

ISSN 1563-0218; eISSN 2617-7498
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

EXPERIMENTAL BIOLOGY

№1 (78)

Алматы
«Қазақ университеті»
2019



ХАБАРШЫ

БИОЛОГИЯ СЕРИЯСЫ № 1 (78)

ISSN 1563-0218; eISSN 2617-7498

Индекс 75866; 25866



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

Қуәлік №956-Ж.

Журнал жылына 4 рет жарыққа шығады

ЖАУАПТЫ ХАТШЫ

Сапарғалиева Н.С., б.ғ.к., аға оқытушы (Қазақстан)
e-mail: bb.kaznu.kz@gmail.com

РЕДАКЦИЯ АЛҚАСЫ:

Бисенбаев А.Қ., б.ғ.д., ҚР ҰҒА академигі (ғылыми редактор) (Қазақстан)
Бекманов Б.О., б.ғ.к., доцент (ғылыми редактордың орынбасары) (Қазақстан)
Төлеуханов С.Т., б.ғ.д., профессор (Қазақстан)
Айташева З.Г., б.ғ.д., профессор (Қазақстан)
Кистаубаева А.С., б.ғ.к. (Қазақстан)
Иващенко А.Т., б.ғ.д., профессор (Қазақстан)
Мухитдинов Н.М., б.ғ.д., профессор (Қазақстан)
Нуртазин С.Т., б.ғ.д., профессор (Қазақстан)
Туруспеков Е.К., б.ғ.к., қауымдастырылған профессор (Қазақстан)

Омаров Р.Т., PhD (Қазақстан)
Искаков Б.К., б.ғ.д., профессор (Қазақстан)
Сарбасов Д., PhD, профессор (АҚШ)
Орынбаева З., PhD, профессор (АҚШ)
Курмашева Р.Т., PhD (АҚШ)
Сапарбаев М., PhD, профессор (Франция)
Ищенко А., PhD (Франция)
Лось Д., б.ғ.д., профессор (Ресей)

ТЕХНИКАЛЫҚ ХАТШЫ

Қайрат Б.Қ., биология магистрі (Қазақстан)

Журнал материалдарында ауқымды биологиялық мәселелері қарастырылады – ғылыми шолу, теориялық және эксперименталдық зерттеулердің нәтижелері.

Мақалалар биологияның келесі бөлімдері бойынша жарияланады: ботаника, биотехнология, биохимия, өсімдіктер физиологиясы, генетика және молекулалық биология, клеткалық биология, биофизика, адам және жануарлар физиологиясы, зоология және ихтиология, цитология және гистология, микробиология және вирусология.



ҚАЗАҚ
УНИВЕРСИТЕТІ
Б А С П А Ү Й І

Ғылыми басылымдар бөлімінің басшысы

Гүлмира Шаккозова
Телефон: +7 747 125 6790
E-mail: Gulmira.Shakkozova@kaznu.kz

Редакторлары:

Гүлмира Бекбердиева
Агила Хасанқызы

Компьютерде беттеген

Айгул Алдашева

ИБ № 12722

Пішімі 60x84 $\frac{1}{8}$. Көлемі 12,8 б.т. Офсетті қағаз. Сандық басылыс. Тапсырыс № 1889. 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, 2019

ШОЛУ МАҚАЛАСЫ

REVIEW ARTICLE

ОБЗОРНАЯ СТАТЬЯ

Нуркенов Т.Т.¹, Аскарлова Ш.Н.², Цой А.К.³, Шалахметова Т.М.⁴

¹PhD докторант кафедры биоразнообразия и биоресурсов

КазНУ им. аль-Фараби, Казахстан, г. Алматы, e-mail: nur-t@inbox.ru

²к.б.н., PhD, заведующая Лабораторией биоинженерии и регенеративной медицины, ЧУ «National Laboratory Astana», АОО «Nazarbayev University», Казахстан, г. Астана, e-mail: shaskarova@nu.edu.kz

³PhD., научный сотрудник Лаборатории биоинженерии и регенеративной медицины ЧУ «National Laboratory Astana», АОО «Nazarbayev University», Казахстан, г. Астана, e-mail: andrey.tsoy@nu.edu.kz

⁴д.б.н., профессор кафедры биоразнообразия и биоресурсов

КазНУ им. аль-Фараби, Казахстан, г. Алматы, e-mail: tamara.shalakhmetova@kaznu.kz

**ПЕРСПЕКТИВЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ
МЕЗЕНХИМАЛЬНЫХ СТВОЛОВЫХ КЛЕТОК
В ТЕРАПИИ ИНСУЛЬТА**

В настоящей обзорной статье приводятся и анализируются результаты завершенных и продолжающихся клинических исследований мезенхимальных стволовых клеток (MSC) в качестве безопасной и потенциально эффективной технологии терапии инсульта у людей. Инсульт, как известно, является основной причиной инвалидности трудоспособного населения. От четверти до половины переживших инсульт людей остаются со значительными нарушениями здоровья. Традиционные методы лечения приносят пользу лишь небольшой части пациентов. В настоящее время потенциальной регенеративной стратегией для пациентов с неврологическим дефицитом может служить терапия стволовыми клетками, в том числе, мезенхимальными стволовыми клетками. MSC, как известно, способны к самообновлению и дифференцировке в тканеспецифические клетки, участвуют в развитии, поддержании и восстановлении тканей, что привлекает к ним внимание как к потенциальным источникам в регенеративной терапии многих заболеваний, включая инсульт. MSC, путем включения в индукцию ангиогенеза, стимулируя нейрогенез, иммуномодуляцию, предотвращение апоптоза, могут в значительной степени нивелировать патологические процессы, связанные с развитием инсульта. Анализ доклинических исследований, изучающих эффекты MSC-терапии после ишемического инсульта, показывает, что MSC благотворно влияют на восстановление от инсульта.

Ключевые слова: инсульт, мезенхимальные стволовые клетки, регенеративная терапия, терапия стволовыми клетками, растительные антиоксиданты.

Nurkenov T.T.¹, Askarova Sh.N.², Tsoy A.K.³, Shalakhmetova T.M.⁴

¹PhD-doctorate, Department of Biodiversity and Bioresources,

Al-Farabi KazNU, Kazakhstan, Almaty, e-mail: nur-t@inbox.ru

²C.Bi.Sci., PhD, Head of the Laboratory of Bioengineering and Regenerative Medicine,

National Laboratory of Astana, Nazarbayev University, Kazakhstan, Astana, e-mail: shaskarova@nu.edu.kz

³PhD., Researcher of the Laboratory of Bioengineering and Regenerative Medicine,

National Laboratory of Astana, Nazarbayev University, Kazakhstan, Astana, e-mail: andrey.tsoy@nu.edu.kz

⁴D.Bi.Sci., professor, Department of Biodiversity and Bioresources,

Al-Farabi KazNU, Kazakhstan, Almaty, e-mail: tamara.shalakhmetova@kaznu.kz

Prospects for the use of mesenchymal stem cells in stroke therapy

This review article presents and analyzes the results of completed and ongoing clinical studies of mesenchymal stem cells (MSC) as a safe and potentially effective technology for treating stroke in humans. Stroke is known to be the main cause of disability of the working population. Between a quarter and half of stroke survivors are people with significant health problems. Traditional treatments benefit only a small fraction of patients. Currently, stem cell therapy, including mesenchymal stem cells, can

serve as a potential regenerative strategy for patients with neurological deficit. MSCs are known to be capable of self-renewal and differentiation into tissue-specific cells, are involved in the development, maintenance and repair of tissues, which draws attention to them as potential sources in the regenerative therapy of many diseases, including stroke. MSC, by including in the induction of angiogenesis, stimulation of neurogenesis, immunomodulation, prevention of apoptosis, can largely offset the pathological processes associated with the development of stroke. An analysis of preclinical studies examining the effects of MSC therapy after ischemic stroke shows that MSC has a beneficial effect on recovery from stroke.

Key words: stroke, mesenchymal stem cells, regenerative therapy, stem cell therapy, herbal antioxidants.

