую иммунизацию животных. Для специфической профилактики

бешенства применяются как живые, так и инактивированные вакцины. При выборе вакцины, предназначенной для иммунизации животных, важное значения имеет безопасность вакцины и напряженность иммунитета [4-9].

Следует отметить, что профилактика бешенства с использованием инактивированной вакцины, обладает рядом преимуществ по сравнению с живой ослабленной вакциной. Живая ослабленная вакцина из штамма Флери (LEP или НЕР) или SAD, широко используется для профилактической иммунизации домашних животных, тем не менее, имели место задокументированные случаи возникновения бешенства у вакцинированных живой вакциной животных [10-12].

Долгое время на всей территории СССР применяли жидкую антирабическую вакцину АЗВИ, разработанную в Казахстане (Бучнев К.М., Росляков А.А., Квасов И.Л., Седов В.А.), ко всем видам животных до 2000 года. Данную вакцину изготавливали на основе тканевого вируса-фикс бешенства, пассируя его в мозге овец. Накопленные в литературе данные свидетельствуют о том, что вакцины, изготовленные на основе мозговой ткани животных, даже при условии полной инактивации инфекционности вируса, несут в себе возможность тяжелых поствакцинальных осложнений, связанных с наличием в мозге животных миелина. Недостатком изготовления таких вакцин из нервной ткани (мозга), было наличие в ней балластного белка часто вызывающего у привитых параличи или аллергические реакции, вплоть до аллергического шока [13]. Репродукция вируса в культурах клеток дала возможность свести до минимума количество балластных белков в вирусосодержащих суспензиях и изготавливать безвредные и высокоиммуногенные антирабические вакцины [14].

Штамм VRC-RZ2 вируса бешенства был получен путем перемежающих и последовательных пассажей на мышатах-сосунах и перевиваемой культуре клеток ВНК-21. Выделенный штамм вируса успешно культивировался в перевиваемой культуре клеток ВНК-21 при температуре  $37,0 \pm 0,5$  °С, заражающей дозе  $0,01$  МЛД<sub>50</sub>/кл, с проявлением характерного цитапатического действия (ЦПД). Титр культуральных суспензий 12-20 последовательного пассажного уровня на культуре клеток ВНК-21 составил  $6,00-6,50$  lg МЛД<sub>50</sub>/0,03 см<sup>3</sup>, что сопоставимо с титрами других вакцинных штаммов вируса [15].

Исходя, из вышеизложенного, а также в виду неблагоприятия Республики по данной инфек-

ции была разработана жидкая антирабическая вакцина против бешенства животных, производство которой основано на современных биотехнологических методах: инфицированные вирусом бешенства (штамма VRC-RZ2) клетки перевиваемой линии ВНК-21, инактивированной β-пропиолактоном с добавлением адьюванта геля гидроокиси алюминия. Производственные испытания жидкой инактивированной вакцины, проведенные общепринятыми методами, показали – высокую иммуногенную активность. В отличие от зарубежных аналогов данная вакцина не содержала антибиотиков и токсичных консервантов. Отсутствие в составе сапонина дает возможность использовать препарат для широкого круга животных, в том числе целевых объектов [16].

В данной работе представлены результаты эффективности иммуногенной активности жидкой инактивированной вакцины против вируса бешенства из штамма VRC-RZ2.

### Материалы и методы исследований

В процессе проведения исследований по изучению иммуногенной активности были использованы:

- инактивированная вакцина против бешенства животных (НИИПББ) из штамма VRC-RZ2, экспериментальная серия №2, контроль №2, изготовленная в НИИПББ 05.01.2015 года;
- референс штамм CVS вируса бешенства;
- лошади 6-24 мес возраста, 20 гол;
- КРС 6-24 мес возраста, 40 гол;
- овцы 3-24 мес возраста, 40 гол;
- собаки 3-12 мес возраста, 20 гол;
- кошки 3-24 мес возраста, 20 гол;
- мыши лабораторные, массой тела – 10-18 г. – 4400 гол.

#### *Приготовление вакцины*

Нативной вирусосодержащей расплодкой штамма VRC-RZ2 вируса бешенства инфицировали сосуды содержащие перевиваемую культуру клеток ВНК-21/c13 в дозе  $0,1$  ТЦД<sub>50</sub>/кл. Культивирование проводили при температуре  $37,0 \pm 0,5$  °С в течение 70-72 ч. После чего сосуды с культурой клеток охлаждали при температуре –  $40,0 \pm 1,0$  °С. Далее сосуды с вирусосодержащей суспензией размораживали и в вирусосодержащую суспензию вносили матричный раствор β-пропиолактона до конечной концентрации 1:4000, инкубировали суспензию при  $37,0 \pm 0,5$  °С в течение 2 ч, с периодическим помешиванием суспензии каждые 10-15 мин.