Нуркенов Т.Т.¹, Аскарлова Ш.Н.², Цой А.К.³, Шалахметова Т.М.⁴

¹биоалуанүрлілік және биоресурстар кафедрасының PhD-докторанты,

әл-Фараби атындағы Қазақ ұлттық университеті, Қазақстан, Алматы қ., e-mail: nur-t@inbox.ru

²б.ғ.к., PhD, Биоинженерия және реанимациялық медицина зертханасының меңгерушісі,

«Астана ұлттық зертханасы», «Назарбаев Университеті», Қазақстан, Астана қ., e-mail: shaskarova@nu.edu.kz

³PhD., Биоинженерия және регенеративті медицина зертханасының ғылыми қызметкері,

«Астана ұлттық зертханасы», «Назарбаев Университеті», Қазақстан, Астана қ., e-mail: andrey.tsouy@nu.edu.kz

⁴б.ғ.д., биоалуанүрлілік және биоресурстар кафедрасының профессоры,

әл-Фараби атындағы Қазақ ұлттық университеті, Қазақстан, Алматы қ., e-mail: tamara.shalakhmetova@kaznu.kz

Инсультті емдеуде мезенхималды бағаналы жасушаларды қолдану болашағы

Бұл мақалада мезенхималды бағаналы жасушалардың (MSC) аяқталған және жалғасып келе жатқан клиникалық зерттеулерінің нәтижелері адамға инсультті емдеу үшін қауіпсіз және ықтимал тиімді технология ретінде қарастырылады және талданады. Инсульт жұмысқа жарамды халықтың мүгедектігінің негізгі себебі болып табылады. Инсульттан аман қалғандар ішінде төрттің бірінен жартысына дейін айтарлықтай денсаулыққа қатысты мәселелері бар адамдар. Дәстүрлі емдеу тәсілдері пациенттердің аз ғана бөлігіне пайдалы болып табылады. Қазіргі уақытта бағаналы жасушалар терапиясы, оның ішінде мезенхималды бағаналы жасушалар неврологиялық тапшылығы бар науқастар үшін әлеуетті регенеративті стратегия ретінде қызмет етуі мүмкін. MSC өздігінен жаңартылуына және тінге тән жасушаларға саралануына қабілетті екендігі белгілі, олар тіндерді дамытуға, күтуге және жөндеуге қатысады, олар көптеген аурулардың, соның ішінде инсульттің регенеративті терапиясында әлеуетті көздер ретінде қарастырады. MSC ангиогенезді индукциялауына қатысып, нейрогенез бен иммуномодуляцияны ынталандыру, апоптоздың алдын алу арқылы, инсультты дамытуға байланысты патологиялық процестерді өтей алады. Инсульттан кейінгі МСК терапиясының әсерін зерттейтін преคลินิกлық зерттеулерді талдау МСК-ның инсульттан қалпына келтіруге оң әсері бар екенін көрсетеді.

Түйін сөздер: инсульт, мезенхималды бағаналы жасушалар, қалпына келтіру терапиясы, бағаналы жасушалар терапиясы, шөптік антиоксиданттар.

Введение

Инсульт – вторая по распространенности причина смерти [1] и основная причина инвалидности, приобретенной взрослыми во всем мире [2, 3]. По оценкам ВОЗ, прямые и косвенные затраты на диагностику, лечение и реабилитацию больных инсультом составляют более 50 млрд. долларов США в год только в Соединенных Штатах [4]. В настоящее время единственным эффективным лекарственным средством, одобренным для лечения острого ишемического инсульта, является рекомбинантный тканевой активатор плазминогена (tPA) [5, 6]. К сожалению, временное окно для терапевтического применения tPA составляет всего 4,5 часа, и в результате только 1 из 20 пациентов с острым ишемическим

инсультом в настоящее время получают эту терапию в Соединенных Штатах [7]. Более того, примерно половина пациентов, которые получают tPA, имеют значительную продолжительную инвалидность. В связи с этим, во всем мире осуществляется поиск и разработка новых методов лечения с целью снижения инвалидности от инсульта. Одной из них является реабилитационная терапия с использованием мезенхимальных стволовых клеток (MSC).

MSC – мультипотентные стромальные клетки представляют собой взрослые негемопоэтические плюрипотентные клетки, которые вовлекаются в клеточную терапию благодаря множеству путей их действия на патологические процессы, происходящие во время инсульта в центральной нервной системе (ЦНС) [8].

Мезенхимальные стромальные клетки получают из нескольких источников, прежде всего, из костного мозга, а также из тканей, которые включают жировую, пуповинную кровь, плацентарную ткань, зубные зачатки и печеночную ткань [9, 10]. Мезенхимальные стромальные клетки могут дифференцироваться в несколько мезодермальных линий и при определенных условиях также могут дифференцироваться в клетки, которые обладают фенотипическими характеристиками нейронов, глии и эндотелия [11, 12, 13]. Имеющиеся данные свидетельствуют о том, что MSC способствуют восстановлению функции мозга после инсульта и делают это с помощью нескольких различных механизмов, таких как трансдифференцировка, индукция нейрогенеза и ангиогенеза, нейропротекция и активация эндогенных нейровосстановительных процессов [14]. В данном обзоре рассматривается обширный опыт в области терапии на основе применения MSC, в том числе их обнадеживающий профиль безопасности в доклинических и клинических исследованиях, где основное внимание уделяется лечению ишемического инсульта, особенно в отношении восстановления после его развития.

Терапевтическое применение мезенхимальных стволовых клеток

Трансплантация MSC у пациентов началась в 1995 году, причем в большинстве ранних исследований основное внимание уделялось потенциальным преимуществам аутологичных MSC при использовании гемопоэтических стволовых клеток в условиях гематологической злокачественности. При этом трансплантация способствовала ускорению восстановления гемопоэза, восстанавливая кроветворную среду, уменьшала риск отторжения трансплантата и заболеваемость острой РТПХ (трансплантат против хозяина) [15]. Отсутствие побочных эффектов позволило использовать MSC у пациентов с другими патологиями [16]. В настоящее время изучается потенциальная терапевтическая роль MSC при ряде заболеваний: рассеянном склерозе, инфаркте миокарда, диабете 1 типа [15, 17]. Из-за способности MSC дифференцироваться в различные виды кардиомиоцитов (сократительные, пейсмекерные, проводящие, секреторные) *in vitro*, а также надежной секрецией ими биоактивных молекул, стало возможным их применение для лечения инфаркта миокарда на разных стадиях [15]. Многие клинические ис-

следования показали значительное улучшение функции желудочков после внутрикоронарной инъекции MSC при остром инфаркте миокарда [16]. Однако остается открытым вопрос, связаны ли эти результаты с прямой интеграцией MSC в миокард или с паракринными эффектами выделяемых ими БАВ. Исследователям предстоит решить данные вопросы, а также, помимо прочего, установить безопасность и эффективность MSC при сердечно-сосудистых заболеваниях.

Наиболее значимое клиническое применение MSC на сегодняшний день установлено при реакции «трансплантат против хозяина» (РТПХ). У 40% детей, которые получают аллогенные трансплантаты костного мозга, иммунные клетки в трансплантированном материале могут атаковать клетки хозяина. Это зачастую приводит к угрожающим жизни осложнениям, поэтому, чаще всего, они получают иммуносупрессивные препараты, например, кортикостероиды [18]. У пациентов, невосприимчивых к методам лечения на основе стероидов, стали применять MSC в связи с обнаруженными у них иммуномодулирующими эффектами к трансплантату. В 2012 году терапия на основе MSC была официально одобрена для использования у детей с РТПХ в Канаде и Новой Зеландии [15]. Данная терапия стволовыми клетками для системного заболевания показала клинически значимые результаты у 64% пациентов. Необходимость такой терапии исходит из того факта, что уровень смертности от РТПХ, устойчивой к стероидам, достигает 85% [18]. Одобрение MSC для лечения РТПХ свидетельствует не только об их безопасности, но и способности эффективной терапии заболевания, не поддающегося традиционным методам лечения. Исходя из данных наблюдений, можно предположить, что терапевтический потенциал MSC вскоре будет реализован для многих заболеваний.

Механизмы действия мезенхимальных стволовых клеток в терапии инсульта

Экспериментальное обоснование использования MSC в терапии инсульта включает в себя ряд различных механизмов действия, таких как дифференциация на различные типы клеток, необходимых для восстановления, модуляция иммунной системы, индукция ангиогенеза и нейрогенеза, секреция нейропротекторных и нейротрофических факторов [15]. Общим для эффектов MSC в ЦНС и других тканях является их способность избирательно воздействовать на

области повреждений. Поэтому взрослые стволовые клетки могут быть хорошим выбором для терапии инсульта, поскольку они секретируют разнообразные биологически активные вещества, включая трофические факторы и внеклеточные везикулы (EVs, круговые мембранные фрагменты размером 0,1-1 мкм, отделившиеся с поверхности клетки), в поврежденный мозг, вызывая нейрогенез, ангиогенез и синаптогенез [19-21]. Кроме того, как было отмечено, трансплантируемые MSC **вызывают ослабление воспаления** [22], уменьшение толщины рубца [23], усиление аутофагии [24], нормализацию метаболических профилей [25] и, возможно, замену поврежденных клеток [26] при различных заболеваниях головного мозга.

Критическим ограничением терапии взрослыми стволовыми клетками при инсульте является отсутствие полного понимания механизма действия, опосредующего наблюдаемые терапевтические преимущества. Эмбриональные стволовые клетки (ESCs) и индуцированные плюрипотентные стволовые клетки (iPSCs) могут заменить недостающие клетки головного мозга в области инфаркта [19]. Однако установлено, что существуют препятствия, связанные с истинной заменой нейронов для восстановления нейронной функции после инсульта [27], а терапия ESC/iPSC может приводить к образованию опухолей. Более того, доклинические исследования показали, что большинство трансплантированных клеток исчезают из ткани мозга в течение нескольких недель [28].