Инактивированную вирусную суспензию переносили в реактор, где добавляли 10-15% по объему 6% геля гидроокиси алюминия, при постоянном перемешивании суспензии. Температура суспензии повышали до 27,0-30,0 °С и поддерживали на этом уровне 4-6 ч. Затем температуру вакцинной суспензии снижали до 4,0-8,0 °С и хранили еще 48-56 ч.

Готовую вакцину расфасовывали в стерильных условиях по 50 и 100 см<sup>3</sup> в стерильные флаконы, которые затем закрывали резиновыми пробками и обкатывали металлическими колпачками.

Данная вакцина проходила внутренний контроль лабораторией «Контроль технологии и биопрепаратов» НИИПББ и лабораторией «Регистрационных испытаний, апробации ветеринарных препаратов» Национального референтного центра по ветеринарии (НРЦВ) (г. Астана, Казахстан) по следующим параметрам: определение внешнего вида, цвета, наличия посторонней примеси, плесени, трещин ампул; определение концентрации водородных ионов (рН); стерильности; определение контаминации микоплазмами; определение безвредности и авирулентности, а также иммуногенности.

#### *Животные и их подготовка к опыту*

Животных до проведения экспериментов выдерживали на карантине в течение 2-х недель с проведением дегельминтизации, термометрии, нумерации, клинического осмотра и исследованием сывороток крови на наличие вируснейтрализующих антител (ВНА) в реакции нейтрализации (РН). Содержание животных проводили согласно правилам, принятым в хозяйстве [17].

#### *Определение иммунного фона у животных*

До вакцинации определяется иммунный фон у животных на наличие антител к вирусу бешенства. С этой целью исследовали сыворотки крови 10% поголовья животных в РН. Данную реакцию проводили на белых лабораторных мышах по Р. Atanasiu [18].

При наличии иммунного фона к вирусу бешенства у животных через 28 сут после вакцинации прирост антител должен быть в 2 раза выше по отношению к исходным показателям среднегеометрических титров антирабических антител.

#### *Определение иммуногенности вакцины*

Иммуногенную (антигенную) активность инактивированной вакцины против бешенства животных (НИИПББ) проведены в крестьянских хозяйствах «Мади» Жамбылского района Алматинской области и «Ильяс» Аккольского района Акмолинской области

Иммунизацию животных осуществляли введением вакцины в указанных дозах в представленной таблице 1.

**Таблица 1** – Рекомендуемые дозы вакцины для различных видов животных

Вид животных	Возраст	Доза, см <sup>3</sup>
Крупный рогатый скот	Старше 2-х лет	8,0
	от 3-х месяцев до 2-х лет	5,0
Лошади	Старше 3-х лет	10,0
	от 3-х месяцев до 3 лет	5,0
Овцы	Старше года	4,0
	от 3-х месяцев до года	2,0
Беспородные собаки	от 3-х месяцев до года	0,5
Кошки	от 3-х месяцев до года	0,3

За вакцинированными животными проводили клиническое наблюдение в течение 28 сут, по истечению данного времени у всех подопытных животных отбиралась кровь для определения ВНА к вирусу бешенства в сыворотке. При клиническом наблюдении обращали внимание на общее состояние животных (угнетение аппетита, вялость, слюнотечение, наличие или отсутствие припухлостей в месте введения вакцины).

#### *Определение титра вируснейтрализующих антител*

Для реакции нейтрализации использовали сыворотку после предварительной инактивации при 56,0±1,0 °С в течение 30 мин. Для этапа нейтрализации готовили разведения испытуемых сывороток, начиная с цельного (Ц) до 1:32 на фосфатно-буферном растворе (рН 7,4-7,6) и с постоянной дозой вируса 100 МЛД<sub>50</sub> в равных объемах. Полученные смеси инкубировали 1 ч при 37,0±0,5 °С и инфицировали интрацеребрально по 4 мыши в объеме 0,03 см<sup>3</sup> каждым разведением сыворотки с вирусом. Регистрировали число мышей, погибших в период между 4-м и 14-м днем после заражения. Гибель мышей погибших до 4 сут не учитывали и относили к неспецифической, что связано с постоянным инкубационным периодом вируса бешенства штамма CVS.

За титр антител принимали наивысшее разведение сыворотки, подавляющее гибель инфицированных мышей.

#### *Статистическая обработка*

Определяли среднегеометрическое значение выборки и ее среднеквадратичную ошибку. Достоверность различий между показателями

определяли с применением критерия Стьюдента с использованием программы Graphpad Prism Software, version 6.0 (Graphpad Software Inc., CA, USA). Значение  $P < 0,05$  считали достоверным.

### Результаты исследований и их обсуждение

Полностью ликвидировать бешенство (уничтожить циркуляцию вируса в природе) вряд ли возможно. Поэтому пока существуют плотоядные животные, опасность заражения бешенством человека не может быть исключена. Но проводить профилактические мероприятия среди животных можно и нужно.

В различных регионах Казахстана эпидемиологическая обстановка в течение последних лет сохраняется на недопустимо высоком уровне. По Казахстану за 2006-2015 гг. отмечен неуклонный рост количества людей пострадавших от укусов, увечий и травм диких, домашних и сельскохозяйственных животных. По республике за последние 10 лет зарегистрировано 1219 случаев бешенства животных и 73 случаев заболевания людей [19].

Несмотря на множество альтернативных методов контроля, наиболее полную информацию об иммуногенной активности вакцины можно получить только при испытании на животных, для которых она предназначена (целевых животных). При выборе вакцины особое внимание обращают на безопасность препарата и длительность иммунитета у животных.

Комитет экспертов ВОЗ по бешенству для специфической профилактики этой болезни рекомендует использование культуральных вакцин, полученных на основе вакцинных вирусов адаптированных к репродукции в клеточных системах [20].

Предварительно у животных были взяты пробы сывороток крови, с целью изучения иммунного фона. В результате определения ВНА в сыворотках крови отобранных в крестьянском хозяйстве «Мади» Жамбылского района Алматинской области, установлено, что у животных при постановке РН антитела к вирусу бешенства не обнаружены.

Тогда как у животных крестьянского хозяйства «Ильяс» Аккольского района Акмолинской области, выявлены антитела к вирусу бешенства из 20 проб КРС, положительные результаты показали 12 проб в титрах ( $\text{Ц} - 1:2$ ). В сыворотках крови взятых у овец обнаружены антитела к вирусу бешенства в 13 пробах в титрах ( $\text{Ц} - 1:2$ ). Согласно разработанной нормативно-технической

документации (НТД) животные, у которых в организме присутствуют ВНА до вакцинации, могут использоваться для проведения дальнейших испытаний инактивированной вакцины против бешенства животных (НИИПББ) по изучению иммуногенной (антигенной) активности. У таких животных после вакцинации титр ВНА увеличивается на порядок.

Иммуногенную активность определяли по способности вакцины вызывать образование антирабических вируснейтрализующих антител в организме вакцинированных животных. С этой целью нами была проведена вакцинация в выше указанных дозах в зависимости от вида животного. На 28 сут, после вакцинации были взяты пробы сывороток крови от 5 групп животных состоящих из 20 голов лошадей, 40 голов КРС, 40 голов овец, 20 голов собак и 20 голов кошек для определения иммуногенной активности путем определению уровня ВНА в РН. Результаты проведенных исследований представлены на графике (рисунок 1).

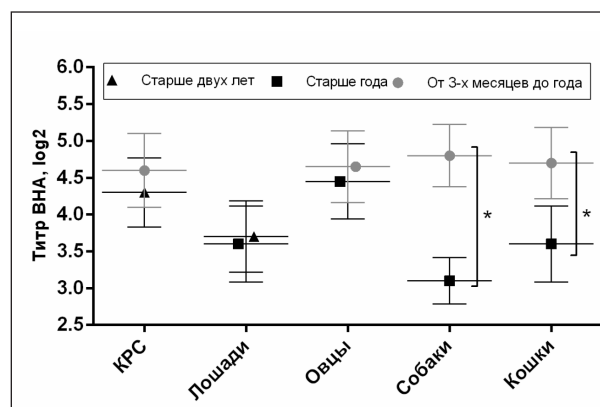


Рисунок 1 – Среднегеометрический титр ВНА в сыворотках крови вакцинированных животных на 28 сут.