Первоначальные исследования *in vitro* показали, что MSC способны дифференцироваться в клетки множественных зародышевых линий, включая нейронные и глиальные клетки, что приводит к надежде на то, что трансдифференцировка трансплантированного MSC может сыграть роль в улучшении результатов после инсульта [13, 29]. *In vitro* также было описано дифференцирование MSC в эндотелий. Несколько групп ученых описали экспрессию нейронных и глиальных маркеров MSC в ЦНС после трансплантации при инсульте в моделях на грызунах [30, 31, 32]. Также сообщалось об экспрессии белка, связанного с рецептором гамма-аминомасляной кислоты, белка синаптического рецептора [33]. Однако доказательств того, что MSC становятся полноценными функциональными заменами для нейронов или глии, отсутствуют. Например, MSC не образуют каналы с ионным возбуждением, необходимые для генерации потенциалов действия [34], а

улучшение поведенческого результата, обнаруженное при введении MSC через 24 часа после начала инсульта, не сопровождается уменьшением объема инфаркта, вопреки ожиданиям [14, 35, 36]. По-видимому поведенческое состояние окончательно улучшается на основе нейронной пластичности без сопутствующего уменьшения объема инфаркта [37, 38]. В целом вопрос о том, дифференцируются ли MSC непосредственно в нейроны и глиальные клетки, которые заменяют поврежденную ткань ЦНС после инсульта, предстоит доказать [29, 39].

Существует мнение, что участие MSC в восстановлении после инсульта связано с повышенной пролиферацией клеток в субвентрикулярной и субгранулярной зонах, что предполагает мобилизацию эндогенных предшественников нейронов. Это подтверждает важную роль MSC в пролиферации, дифференцировке и миграции новых нейронов из первичного источника в поврежденные участки. Значительное увеличение новых клеток присутствует в субвентрикулярной зоне после ишемии и еще более усиливается при лечении MSC [31, 40]. Паракринная секреция MSC способствует выживанию некоторых клеток мозга, включая нейроны, и способствуют пролиферации других клеток, например, глии [41]. MSC также может ограничить вторичную нейродегенерацию после инсульта [42]. Интересен тот факт, что MSC могут увеличивать пластичность неповрежденных нейронов и активировать астроглиальные клетки, чтобы индуцировать секрецию нейропротекторных молекул. MSC устойчиво и специфически повышают уровень нейротрофического фактора глиальных клеток в культуре астроцитов *in vitro* [43]. Установлено, что MSC после трансплантации через кровь достигают область ишемического мозга и активируют гены, экспрессия которых усиливает нейрогенерацию, ангиогенез и синаптогенез [44]. Кроме того, обнаружено, что компоненты внеклеточного матрикса, такие как фибронектин, секретируемый MSC, могут также способствовать выживанию и синаптогенезу нейронов окружающей зоны (пенумбры), что указывает на другие функциональные возможности MSC в ЦНС, кроме замены клеток [45]. Можно заключить, что эти результаты подтверждают роль MSC в регуляции числа клеток после инсульта, независимо от того, включает ли это прямую замену погибших клеток или косвенные механизмы репарации повреждения.

Ишемический инсульт вызывает сильный воспалительный ответ, который приводит к по-

следующему привлечению лейкоцитов в зону инфаркта [46]. Мезенхимальные стромальные клетки также являются иммуномодулирующими, в частности, были обнаружена способность ослаблять как врожденные, так и адаптивные иммунные ответы. Кроме того, воздействие MSC на цитокины, такие как интерферон- γ , способствует иммунорегуляторному фенотипу MSC, что приводит к дальнейшему подавлению Т-клеток или естественных клеток-киллеров [47]. Эксперименты *in vitro* показали явное снижение пролиферации лейкоцитов и изменений в дифференцировке при сокультивировании с MSC [48].

Важно отметить, что многие из эффектов, которые MSC оказывает на иммунную систему, напрямую связаны с процессами, лежащими в основе нейронного восстановления после инсульта. Например, MSC содействует прекращению воспалительных явлений постинсультной воспалительной среды, которая может препятствовать восстановлению, и может смещать профили макрофагов на те, которые более благоприятны для восстановления [49]. Ключевой особенностью трансфузии MSC является отдаленный эффект, который эти клетки могут оказывать на иммунологическую функцию. Например, системно вводимый MSC может быть захвачен в легких, но обладать иммуномодулирующим действием на отдаленные органы, включая мозг [50, 51]. Интересно, что селезенка играет важную роль в опосредовании системного иммунного ответа на ишемический инсульт; спленэктомия приводит к значительному уменьшению нейродегенерации и снижению иммунного ответа после окклюзии средней мозговой артерии (ОСМА) у крыс [52]. Заметное накопление MSC в селезенке после внутривенного введения намекает на возможные роли системной иммуномодуляции здесь [53], хотя эта гипотеза еще не проверена.

Мезенхимальные стромальные клетки экспрессируют молекулы HLA на очень низких уровнях [54]. В результате MSC являются иммунопривилегированными – их активность не меняется в зависимости от степени соответствия МНС между донором и реципиентом. Поэтому многие из их иммуномодулирующих эффектов наблюдаются как в аутологичной, так и в аллогенной обстановке, что предполагает широкое терапевтическое применение. Однако сообщения об иммунных реакциях, стимулируемые MSC, предполагают, что это может быть относительное, а не абсолютное свойство [55], хотя

MSC не показывают признаков иммунологической сенсibilизации в головном мозге при назначении после инсульта [50].

Влияние MSC на иммунный ответ во время инсульта непосредственно исследовали сравнительно немногие работы. Было отмечено снижение рекрутирования макрофагов и активация врожденного иммунного ответа после инсульта [56]. Потребность в таких исследованиях подчеркивается тем фактом, что воздействие MSC на иммунную систему может варьироваться в зависимости от уровня специфического хемокина, условий заболевания и видов [57, 58]. Эта необходимость еще более подчеркивается тем фактом, что, по крайней мере, для MSC, данных в первые дни после начала инсульта, любые эффекты MSC на иммунную систему должны интерпретироваться в контексте состояния иммуносупрессии, которое возникает после инсульта [59].

Считается, что ангиогенез внутри зоны инфаркта и окружающей пенумбры играет ключевую роль в обеспечении выживания и регенерации нейронов после инсульта. Мезенхимальные стромальные клетки выделяют разнообразные цитокины, многие из которых являются проангиогенными. Хотя точные субстанции могут различаться в зависимости от источника клеток, неоднократно описывалась секреция фактора роста эндотелия сосудов (VEGF), основного фактора роста фибробластов и фактора роста плаценты [60, 61]. Интересно, что многие ангиогенные факторы имеют дополнительные нейротрофические свойства. Например, VEGF не только индуцирует ангиогенез, но также является противовоспалительным и способствует рекрутированию и дифференциации эндогенных предшественников нейронов [62]. Широкие эффекты ангиогенных молекул могут поэтому помочь объяснить различные терапевтические преимущества MSC при инсульте. Кроме того, MSC обладают сходством с перицитами, которые могут позволить трансплантированным MSC иметь дополнительные роли, связанные с посттравматическим восстановлением нервной системы, такие как поддержание сосудистого питания и поддержка нормального взаимодействия перицитов с астроцитами и эндотелием для поддержания целостности гематоэнцефалического барьера [63].

Было обнаружено, что мезенхимальные стромальные клетки, полученные после экспериментального инсульта, выделяют большое количество нейротрофических и нейротрофических

факторов, которые способствуют восстановлению через многочисленные пути. В соответствии с этим введение MSC-кондиционированных носителей воспроизводит многие эффекты прямой трансплантации MSC [64, 65]. Таким образом, MSC служат в качестве платформы доставки для широкого спектра секретируемых молекул, действующих синергически и параллельно по нескольким биологическим путям. Ряд факторов, секретируемых MSC, влияют на выживаемость и пролиферацию клеток после инсульта. Инсульт приводит к некрозу и апоптозу нейронов, эндотелиальных и глиальных клеток. Исследования последовательно обнаружили, что MSC, введенные после инсульта, уменьшают апоптоз и увеличивает пролиферацию нескольких типов клеток, включая эндогенные нейронные стволовые клетки и глию [40, 56, 66]. Это, вероятно, происходит как посредством секреции факторов выживания, так и антиапоптотических факторов и посредством не прямой стимуляции паренхиматозных клеток ЦНС для секреции нейротрофических, нейропротекторных и проолигодендрогенных факторов [31, 67, 68], например, инсулиноподобного фактора роста 1, нейротрофического фактора мозга, эпидермального фактора роста и фактора стволовых клеток [40, 69, 70, 71]. Особенно важным косвенным эффектом MSC при инсульте может быть индукция tPA в астроцитах, что способствует росту нейритов и нейропротекции [72]. Секреция MSC ангиогенных факторов, таких как VEGF, может иметь дополнительную роль в смысле реабилитации [62]. Результатом этой деятельности MSC является увеличение нейрогенеза, улучшение целостности белого вещества и синаптогенез [14].