По данным Пуревхуу Ц. при изучении иммуногенных свойств инактивированной вакцины против вируса бешенства из штамма ВНИИЗЖ после вакцинации КРС и собак подкожным и внутримышечным методами при постановке РН уровень антирабических антител у КРС составил  $3,50 \div 4,33 \log_2$ , у собак  $3,50 \div 5,50 \log_2$ . При этом наиболее выраженный иммунитет формировался при внутримышечном введении вакцины, чем при подкожном методе [21].

В наших исследованиях у животных, находящихся в опыте в течение 28 сут не наблюдалось каких-либо физиологических изменений, т.е. животные оставались клинически здоровыми.



В исследовании по определению титра ВНА у вакцинированных животных 5-ти групп между взрослыми и молодыми животными существенной разницы не установлено, у овец титр ВНА составлял  $4,47 \div 4,63 \log_2$  ( $p < 0,19$ ), КРС титр ВНА составлял  $4,33 \div 4,55 \log_2$  ( $p = 0,05$ ) и лошадей титр ВНА составлял  $3,56 \div 3,67 \log_2$  ( $p > 0,64$ ), в группах кошек и собак (молодые против взрослых) отмечена существенная разница титр ВНА составлял  $3,53 \div 4,75 \log_2$  и  $3,12 \div 4,87 \log_2$  соответственно ( $*p < 0,0001$ ). Все данные представлены в виде среднего значения  $M \pm$  стандартная ошибка.

Согласно международным стандартам принято считать, что если уровень титра ВНА составляет 0,5 МЕ, то животное защищено от заражения уличными вариантами вируса бешенства. При этом 0,5 МЕ эквивалентно титру ВНА 1:8-1:16, что составляет 3-4  $\log_2$  [22].

Исходя из этого, полученные нами результаты согласуются с литературными данными Пуревхуу Ц. по методу введения вакцины и иммуногенным свойствам.

Таким образом, в результате проведенных производственных испытаний, установлено,

что инактивированная вакцина против бешенства животных (НИИПББ) является иммуногенной для домашних и сельскохозяйственных животных. На разработанную вакцину получено регистрационное удостоверение под № РК-ВП-1-3102-16 и включен в реестр ветеринарных препаратов Республики Казахстан.

### Заключение

Разработанная инактивированная вакцина против бешенства животных (НИИПББ) является иммуногенной для лошадей, КРС, овец, собак и кошек с образованием у вакцинированных животных ВНА в титрах не менее 3  $\log_2$ , что соответствует требованиям НТД на вакцину и международным стандартам, предъявляемым Европейской Фармакопеей при разработке вакцин против вируса бешенства.

Вакцина успешно прошла производственные испытания по определению иммуногенности на целевых животных. На разработанную вакцину получено регистрационное удостоверение, что позволяет реализовывать данную вакцину на внутреннем рынке биопрепаратов.

### Литература

- 1 Vos A., Neubert A., Ylano O. A. An update on safety studies of SAD B19 rabies virus vaccine in target and non-target species // *Epidemiol. Infect.* – 1999. – Vol. 123, No. 1. – P. 165-175. PMID: 10487653
- 2 Арутюнова И.П. Особенности эпизоотологического процесса бешенства в Курской области: автореф. дис. ... канд. вет. наук. – Курск, 1999. – с.19
- 3 Джупина С.И. Клиническое проявление бешенства у животных // *Ветеринария.* – 2002. – №6. – С.9-10.
- 4 Недосеков В.В. Современные вакцины против бешенства животных // *Ветеринария.* – 2001. – №8. – С.23-25.
- 5 Preto A.A., Fernandes M.J., Hayashi Y., Germano P.M.L., Burer S.P. Preparation of rabies vaccine PV/BHK in oil emulsion and evaluation of immunogenic power in bovines // *Arg. Biol. Tecnol.* – 1991. – Vol. 34, No. 314. – P. 609-616.
- 6 Мурзакаева Г.К. Эпизоотическая эффективность оральной иммунизации диких, домашних плотоядных при бешенстве // *Материалы Межд. научно-практ. конф. «Костанайского госуниверситета им. А. Байтурсынова».* 2013. – Ч. 1. – С. 126-129.
- 7 Аксенова Т.А. Культивирование вакцинного вируса бешенства в линиях перевиваемых клеток зеленой мартышки // *Вопросы вирусологии.* – 1991. – №5. – 432 с.
- 8 Горшкова Т.О. Технологические разработки инактивированной антирабической вакцины // *Материалы Межд. научно-практ. конф.* – Покров, 2001. – С. 57-59.
- 9 Недосеков В.В. Разработка способа технологического контроля при производстве антирабических вакцин // *Материалы Межд. научно-практ. конф.* – Покров, 2001. – С. 59-61.
- 10 Bellinger D.A., Chang J., Bunn T.O., Pick J.R., Murphy M., Rahija R. Rabies induced in a cat by high-egg-passage Flury strain vaccine // *J. Am. Vet. Med. Assoc.* – 1983. – Vol. 183, No. 9. – P. 997-998. PMID: 12002593
- 11 Esh J.B., Cunningham J.G., Wiktor T.J. Vaccine-induced rabies in four cats // *J. Am. Vet. Med. Assoc.* – 1982. – Vol. 180, No. 11. – P. 1336-1339. PMID: 7096177
- 12 Fehlner-Gardiner C., Nadin-Davis S., Armstrong J., Muldoon F., Bachmann P., Wandeler A. Era vaccine-derived cases of rabies in wildlife and domestic animals in Ontario, Canada, 1989-2004 // *J. Wildl. Dis.* – 2008. – Vol. 44, No. 1. – P. 71-85. DOI: 10.7589/0090-3558-44.1.71
- 13 Недосеков В.В. Бешенство животных. – М., 2001. – 303 с.
- 14 Тарашиц М. Г. Бешенство животных. – Минск: Ураджай, 1990. – 136 с.
- 15 Жилин Е.С. Иммунобиологическая характеристика вируса бешенства штамма «VRC-RZ2» адаптированного к перевиваемым культурам клеток сирийского хомяка // *Материалы Межд. научно-практ. конф. «Развитие международного сотрудничества в области изучения инфекционных заболеваний».* – Ульяновск, 2006. – С. 72-75.

16 Пухова Н.М. Универсальная антирабическая вакцина для животных и критерии ее эффективности // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. 2011. – Т. 13. – №5(3). – С. 175-177.

Санитарные правила по устройству, оборудованию и содержанию экспериментально-биологических клиник (вивариев) № 8.01.004.97. – Введ. 1997–08–19. – Казахстан, 1997

Каплан М.М. Производство лечебной антирабической сыворотки на животных / Методы лабораторных исследований по бешенству. – Женева, 1975. – С. 295-300.

Мурзакаева Г.К. Разработка региональной программы по профилактике и борьбе с бешенством сельскохозяйственных, домашних и диких животных: дис. ... доктора философии (PhD) – Костанай, 2015. – С. 85.

Корпусова Т.И. Культивирование вирусов болезни Ауески и бешенства в суспензии клеток ВНК-21/2 – 17 без смены ростовой среды // Пробл. инфекц. патологии с.-х. животных. – Владимир, 1997. – 112 с

Пуревхуу Ц. Культуральная инактивированная вакцина против бешенства из штаммов «ВНИИЖ» и «ЕРА»: автореф. дис. ... канд. вет. наук. – Владимир, 2005. – С. 21-22.

Баньковский Д.О. Иммунобиологические свойства штамма ERA G333 вируса бешенства для изготовления оральной антирабической вакцины: автореф. дисс. ... канд. вет. наук. – Щелково, 2010. – С. 20.

## References

1 Vos A., Neubert A., Ylano O. A. (1999) An update on safety studies of SAD B19 rabies virus vaccine in target and non-target species, *Epidemiol. Infect.*, 123(1):165-175. PMID: 10487653

2 Arutyunov IP, (1999) Features rabies epidemiological process in the Kursk region [Osobennosti jepizootologicheskogo processa beshenstva v Kurskoj oblasti]. Dissertation of PhD of veterinary sciences. Kursk, Russia, P.19. (In Russian)

3 Dzhupina SI (2002) Clinical manifestation of rabies in animals, *Veterinary science* [Klinicheskoe projavlenie beshenstva u zhivotnyh, Veterinarija] 6: 9-10. (In Russian)

4 Nedosekov VV (2001) Current vaccines against rabies, *Veterinary science* [Sovremennye vakciny protiv beshenstva zhivotnyh. Veterinarija]. 8: 23-25. (In Russian)

5 Preto AA (1991) Preparation of rabies vaccine PV/BHK in oil emulsion and evaluation of immunogenic power in bovines, *Arg. Biol. Tecnol.*, 34(314):609-616.