Источники мезенхимальных стволовых клеток

Большинство исследований на животных по трансплантации MSC при инсульте использовали MSC, полученный из костного мозга, в меньшей степени изучая MSC, полученные из жировой ткани или пуповины [73]. К сожалению, было проведено сравнительно небольшое количество исследований, непосредственно сравнивающих относительную эффективность MSC, полученной из нескольких источников в условиях инсульта. Эти другие источники MSC помимо костного мозга или аллогенных MSC от молодых доноров могут быть привлекательны с учетом очевидного снижения количества и функций MSC из костного мозга у лиц пожилого

возраста. Обе жировая ткань и пуповина являются перспективными источниками MSC. Сообщалось, что стволовые клетки, полученные из жировой ткани (ADSC), обладают некоторыми преимуществами по сравнению с стволовыми клетками, полученными из костного мозга. В экспериментах на мышах, которые подверглись ОСМА с MSC, полученными либо из жировой ткани, либо из костного мозга, было обнаружено, что клетки из жировой ткани не только способствовали уменьшению объема инфаркта головного мозга и неврологического восстановления, но также проявляли большую независимость от донорского возраста [74]. Относительно большое количество ADSC можно отделить от подкожной жировой ткани с минимально инвазивными процедурами.

Для MSC из пуповины были характерны преимущественно секретируемые факторы, связанные с нейропротекцией, нейрогенезом и ангиогенезом [75, 76], а также благоприятные возможности дифференциации и низкий иммунитет. Если предположить, что в будущем в клинике будут использоваться многочисленные источники MSC, необходимо, чтобы дифференцирующая способность, профиль секреции цитокинов и иммуномодулирующие способности MSC, полученные из нескольких тканей, были полностью охарактеризованы и непосредственно сравнивались исходя из результатов.

Трансплантация мезенхимальных стромальных клеток может быть либо аутологичной, или аллогенной. Аутологичная трансплантация имеет небольшой риск иммунореактивности, но требует недель для культивирования и расширения клеток для трансплантации, что серьезно ограничивает их использование в условиях острого заболевания [77]. Кроме того, MSC, полученные от пациентов с хроническими заболеваниями или преклонным возрастом, что характерно для пациентов с инсультом, постоянно демонстрирует снижение темпов роста в культуре [78]. Вместе с тем, иммунопривилегированность MSC предполагает безопасность аллогенного подхода к их использованию после инсульта [79]. Безопасность аллогенной MSC-терапии может быть тесно связана с их кратковременным существованием у хозяина после применения. В подтверждение тому, клинические исследования у людей со многими различными болезненными состояниями установили, что трансплантация аллогенных MSC безопасна [80]. Аллогенные MSC могут быть стандартизированы с точки зрения производства, а также различаться по

степени их пролиферации и нейрореактивной способности, по сравнению с клетками, полученными от пожилых пациентов с хроническими заболеваниями. Использование аллогенных MSC уменьшает время, необходимое для получения достаточного количества клеток. В клинических исследованиях при внутривенном применении аллогенных стволовых клеток (MultiStem®) у пациентов с острым инсультом стволовые клетки применялись в течение 24-48 часов после появления симптомов [81]. На животных моделях были показаны функциональные преимущества аллогенных перед аутологичными MSC [82]. У крыс, которые подверглись ОСМА, MSC способствовали развитию ангиогенеза и улучшению исхода заболевания и [83]. Это указывает на то, что инсульт может влиять на экспрессию нейротрофических или ангиогенных молекул в эндогенных MSC *in vivo*. Однако существуют и противоречивые результаты. После контакта с сывороткой хозяина аллогенные MSC могут активировать комплемент врожденного иммунитета и быть им повреждены, что приводит к их цитотоксичности и дисфункции, а жизнеспособность аллогенных MSC после инфузии значительно снижается по сравнению с аутологичными MSC [84]. Это позволяет предположить, что аутологичные MSC могут иметь преимущества перед аллогенными MSC, и что ингибирование активации комплемента может стать одной из стратегий по улучшению существующих методов лечения на основе MSC.

Динамика распределения введенных мезенхимальных стволовых клеток

После инсульта целостность сосудов мозга нарушается, что может привести к накоплению MSC в мозге через пассивный захват [51]. При этом еще предстоит выяснить в какой степени и как MSC пересекает гематоэнцефалический барьер. Молекулы размером более 400 Да не могут проходить через ГЭБ, что может повлиять на эффективность клеточной терапии у пациентов с инсультом. Однако результаты терапии может улучшить через внутривенное совместное введение стволовых клеток и маннита, осмотического агента, который может регулировать проницаемость ГЭБ. В модельных экспериментах было показано, что манипуляции с ГЭБ с использованием внутривенно маннита до лечения MSC привели к увеличению уровней трофических факторов в пораженном мозге [85]. Кроме того, насколько хоуминг и приживание в области

травмы необходимы для MSC при обеспечении терапевтической эффективности, также не полностью понятно. Как указывалось, мезенхимальные стромальные клетки могут иметь отдаленные иммуномодулирующие эффекты, например MSC, захваченные в легких, активируются и влияют на функцию иммунной системы, в частности секретировав противовоспалительный белок TSG-6, подавляющий чрезмерный воспалительный ответ [50, 51], что позволяет предположить, что эффекты MSC при инсульте могут быть реализованы в отсутствие значительного набора MSC в области инфаркта [86].

Необходимо отметить, что способ применения стволовых клеток может существенно влиять на количество клеток, доставленных в целевые области, а также на частоту побочных эффектов. После инсульта MSC можно вводить локально, то есть путем прямой инъекции в пораженную область мозга (внутричерепное введение), или через венозные или артериальные пути. При этом достижение MSC очага повреждения мозга зависит от способа их введения, то есть маршрута доставки. Установлено, что мезенхимальные стромальные клетки избирательно притягиваются к участкам травм и воспаления [87], благодаря выработке воспалительных цитокинов микроокружением поврежденной ткани мозга, например SDF-1 (стромальный фактор-1), экспрессируемый в астроцитах, нейронах и эндотелии [88] и существованию хемокиновых рецепторов, экспрессирующихся в МСК, например CXCR4 (рецептор SDF-1) [89]. В условиях *in vitro* также можно вызвать миграцию MSC, подвергая их гипоксии [90].

Мезенхимальные стромальные клетки представляют собой относительно большие клетки с диаметром от 10 до 30 мкм [91]. Поэтому большая часть внутривенно введенных МСК обычно попадает в легкие и пассивно захватываются в их сосудистой системе, формируя эмболы в кровеносных сосудах легкого из-за их большого размера и наличия рецепторов адгезии на клеточной поверхности, что может прерывать кровотоки на прекапиллярном уровне. Несмотря на эти осложнения, исследования показывают положительные результаты после системной инфузии MSC [53], поскольку после инсульта MSC также направляются в области поражения головного мозга [50], где большинство из них находится в ишемическом ядре и его пограничной зоне. Эта ткань является потенциально жизнеспособной, где происходят множественные процессы восстановления клеток. В частности

MSC восстанавливают белое вещество и способствуют росту аксонов и ремиелинизации в ЦНС, что тесно связано с функциональным восстановлением Впоследствии, через год после инсульта, большинство выживших MSC находится в ишемическом мозге, присутствуя в очень малых количествах в других органах [92].

Эти результаты были подтверждены МРТ-визуализацией всего тела при введении внутривенно радиоактивно меченого MSC крысам с ОСМА и без инсульта, а также биолюминесцентной визуализацией, которая позволяет неинвазивно отслеживать распределение инъецированных MSC и их потомства по всему организму в течение нескольких дней. В течение первых 2 часов после инсульта MSC временно задерживаются в легких, а затем обнаруживаются в области ишемии мозга [53]. Таким образом, точное распределение MSC различается в зависимости от пути их введения [93]. Внедрение MSC по внутриартериальному или внутримозговому пути уменьшает предотвращение легочных эффектов и, следовательно, приводит к меньшему количеству MSC в легких, но эти подходы более инвазивны и поэтому приводят к определенным рискам, а также MSC могут вызывать микросудистую обструкцию [94]. Несмотря на то, что отдельные исследователи сравнивали эффективность различных путей доставки MSC, необходимы дальнейшие экспериментальные доказательства.

Доклинические и клинические исследования безопасности и эффективности MSC при терапии инсульта

В последние годы растет число доклинических исследований MSC в условиях экспериментального ишемического инсульта. Был показан благоприятный эффект MSC на функциональное восстановление в отношении видов грызунов и приматов, путей доставки (внутривенный, внутриартериальный и внутримозговой) [93], типа MSC (аллогенный и аутологичный) [80], времени введения в связи с инсультом (от 5 недель до 1 месяца после инсульта) и дозы вводимых MSC [45]. Эти данные свидетельствуют о том, что на животных моделях инсульта MSC оказывают терапевтический эффект в широком диапазоне доз, могут быть введены уже в 1 месяц после ишемии головного мозга и могут быть полезными независимо от источника MSC или путей их доставки. Будущие доклинические исследования могут расширить этот опыт, например, путем изучения

того, как эффекты MSC взаимодействуют с различными формами реабилитации или обычно используемыми фармакологическими методами после инсульта, или путем сравнения действия MSC при различных формах инсульта, при этом, как и при любой новой потенциальной терапии, необходимо учитывать влияние сопутствующих заболеваний. Так, расхождения в действии стволовых клеток в доклинических и клинических исследованиях могут быть частично связаны с различиями в регенеративном потенциале здоровых молодых животных и пожилых пациентов с хроническими заболеваниями. Одно из подобных исследований показало, что лечение с помощью MSC костного мозга у диабетических крыс I типа увеличивало смертность и нарушало гематоэнцефалический барьер (BBB), что приводило к кровоизлиянию в мозг, и подчеркнуло, что терапия стволовыми клетками не может быть полезной при инсульте у пациентов с диабетом [95]. Доклинические и клинические исследования также показали, что пролиферация и ангиогенная способность эндотелиальных клеток-предшественников и MSC были нарушены у пациентов с ишемической болезнью сердца и нарушениями обмена [96]. Поэтому необходимы дальнейшие исследования, изучающие последствия терапии стволовыми клетками для инсульта у животных и людей с различными хроническими заболеваниями.

Основываясь на результатах доклинических исследований использования MSC после инсульта и их потенциальные преимущества в отношении других клеточных методов лечения (например, получение из нескольких источников, иммунопривилегированность), возникает значительный интерес к применению MSC на разных стадиях заболевания. Важно отметить, что все завершённые исследования изучали полезность MSC в относительно поздние моменты времени, то есть по крайней мере через 23 дня после инсульта. Это подчеркивает тот факт, что исследования, проведенные на пациентах после 23 дней после инсульта, фокусируются на восстановительной стратегии, что является важным отличием по сравнению с исследованиями инсульта у пациентов в первые часы после инсульта, то есть в острый период развития заболевания.

Все текущие и завершённые клинические исследования рассматривали эффективность аутологичной трансплантации MSC у пациентов. Хотя результаты исследований не всегда однозначны, они подтвердили отсутствие каких-ли-

бо проблем, связанных с заболеваемостью или смертностью в связи с MSC-терапией. Первый отчет о трансплантации MSC у пациентов с инсультом был проведен Bang et al. [97]. В этом исследовании пациенты с ишемическим инсультом были рандомизированы на контрольные и экспериментальные группы, при этом экспериментальные группы получали внутривенную инфузию 10^8 аутологичных BM-MSC через 4-9 недель после появления симптомов. Авторы наблюдали значительно улучшенные оценки Рэнкина, позволяющие оценивать степень инвалидизации после инсульта, и индексы Бартеля, дающие возможность определить степень зависимости пациента от посторонней помощи, до 6 месяцев после трансплантации MSC по сравнению с контрольными группами.

Было отмечено, что MSC, пассированные в аутологичной человеческой сыворотке, растут быстрее, чем в фетальной телячьей сыворотке, уменьшая время подготовки клеток и риск трансмиссивных заболеваний при продолжающемся внутривенном введении аутологичных MSC от 36 до 133 дней после инсульта. Хотя это исследование не включало контрольную группу, авторы установили, что применение MSC не сопровождалось опухолями ЦНС, аномальным ростом клеток или неврологическим ухудшением. Не было обнаружено доказательств неблагоприятных событий, таких как венозная тромбоэмболия, системная злокачественность или системная инфекция после инфузии MSC [77]. В другом исследовании сообщалось, что внутривенная трансплантация аутологичных MSC у шести пациентов с хроническим инсультом (3-12 месяцев после) была безопасной по сравнению с шестью контрольными, и что лечение MSC не было связано с каким-либо значительным изменением неврологических функций [98]. В совокупности эти и другие данные поддерживают предположение о том, что внутривенное переливание MSC у пациентов с хроническим инсультом безопасно и может улучшить качество жизни. Также важно отметить, что недостаточно доклинических данных, исследующих влияние MSC, введенных через 30 дней после начала инсульта, соответственно, существует значительное несоответствие в клинических исследованиях действия MSC по отношению к числу дней после инсульта когда вводились MSC.

Наряду с этим были опубликованы рекомендации, которые могли бы максимизировать эффективность клинических исследований MSC. Комиссия «Терапия стволовыми клетками

как формирующаяся парадигма для инсульта» (STEPS) представила ряд рекомендаций относительно доклинических и клинических исследований в отношении терапии на основе стволовых клеток при ишемическом инсульте, включая необходимость проверенных экспериментов на животных, надежные исследования безопасности на людях, и важность выбора подходящих временных точек и групп пациентов для клинических исследований. В частности, они предложили три области исследований, которые необходимы в этой сфере:

- 1) разработка методов клеточной маркировки, которые являются безопасными и надежными для клинического тестирования;
- 2) идентификация и валидация маркеров восстановления от инсульта;
- 3) формирование базы изображений при восстановлении от инсульта [99].

Исследования во всех этих областях, несомненно, будут иметь огромные преимущества для понимания роли MSC в терапии ишемического инсульта. Другие рекомендации приводятся в публикациях от «круглого стола по лечению инсульта» (STAIR), которые помимо рекомендаций по разработке доклинических и клинических исследований по восстановлению от инсульта, рекомендовали сосредоточиться на лечении с несколькими механизмами действия, а также на лечении, которое нацелено на физиологические системы за пределами мозга, например, как иммунная система [100]. Разнообразные механизмы действия MSC в сочетании с их иммуномодулирующими функциями свидетельствуют о том, что они станут перспективными кандидатами для терапии будущих ишемических инсультов.

Ограничения и новые перспективы при использовании стволовых клеток в терапии

Первичные препятствия для современных методов стволовых клеток включают:

- а) ограниченный источник прививаемых стволовых клеток;
- б) наличие оптимального временного окна для терапии стволовыми клетками;
- в) наследственная ограниченность потенциала стволовых клеток взрослых;
- г) возможные клеточно-опосредованные побочные эффекты, такие как образование опухолей или инсульт.

Во-первых, хотя оптимальная доза клеток и пути введения стволовых клеток при сердечно-сосудистых заболеваниях не установлены

[101], введение достаточной дозы клеток является обязательным для положительного эффекта стволовых клеток. В отличие от гематогенных стволовых клеток количество MSC в костном мозге резко снижается с возрастом, требуя расширения культуры [102]. Кроме того, инсульт обычно встречается у пожилых людей, а MSC, полученные от пожилых пациентов, демонстрируют снижение способности к пролиферации, самообновлению или дифференциации.

Во-вторых, существует оптимальный момент времени для применения стволовых клеток. Уровни хемокинов, трофических факторов и соответствующих микроРНК (miRs) заметно увеличивались при инсульте головного мозга во время острой его фазы, но со временем уменьшались [103]. Кроме того, мишени для клеточной терапии могут различаться в зависимости от временных окон после инсульта. Применение стволовых клеток во время острой фазы инсульта может потребоваться, чтобы получить ряд паракринных и иммуномодулирующих эффектов, которые приводят к уменьшению вторичных процессов повреждения и стимуляции восстановления после инсульта [104].

В-третьих, взрослые стволовые клетки могут иметь врожденные ограничения. MSC являются гетерогенными и содержат много разных типов предшественников или стволовых клеток с точки зрения роста, трофической поддержки и потенциалов дифференцировки. Затухание регенеративного потенциала стволовых клеток у пациентов старшего возраста с инсультом может быть вызвано старением в донорских клетках или в клетках-реципиентах. Однако инсульт-индуцированный нейрогенез наблюдался у пациентов с инсультом в возрасте 60 и 70 лет [105]. Хотя количество нейральных стволовых клеток уменьшалось с возрастом в человеческом мозге, а базальный нейрогенез нарушался у престарелых животных, степень нейрогенеза после инсульта была сходной у молодых и старых животных [106].

Наконец, серьезной проблемой терапии стволовыми клетками являются побочные эффекты, вызванные клетками, в частности, образование опухолей трансплантированными клетками, которые могут задержать восстановление после инсульта [107] и улавливание стволовых клеток в легких при внутривенном применении или сосудами головного мозга при внутриартериальном [108].

С учетом сказанного весьма многообещающей выглядит клеточная терапия, использующая

секретомы (трофические факторы, цитокины или хемокины, продуцируемые посредством паракринной секреции) или внеклеточные везикулы (EVs, например, микропузырьки и экзосомы), полученные из стволовых клеток. Она может представлять собой новую, клинически осуществимую и бесклеточную парадигму, которая позволила бы избежать проблем, связанных с клетками, таких, как образование опухолей и инфаркты, вызванные окклюзией сосудов. Стволовые клетки выделяют EVs, а также растворимые факторы (например, трофические факторы), а инсульт у людей запускает мобилизацию EVs из MSC [109]. EVs содержат биологически активные молекулы, такие как липиды, белки и miR, и более сложные субстанции, чем другие клеточные источники [110]. Инкапсуляция биоактивных молекул в EVs повышает их стабильность и биодоступность и помогает проходить ГЭБ [111]. EVs стволовых клеток играют критическую роль в обмене информацией между стволовыми клетками и поврежденными клетками и изменяют поведение клеток-мишеней. В исследованиях микропузырьки, секретируемые из MSC, способствовали регенерации седалищного нерва у крыс [112]. Таким образом, применение малых молекул, биоматериалов и биологических препаратов, которые нацелены на нишу стволовых клеток, является интересным и многообещающим направлением в регенеративной медицине, с учетом того, что небольшие молекулы относительно дешевы, более удобны в использовании. Тем не менее, в этом направлении терапии инсульта пока было проведено относительно небольшое количество исследований.