6 Murzakaeva GK (2013) Epizootic effectiveness of oral immunization of wild carnivores at home furious, *Materials of Int. Scient. Conf. "Kostanai State University them. A. Baitursynov"* [Jepizooticheskaja jeffektivnost' oral'noj immunizacii dikih, domashnih plotojadnyh pri beshenstve. Materialy Mezhd. nauchno-prakt. konf. «Kostanajskogo gosuniversiteta im. A. Bajtursynova»] 1:126-129. (In Russian)

7 Aksenova TA (1991) The cultivation of rabies virus vaccine in cell lines transplanted of green monkey, *Questions of Virology* [Kul'tivirovanie vakcinnogo virusa beshenstva v linijah perevivaemyh kletok zelenoj martyshki. Voprosy virusologii] 5:432. (In Russian)

8 Gorshkov TS (2001) Technological developments inactivated rabies vaccine, *Materials of Int. Scient. Conf. Pokrov* [Tehnologicheskie razrabotki inaktivirovannoj antirabicheskoj vakciny. Materialy Mezhd. nauchno-prakt. konf. Pokrov] :57-59. (In Russian)

9 Nedosekov VV (2001) Development of the method of process control in the production of rabies vaccines, *Materials of Int. Scient. Conf. Pokrov* [Razrabotka sposoba tehnologicheskogo kontrolja pri proizvodstve antirabicheskikh vakcin. Materialy Mezhd. nauchno-prakt. konf. Pokrov] :59-61. (In Russian)

10 Bellinger DA (1983) Rabies induced in a cat by high-egg-passage Flury strain vaccine, *J. Am. Vet. Med. Assoc.*, 183(9):997–998. PMID: 12002593

11 Esh JB (1982) Vaccine-induced rabies in four cats, *J. Am. Vet. Med. Assoc.*, 180(11):1336–1339. PMID: 7096177

12 Fehlner-Gardiner C (2008) Era vaccine-derived cases of rabies in wildlife and domestic animals in Ontario, Canada, 1989–2004, *J. Wildl. Dis.*, 44(1):71–85. DOI: 10.7589/0090-3558-44.1.71

13 Nedosekov VV (2001) Rabies animals [Beshenstvo zhivotnyh]. Moscow, Russia, pp.303. (In Russian)

14 Taraschys MG (1990) Rabies animals [Beshenstvo zhivotnyh]. Minsk, Uradzhay, pp.136. (In Belarus)

15 Zhilin ES (2006) Immunobiological characterization of the rabies virus strain «VRC-RZ2» adapted to a continuous culture of cells of the Syrian hamster, *Materials of Int. Scient. Conf. "Development of international cooperation in the area of infectious diseases"*, Ulyanovsk [Immunobiologicheskaja harakteristika virusa beshenstva shtamma «VRC-RZ2» adaptirovannogo k perevivaemym kul'turam kletok sirijskogo homjaka. Materialy Mezhd. nauchno-prakt. konf. «Razvitie mezhdunarodnogo sotrudnichestva v oblasti izuchenija infekcionnyh zabojevanij». Ul'janovsk] :72-75. (In Russian)

16 Pukhov NM 2011 Universal rabies vaccine for animals and the criteria for its effectiveness, *Bulletin of Samara Scientific Center of the Russian Academy of Sciences.* [Universal'naja antirabicheskaja vakcina dlja zhivotnyh i kriterii ee jeffektivnosti, Izvestija Samarskogo nauchnogo centra Rossijskoj akademii nauk] 5(3):175-177. (In Russian)

17 Sanitary rules on the device, equipment and maintenance of experimental and biological clinics (vivariums) № 8.01.004.97. [Sanitarnye pravila po ustrojstvu, oborudovaniju i soderzhaniju jeksperimental'no-biologicheskikh klinik (vivariev)]. Astana, Kazakhstan, 1997. (In Russian)

18 Kaplan MM (1975) Manufacture of medical anti-rabies serum animal "Methods of laboratory research on rabies." [Proizvodstvo lechebnoj antirabicheskoj syvorotki na zhivotnyh «Metody laboratornyh issledovanij po beshenstvu» ]. Zheneva, pp. 295-300. (In Russian)

19 Murzakaeva GK (2015) The development of a regional program for prevention and control of rabies agricultural, domestic and wild animals [Razrabotka regional'noj programmy po profilaktike i bor'be s beshenstvom sel'skhozjajstvennyh, domashnih i dikih zivotnyh] Dissertation of PhD of Philosophy sciences. Kostanay, Kazakhstan, pp.85. (In Russian)

20 Korpusov TI (1997) Culture of Aujeszky's disease virus and rabies cells in suspension BHK-21/2 – 17 without change of growth medium In The problem of infectious diseases of farm animals [Kul'tivirovanie virusov bolezni Aueski i beshenstva v suspenzii kletok BHK-21/2 – 17 bez smeny rostovoj sredy, Problema infekcionnoj patologii sel'skhozjajstvennyh zivotnyh] Vladimir, Russia, pp.112. (In Russian)