Заключение

Таким образом, обзор и анализ данных научной литературы показал, что мезенхимальные стромальные клетки, обладая способностью дифференцироваться в различные типы клеток, секретировать БАВ, участвовать в процессах воспаления и аутофагии, индукции ангиогенеза, нейрогенеза, модуляции иммунной системы, могут быть применены в терапии широкого ряда заболеваний, включая восстановление от инсульта. В доклинических исследованиях было показано, что MSC улучшают двигательные и поведенческие реакции животных после развития инсульта. Вместе с тем, еще нет прямых доказательств дифференцировки MSC в нейроны, а также еще не достаточно изучены молекулярно-клеточные механизмы их участия в ишемических процес-

сах, распределении и хоуминге в организме после трансплантации. Кроме того, необходимы широкомасштабные клинические исследования, поскольку у людей, обладающих особенностями

в сосудистой и нейроанатомии, подверженных влиянию психосоциальных факторов, развитие инсульта и его реабилитация происходят отлично от экспериментальных животных.

Литература

1. Donnan GA, Fisher M, Macleod M, Davis SM. Stroke. *Lancet*. 2008;371:1612–1623.
2. NCHS Dataline Public Health Reports. 126433.
3. Johnston SC, Mendis S, Mathers CD. Global variation in stroke burden and mortality: estimates from monitoring, surveillance, and modelling. *Lancet Neurol*. 2009;8:345–354.
4. Mauldin PD, Simpson KN, Palesch YY, Spilker JS, Hill MD, Khatri P, et al. Design of the economic evaluation for the Interventional Management of Stroke (III) trial. *Int J Stroke*. 2008;3:138–144.
5. Ansari S, Rahman M, Waters MF, Hoh BL, Mocco J. Recanalization therapy for acute ischemic stroke, part 1: surgical embolectomy and chemical thrombolysis. *Neurosurg Rev*. 2011;34:1–9.
6. Ansari S, Rahman M, McConnell DJ, Waters MF, Hoh BL, Mocco J. Recanalization therapy for acute ischemic stroke, part 2: mechanical intra-arterial technologies. *Neurosurg Rev*. 2011;34:11–20.
7. Adeoye O, Hornung R, Khatri P, Kleindorfer D. Recombinant tissue-type plasminogen activator use for ischemic stroke in the United States: a doubling of treatment rates over the course of 5 years. *Stroke*. 2011;42:1952–1955.
8. Trounson A. New perspectives in human stem cell therapeutic research. *BMC Med*. 2009;7:29.
9. Mohal JS, Tailor HD, Khan WS. Sources of adult mesenchymal stem cells and their applicability for musculoskeletal applications. *Curr Stem Cell Res Ther*. 2012;7:103–109.
10. Witkowska-Zimny M, Wrobel E. Perinatal sources of mesenchymal stem cells: Wharton's jelly, amnion and chorion. *Cell Mol Biol Lett*. 2011;16:493–514.
11. Kopen GC, Prockop DJ, Phinney DG. Marrow stromal cells migrate throughout forebrain and cerebellum, and they differentiate into astrocytes after injection into neonatal mouse brains. *Proc Natl Acad Sci USA*. 1999;96:10711–10716.
12. Sanchez-Ramos J, Song S, Cardozo-Pelaez F, Hazzi C, Stedeford T, Willing A, et al. Adult bone marrow stromal cells differentiate into neural cells in vitro. *Exp Neurol*. 2000;164:247–256.
13. Phinney DG, Prockop DJ. Concise review: mesenchymal stem/multipotent stromal cells: the state of transdifferentiation and modes of tissue repair—current views. *Stem Cells*. 2007;25:2896–2902.
14. Dharmasaroja P. Bone marrow-derived mesenchymal stem cells for the treatment of ischemic stroke. *J Clin Neurosci*. 2009;16:12–20.
15. Sensebé L, Krampera M, Schrezenmeier H, Bourin P, Giordano R. Mesenchymal stem cells for clinical application. *Vox Sang*. 2010;98:93–107.
16. Wang S, Qu X, Zhao RC. Clinical applications of mesenchymal stem cells. *J Hematol Oncol*. 2012;5:19.
17. Urban VS, Kiss J, Kovacs J, Gócza E, Vas V, Monostori E, Uher F. Mesenchymal stem cells cooperate with bone marrow cells in therapy of diabetes. *Stem Cells*. 2008; 26:244–253.
18. Vaes B, Van't Hof W, Deans R, Pinxteren J. Application of MultiStem(®) allogeneic cells for immunomodulatory therapy: clinical progress and pre-clinical challenges in prophylaxis for graft versus host disease. *Front Immunol*. 2012;3:345.
19. Chen X, Li Y, Wang L, Katakowski M, Zhang L, Chen J, et al. Ischemic rat brain extracts induce human marrow stromal cell growth factor production. *Neuropathology*. 2002;22:275–279.
20. Li WY, Choi YJ, Lee PH, Huh K, Kang YM, Kim HS, et al. Mesenchymal stem cells for ischemic stroke: changes in effects after ex vivo culturing. *Cell Transplant*. 2008;17:1045–1059.
21. Liu Z, Li Y, Zhang RL, Cui Y, Chopp M. Bone marrow stromal cells promote skilled motor recovery and enhance contralateral axonal connections after ischemic stroke in adult mice. *Stroke*. 2011;42:740–744.
22. Kim YJ, Park HJ, Lee G, Bang OY, Ahn YH, Joe E, et al. Neuroprotective effects of human mesenchymal stem cells on dopaminergic neurons through anti-inflammatory action. *Glia*. 2009;57:13–23.
23. Shen LH, Li Y, Chen J, Zacharek A, Gao Q, Kapke A, et al. Therapeutic benefit of bone marrow stromal cells administered 1 month after stroke. *J Cereb Blood Flow Metab*. 2007;27:6–13.
24. Shin JY, Park HJ, Kim HN, Oh SH, Bae JS, Ha HJ, et al. Mesenchymal stem cells enhance autophagy and increase beta-amyloid clearance in Alzheimer disease models. *Autophagy*. 2014;10:32–44.
25. Paik MJ, Li WY, Ahn YH, Lee PH, Choi S, Kim KR, et al. The free fatty acid metabolome in cerebral ischemia following human mesenchymal stem cell transplantation in rats. *Clin Chim Acta*. 2009;402:25–30.
26. Yamauchi T, Kuroda Y, Morita T, Shichinohe H, Houkin K, Dezawa M, et al. Therapeutic effects of human multilineage-differentiating stress enduring (MUSE) cell transplantation into infarct brain of mice. *PLoS ONE*. 2015;10:
27. Dihné M, Hartung HP, Seitz RJ. Restoring neuronal function after stroke by cell replacement: anatomic and functional considerations. *Stroke*. 2011;42:2342–2350.
28. Rosenblum S, Wang N, Smith TN, Pendharkar AV, Chua JY, Birk H, et al. Timing of intra-arterial neural stem cell transplantation after hypoxia-ischemia influences cell engraftment, survival, and differentiation. *Stroke*. 2012;43:1624–1631.

29. Krabbe C, Zimmer J, Meyer M. Neural transdifferentiation of mesenchymal stem cells--a critical review. *APMIS*. 2005;113:831–844.
30. Eglitis MA, Dawson D, Park KW, Mouradian MM. Targeting of marrow-derived astrocytes to the ischemic brain. *Neuroreport*. 1999;10:1289–1292.
31. Bao X, Feng M, Wei J, Han Q, Zhao H, Li G, et al. Transplantation of Flk-1+ human bone marrow-derived mesenchymal stem cells promotes angiogenesis and neurogenesis after cerebral ischemia in rats. *Eur J Neurosci*. 2011;34:87–98.
32. Li Y, Chopp M, Chen J, Wang L, Gautam SC, Xu YX, et al. Intraatrial transplantation of bone marrow nonhematopoietic cells improves functional recovery after stroke in adult mice. *J Cereb Blood Flow Metab*. 2000;20:1311–1319.
33. Shichinohe H, Kuroda S, Yano S, Ohnishi T, Tamagami H, Hida K, et al. Improved expression of gamma-aminobutyric acid receptor in mice with cerebral infarct and transplanted bone marrow stromal cells: an autoradiographic and histologic analysis. *J Nucl Med*. 2006;47:486–491.
34. Hofstetter CP, Schwarz EJ, Hess D, Widenfalk J, El Manira A, Prockop DJ, et al. Marrow stromal cells form guiding strands in the injured spinal cord and promote recovery. *Proc Natl Acad Sci USA*. 2002;99:2199–2204.
35. Kurozumi K, Nakamura K, Tamiya T, Kawano Y, Kobune M, Hirai S, et al. BDNF gene-modified mesenchymal stem cells promote functional recovery and reduce infarct size in the rat middle cerebral artery occlusion model. *Mol Ther*. 2004;9:189–197.
36. Zhao M-Z, Nonoguchi N, Ikeda N, Watanabe T, Furutama D, Miyazawa D, et al. Novel therapeutic strategy for stroke in rats by bone marrow stromal cells and ex vivo HGF gene transfer with HSV-1 vector. *J Cereb Blood Flow Metab*. 2006;26:1176–1188.
37. Cramer SC, Sur M, Dobkin BH, O'Brien C, Sanger TD, Trojanowski JQ, et al. Harnessing neuroplasticity for clinical applications. *Brain*. 2011;134:1591–1609.
38. Cramer SC. Repairing the human brain after stroke. II. Restorative therapies. *Ann Neurol*. 2008;63:549–560.
39. Hilfiker A, Kasper C, Hass R, Haverich A. Mesenchymal stem cells and progenitor cells in connective tissue engineering and regenerative medicine: is there a future for transplantation. *Langenbecks Arch Surg*. 2011;396:489–497.
40. Chen J, Li Y, Katakowski M, Chen X, Wang L, Lu D, et al. Intravenous bone marrow stromal cell therapy reduces apoptosis and promotes endogenous cell proliferation after stroke in female rat. *J Neurosci Res*. 2003;73:778–786.
41. Mauri M, Lentini D, Gravati M, Foudah D, Biella G, Costa B, et al. Mesenchymal stem cells enhance GABAergic transmission in co-cultured hippocampal neurons. *Mol Cell Neurosci*. 2012;49:395–405.
42. Zhang J, Zhang Y, Xing S, Liang Z, Zeng J. Secondary neurodegeneration in remote regions after focal cerebral infarction: a new target for stroke management. *Stroke*. 2012;43:1700–1705.
43. Shen LH, Li Y, Chopp M. Astrocytic endogenous glial cell derived neurotrophic factor production is enhanced by bone marrow stromal cell transplantation in the ischemic boundary zone after stroke in adult rats. *Glia*. 2010;58:1074–1081.
44. Yilmaz G, Alexander JS, Erkuran Yilmaz C, Granger DN. Induction of neuro-protective/regenerative genes in stem cells infiltrating post-ischemic brain tissue. *Exp Transl Stroke Med*. 2010;2:11.
45. Maltman DJ, Hardy SA, Przyborski SA. Role of mesenchymal stem cells in neurogenesis and nervous system repair. *Neurochem Int*. 2011;59:347–356.
46. Iadecola C, Anrather J. The immunology of stroke: From mechanisms to translation. *Nat Med*. 2011;17:796–808.
47. Krampera M, Cosmi L, Angeli R, Pasini A, Liotta F, Andreini A, et al. Role for interferon-gamma in the immunomodulatory activity of human bone marrow mesenchymal stem cells. *Stem Cells*. 2006;24:386–398.
48. Sato K, Ozaki K, Oh I, Meguro A, Hatanaka K, Nagai T, et al. Nitric oxide plays a critical role in suppression of T-cell proliferation by mesenchymal stem cells. *Blood*. 2007;109:228–234.
49. Maggini J, Mirkin G, Bognanni I, Holmberg J, Piazzón IM, Nepomnaschy I, et al. Mouse bone marrow-derived mesenchymal stromal cells turn activated macrophages into a regulatory-like profile. *PLoS ONE*. 2010;5:e9252.
50. Li Y, Chopp M. Marrow stromal cell transplantation in stroke and traumatic brain injury. *Neurosci Lett*. 2009;456:120–123.
51. Ankrum J, Karp JM. Mesenchymal stem cell therapy: Two steps forward, one step back. *Trends Mol Med*. 2010;16:203–209.
52. Ajmo CT, Vernon DOL, Collier L, Hall AA, Garbuzova-Davis S, Willing A, et al. The spleen contributes to stroke-induced neurodegeneration. *J Neurosci Res*. 2008;86:2227–2234.
53. Detante O, Moisan A, Dimastromatteo J, Richard M-J, Riou L, Grillon E, et al. Intravenous administration of 99mTc-HM-PAO-labeled human mesenchymal stem cells after stroke: in vivo imaging and biodistribution. *Cell Transplant*. 2009;18:1369–1379.
54. Isa A, Nehlin JO, Sabir HJ, Andersen TE, Gaster M, Kassem M, et al. Impaired cell surface expression of HLA-B antigens on mesenchymal stem cells and muscle cell progenitors. *PLoS ONE*. 2010;5:e10900.
55. Nauta AJ, Westerhuis G, Kruisselbrink AB, Lurvink EGA, Willemze R, Fibbe WE. Donor-derived mesenchymal stem cells are immunogenic in an allogeneic host and stimulate donor graft rejection in a nonmyeloablative setting. *Blood*. 2006;108:2114–2120.
56. Mora-Lee S, Sierrol-Piquer MS, Gutiérrez-Pérez M, Gomez-Pinedo U, Roobrouck VD, López T, et al. Therapeutic effects of hMAPC and hMSC transplantation after stroke in mice. *PLoS ONE*. 2012;7:e43683.
57. Shi Y, Hu G, Su J, Li W, Chen Q, Shou P, et al. Mesenchymal stem cells: a new strategy for immunosuppression and tissue repair. *Cell Res*. 2010;20:510–518.
58. Ren G, Zhang L, Zhao X, Xu G, Zhang Y, Roberts AI, et al. Mesenchymal stem cell-mediated immunosuppression occurs via concerted action of chemokines and nitric oxide. *Cell Stem Cell*. 2008;2:141–150.
59. Scheibe F, Ladhoff J, Huck J, Grohmann M, Blazej K, Oersal A, et al. Immune effects of mesenchymal stromal cells in experimental stroke. *J Cereb Blood Flow Metab*. 2012;32:1578–1588.
60. Schinköthe T, Bloch W, Schmidt A. In vitro secreting profile of human mesenchymal stem cells. *Stem Cells Dev*. 2008;17:199–206.