21 Purevhuu C (2005) The culture inactivated rabies vaccine from strains “ARSRIF” and “EPA” [Kul'tural'naja inaktivirovanaja vakcina protiv beshenstva iz shtammov «VNIIZh» i «ERA»] Abstract of PhD of veterinary sciences. Vladimir, Russia, pp.21-22. (In Russian)

22 Bankovsky DO (2010) Immunobiologicheskyy properties ERA G333 strain of rabies virus for the manufacture of an oral rabies vaccine [Immunobiologicheskie svoystva shtamma ERA G333 virusa beshenstva dlja izgotovleniya oral'noj antirabicheskoy vakciny]. Abstract of PhD of veterinary sciences, Schelkovo, Russia, pp.20. (In Russian)

## МАЗМҰНЫ – СОДЕРЖАНИЕ

### 1-бөлім      Раздел 1 Ботаника      Ботаника

*Айменова Ж.Е., Дигель И.Э., Ешибаев А.А.*  
Динамика накопления лагохирзина в фитомассе *Lagochilus setulosus* в течение вегетационного периода и особенности возделывания в условиях типичного серозема ..... 4

*Аметов А.А., Мухитдинов Н.М., Абидкулова К.Т., Караиолакова Л.Н., Ыдырыс А.*  
Характеристика растительных сообществ с участием *Lonicera iliensi* S Rojark. в условиях среднего течения реки Или..... 12

*Музыкакина Р.А., Курбатова Н.В., Корулькин Д.Ю.*  
Компонентный состав и биологическая активность полифенольных метаболитов *Rumex tianschanicus* A. Los. .... 22

*Дарбаева Т.Е., Альжанова Б.С., Бохорова С.Н., Чукалина О.Н.*  
Исторический анализ флоры пойменных лесов бассейна реки Урал в пределах Западно-Казахстанской области ..... 32

### 2-бөлім      Раздел 2 Зоология      Зоология

*Акоев М.Т., Кенжегалиев А.М., Есенбекова П.А.*  
Дендробионты (Heteroptera, Pentatomidae) особо охраняемых природных территорий Юго-Восточного Казахстана .... 42

### 3-бөлім      Раздел 3 Өсімдіктер физиологиясы      Физиология и биохимия және биохимиясы      растений

*Aytasheva Z.G., Baiseitova S.K., Zhumabayeva B.A., Dzhangalina E.D., Baqytbek Zh.*  
University common bean collection and its amino acid composition in seeds..... 52

*Булатова К.М., Юсаева Д.А., Гаврилова О.А., Мазкират Ш.*  
Характеристика коллекций инбредных линий подсолнечника по элементам продуктивности и качественным показателям семян ..... 62

### 4-бөлім      Раздел 4 Адам және жануарлар      Физиология человека физиологиясы      и животных

*Атанбаева Г.Қ., Кенжебек Р.Б., Төлеуханов С.Т., Әбдірешов С.Н., Мәуленбаев А.Ә., Дәулет Г.*  
Егеуқұйрықтардың қан жасушаларынан қорғасын, мырыш, кадмий тұздарының қосындысының әсерін зерттеу ..... 76

### 5-бөлім      Раздел 5 Молекулалық биология      Молекулярная биология және генетика      и генетика

*Ниязова Р.Е., Атамбаева Ш.А., Пинский И.В., Иващенко А.Т., Лабейт З.Б.*  
МикроРНК и гены, связанные с артериальной гипертензией ..... 86

*Ниязова Р.Е., Пинский И.В., Атамбаева Ш.А., Пыркова А.Ю., Иващенко А.Т., Лабейт З.Б.*  
МикроРНК и гены, связанные с развитием атеросклероза..... 100

---

**6-бөлім    Раздел 6**  
**Микробиология    Микробиология**

*Кирбаева Д.К., Садвакасова А.К., Акмуханова А.К., Заядан Б.К., Сейсетаева Т.Н., Ерсін М.Қ., Кultaева А.Т.*  
Бірлесіп өскен *Chlorella* биомассасының биологиялық белсенді қоспа ретінде микроорганизмдер клеткаларының өсуіне әсерін зерттеу ..... 116

*Таранов Д.С., Булатов Е.А., Жугунисов К.Д., Ершебулов З.Д., Кондибаева Ж.Б., Аманова Ж.Т., Абдураимов Е.О., Хайруллин Б.М.*  
Производственные испытания иммуногенной активности инактивированной вакцины против вируса бешенства животных ..... 124

---

## CONTENTS

### Section 1 Botany

- Aimenova Zh.E., Digel I.E., Eshibaev A.A.*  
Dynamics of accumulation of lagochirzin in *Lagochilus setulosus* phytomass during the growing season and also features of its cultivation in the conditions of a typical sierozem ..... 4
- Ametov A.A., Mukhitdinov N.M., Abidkulova K.T., Karasholakova L.N., Ydyrys A.*  
Characteristics of plant communities with *Lonicera iliensis* Pojark. in the middle flow of the river ili ..... 12
- Muzychkina R.A., Kurbatova N.V., Korulkin D.Yu.*  
Component composition and biological activity of polyphenolic metabolites of *Rumex tianschanicus* A. Los ..... 22
- Darbaeva T.E., Alzhanova B.C., Bokhorova S.N., Chukalina O.N.*  
The historical analysis of flora on the floodplain forests in the basin of the river Ural within the West Kazakhstan area ..... 32

### Section 2 Zoology

- Akoev M.T., Kenzhegaliev A.M., Esenbekova P.A.*  
Dendrobionts bedbags (Heteroptera, Pentatomidae) of the especially protected natural territories of the South-East Kazakhstan ..... 42

### Section 3 Plants Physiology And Biochemistry

- Aytasheva Z.G., Baiseitova S.K., Zhumabayeva B.A., Dzhangalina E.D., Baqytbek Zh.*  
University common bean collection and its amino acid composition in seeds ..... 52
- Bulatova K.M., Yusaeva D.A., Gavrilova O.A., Mazkirat Sh.*  
Characterization of sunflower inbred lines collections on seeds quality traits and elements of productivity ..... 62

### Section 4 Human and Animal Physiology

- Atanbaeva G.K., Kenzhebek R.B., Toleuhanov S.T., Abdreshov S.N., Mautenbaev A.A., Daulet G.*  
Researching of the effect of cadmium, lead, zinc salts to the blood cells of rats ..... 76

### Section 5 Molecular biology and Genetics

- Nijazova R.E., Atambaeva Sh.A., Pinskiy I.V., Ivashhenko A.T., Labejt Z.B.*  
MicroRNA and genes associated with arterial hypertension ..... 86
- Nijazova R.E., Pinskiy I.V., Atambaeva Sh.A., Pyrkova A.Ju., Ivashhenko A.T., Labejt Z.B.*  
microRNAs and genes associated with the development of atherosclerosis ..... 100

---

**Section 6**  
**Microbiology**

*Kirbayeva D.K., Sadvakasova A.K., Akmuhanova N.R., Zayadan B.K., Seysetayeva T.N., Ersin M.K., Kultaeva A.T.*  
Influence of biomass of the mixed cultures of *Chlorella* as biological active additive on the growth of cells  
of microorganisms..... 116

*Taranov D.S., Bulatov Ye.A., Zhugunissov K.D., Yershebulov Z.D., Kondibaeva Zh.B, Amanova Zh.T.,  
Abduraimov Ye.O, Khirullin B.M.*  
Field trial of an inactivated animal rabies vaccine immunogenicity ..... 127

**УСПЕЙТЕ ПОДПИСАТЬСЯ НА СВОЙ ЖУРНАЛ**

**АКЦИЯ!!!**

**Каждому подписчику  
ПУБЛИКАЦИЯ СТАТЬИ  
БЕСПЛАТНО!!!**

- Акция действительна при наличии квитанции об оплате годовой подписки.
- Статья должна соответствовать требованиям размещения публикации в журнале.
- Статья печатается в той серии журнала, на которую подписался автор.
- Все нюансы, связанные с публикацией статьи, обсуждаются с ответственным секретарем журнала.

---

Издательский дом  
«Қазақ университеті»  
г. Алматы,  
пр. аль-Фараби, 71  
8 (727) 377 34 11, 221 14 65

АО «КАЗПОЧТА»  
г. Алматы,  
ул. Богенбай батыра, 134  
8 (727 2) 61 61 12

ТОО «Евразия пресс»  
г. Алматы,  
ул. Жибек Жолы, 6/2  
8 (727) 382 25 11

ТОО «Эврика-пресс»  
г. Алматы,  
ул. Кожамкулова, 124, оф. 47  
8 (727) 233 76 19, 233 78 50