61. Kagiwada H, Yashiki T, Ohshima A, Tadokoro M, Nagaya N, Ohgushi H. Human mesenchymal stem cells as a stable source of VEGF-producing cells. *J Tissue Eng Regen Med.* 2008;2:184–189.
62. Ma Y, Zechariah A, Qu Y, Hermann DM. Effects of vascular endothelial growth factor in ischemic stroke. *J Neurosci Res.* 2012;90:1873–1882.
63. Fisher M. Pericyte signaling in the neurovascular unit. *Stroke.* 2009;40:S13–S15.
64. Parekkadan B, Milwid JM. Mesenchymal stem cells as therapeutics. *Annu Rev Biomed Eng.* 2010;12:87–117.
65. Cho YJ, Song HS, Bhang S, Lee S, Kang BG, Lee JC, et al. Therapeutic effects of human adipose stem cell-conditioned medium on stroke. *J Neurosci Res.* 2012;90:1794–1802.
66. Scheibe F, Klein O, Klose J, Priller J. Mesenchymal stromal cells rescue cortical neurons from apoptotic cell death in an in vitro model of cerebral ischemia. *Cell Mol Neurobiol.* 2012;32:567–576.
67. Liu N, Zhang Y, Fan L, Yuan M, Du H, Cheng R, et al. Effects of transplantation with bone marrow-derived mesenchymal stem cells modified by Survivin on experimental stroke in rats. *J Transl Med.* 2011;9:105.
68. Zhang L, Li Y, Zhang C, Chopp M, Gosiewska A, Hong K. Delayed administration of human umbilical tissue-derived cells improved neurological functional recovery in a rodent model of focal ischemia. *Stroke.* 2011;42:1437–1444.
69. Li Y, Chen J, Zhang CL, Wang L, Lu D, Katakowski M, et al. Gliosis and brain remodeling after treatment of stroke in rats with marrow stromal cells. *Glia.* 2005;49:407–417.
70. Zhang J, Li Y, Chen J, Yang M, Katakowski M, Lu M, et al. Expression of insulin-like growth factor 1 and receptor in ischemic rats treated with human marrow stromal cells. *Brain Res.* 2004;1030:19–27.
71. Lin Y-C, Ko T-L, Shih Y-H, Lin M-YA, Fu T-W, Hsiao H-S, et al. Human umbilical mesenchymal stem cells promote recovery after ischemic stroke. *Stroke.* 2011;42:2045–2053.
72. Xin H, Li Y, Shen LH, Liu X, Hozeska-Solgot A, Zhang RL, et al. Multipotent mesenchymal stromal cells increase tPA expression and concomitantly decrease PAI-1 expression in astrocytes through the sonic hedgehog signaling pathway after stroke (in vitro study) *J Cereb Blood Flow Metab.* 2011;31:2181–2188.
73. Lim JY, Jeong CH, Jun JA, Kim SM, Ryu CH, Hou Y, et al. Therapeutic effects of human umbilical cord blood-derived mesenchymal stem cells after intrathecal administration by lumbar puncture in a rat model of cerebral ischemia. *Stem Cell Res Ther.* 2011;2:38.
74. Ikegame Y, Yamashita K, Hayashi S-I, Mizuno H, Tawada M, You F, et al. Comparison of mesenchymal stem cells from adipose tissue and bone marrow for ischemic stroke therapy. *Cytotherapy.* 2011;13:675–685.
75. Lin YC, Ko TL, Shih YH, Lin MY, Fu TW, Hsiao HS, et al. Human umbilical mesenchymal stem cells promote recovery after ischemic stroke. *Stroke.* 2011;42:2045–2053.
76. Hsieh JY, Wang HW, Chang SJ, Liao KH, Lee IH, Lin WS, et al. Mesenchymal stem cells from human umbilical cord express preferentially secreted factors related to neuroprotection, neurogenesis, and angiogenesis. *PLoS ONE.* 2013;8:
77. Honmou O, Houkin K, Matsunaga T, Niitsu Y, Ishiai S, Onodera R, et al. Intravenous administration of auto serum-expanded autologous mesenchymal stem cells in stroke. *Brain.* 2011;134:1790–1807.
78. Wilson A, Shehadeh LA, Yu H, Webster KA. Age-related molecular genetic changes of murine bone marrow mesenchymal stem cells. *BMC Genomics.* 2010;11:229.
79. Tse WT, Pendleton JD, Beyer WM, Egalka MC, Guinan EC. Suppression of allogeneic T-cell proliferation by human marrow stromal cells: implications in transplantation. *Transplantation.* 2003;75:389–397.
80. Figueroa FE, Carrión F, Villanueva S, Khoury M. Mesenchymal stem cell treatment for autoimmune diseases: A critical review. *Biol Res.* 2012;45:269–277.
81. Hess DC, Auchus AP, Uchino K, Sila C, Clark WM, Chiu D, et al. Final results of the B01-02 phase 2 trial testing the safety and efficacy of MultiStem® in treatment of ischemic stroke. *International Stroke Conference; LA.* 2016.
82. Li Y, McIntosh K, Chen J, Zhang C, Gao Q, Borneman J, et al. Allogeneic bone marrow stromal cells promote glial-axonal remodeling without immunologic sensitization after stroke in rats. *Exp Neurol.* 2006;198:313–325.
83. Zacharek A, Shehadah A, Chen J, Cui X, Roberts C, Lu M, et al. Comparison of bone marrow stromal cells derived from stroke and normal rats for stroke treatment. *Stroke.* 2010;41:524–530.
84. Li Y, Lin F. Mesenchymal stem cells are injured by complement after their contact with serum. *Blood.* 2012;120:3436–3443.
85. Borlongan CV, Hadman M, Sanberg CD, Sanberg PR. Central nervous system entry of peripherally injected umbilical cord blood cells is not required for neuroprotection in stroke. *Stroke.* 2004;35:2385–2389.
86. Kawabori M, Kuroda S, Sugiyama T, Ito M, Shichinohe H, Houkin K, et al. Intracerebral, but not intravenous, transplantation of bone marrow stromal cells enhances functional recovery in rat cerebral infarct: an optical imaging study. *Neuropathology.* 2012;32:217–226.
87. Ortiz LA, Gambelli F, McBride C, Gaupp D, Baddoo M, Kaminski N, et al. Mesenchymal stem cell engraftment in lung is enhanced in response to bleomycin exposure and ameliorates its fibrotic effects. *Proc Natl Acad Sci USA.* 2003;100:8407–8411.
88. Ahmadian Kia N, Bahrami AR, Ebrahimi M, Matin MM, Neshati Z, Almohaddesin MR, et al. Comparative analysis of chemokine receptor's expression in mesenchymal stem cells derived from human bone marrow and adipose tissue. *J Mol Neurosci.* 2011;44:178–185.
89. Ponte AL, Marais E, Gallay N, Langonné A, Delorme B, Héroult O, et al. The in vitro migration capacity of human bone marrow mesenchymal stem cells: comparison of chemokine and growth factor chemotactic activities. *Stem Cells.* 2007;25:1737–1745.
90. Raheja LF, Genetos DC, Wong A, Yellowley CE. Hypoxic regulation of mesenchymal stem cell migration: the role of RhoA and HIF-1 α *Cell Biol Int.* 2011;35:981–989.

91. Lee RH, Pulin AA, Seo MJ, Kota DJ, Ylostalo J, Larson BL, et al. Intravenous hMSCs improve myocardial infarction in mice because cells embolized in lung are activated to secrete the anti-inflammatory protein TSG-6. *Cell Stem Cell*. 2009;5:54–63.
92. Shen LH, Li Y, Chen J, Cui Y, Zhang C, Kapke A, et al. One-year follow-up after bone marrow stromal cell treatment in middle-aged female rats with stroke. *Stroke*. 2007;38:2150–2156.
93. Walczak P, Zhang J, Gilad AA, Kedziorek DA, Ruiz-Cabello J, Young RG, et al. Dual-modality monitoring of targeted intraarterial delivery of mesenchymal stem cells after transient ischemia. *Stroke*. 2008;39:1569–1574.
94. Grieve SM, Bhindi R, Seow J, Doyle A, Turner AJ, Tomka J, et al. Microvascular obstruction by intracoronary delivery of mesenchymal stem cells and quantification of resulting myocardial infarction by cardiac magnetic resonance. *Circ Heart Fail*. 2010;3:e5–e6.
95. Chen J, Ye X, Yan T, Zhang C, Yang XP, Cui X, et al. Adverse effects of bone marrow stromal cell treatment of stroke in diabetic rats. *Stroke*. 2011;42:3551–3558.
96. Popa-Wagner A, Buga AM, Doepfner TR, Hermann DM. Stem cell therapies in preclinical models of stroke associated with aging. *Front Cell Neurosci*. 2014;8:347.
97. Bang OY, Lee JS, Lee PH, Lee G. Autologous mesenchymal stem cell transplantation in stroke patients. *Ann Neurol*. 2005;57:874–882.
98. Bhasin A, Srivastava MVP, Kumaran SS, Mohanty S, Bhatia R, Bose S, et al. Autologous mesenchymal stem cells in chronic stroke. *Cerebrovasc Dis Extra*. 2011;1:93–104.
99. The STEPS Participants Stem Cell Therapies as an Emerging Paradigm in Stroke (STEPS): bridging basic and clinical science for cellular and neurogenic factor therapy in treating stroke. *Stroke*. 2009;40:510–515.
100. Albers GW, Goldstein LB, Hess DC, Wechsler LR, Furie KL, Gorelick PB, et al. Stroke Treatment Academic Industry Roundtable (STAIR) recommendations for maximizing the use of intravenous thrombolytics and expanding treatment options with intra-arterial and neuroprotective therapies. *Stroke*. 2011;42:2645–2650.
101. Golpanian S, Schulman IH, Ebert RF, Heldman AW, DiFede DL, Yang PC, et al. Concise review: review and perspective of cell dosage and routes of administration from preclinical and clinical studies of stem cell therapy for heart disease. *Stem Cells Transl Med*. 2016;5:186–191.
102. Caplan AI. Why are MSCs therapeutic? New data: new insight. *J Pathol*. 2009;217:318–324.
103. Hill WD, Hess DC, Martin-Studdard A, Carothers JJ, Zheng J, Hale D, et al. SDF-1 (CXCL12) is upregulated in the ischemic penumbra following stroke: association with bone marrow cell homing to injury. *J Neuropathol Exp Neurol*. 2004;63:84–96.
104. Savitz SI. Developing cellular therapies for stroke. *Stroke*. 2015;46:2026–2031.
105. Jin K, Wang X, Xie L, Mao XO, Zhu W, Wang Y, et al. Evidence for stroke-induced neurogenesis in the human brain. *Proc Natl Acad Sci U S A*. 2006;103:13198–13202.
106. Darsalia V, Heldmann U, Lindvall O, Kokaia Z. Stroke-induced neurogenesis in aged brain. *Stroke*. 2005;36:1790–1795.
107. Kawai H, Yamashita T, Ohta Y, Deguchi K, Nagotani S, Zhang X, et al. Tridermal tumorigenesis of induced pluripotent stem cells transplanted in ischemic brain. *J Cereb Blood Flow Metab*. 2010;30:1487–1493.
108. Chen J, Li Y, Wang L, Zhang Z, Lu D, Lu M, et al. Therapeutic benefit of intravenous administration of bone marrow stromal cells after cerebral ischemia in rats. *Stroke*. 2001;32:1005–1011.
109. Kim SJ, Moon GJ, Cho YH, Kang HY, Hyung NK, Kim D, et al. Circulating mesenchymal stem cells microparticles in patients with cerebrovascular disease. *PLoS ONE*. 2012;7.
110. Lai RC, Tan SS, Teh BJ, Sze SK, Arslan F, de Kleijn DP, et al. Proteolytic potential of the MSC exosome proteome: implications for an exosome-mediated delivery of therapeutic proteasome. *Int J Proteomics*. 2012;2012:971907.
111. Sun D, Zhuang X, Xiang X, Liu Y, Zhang S, Liu C, et al. A novel nanoparticle drug delivery system: the anti-inflammatory activity of curcumin is enhanced when encapsulated in exosomes. *Mol Ther*. 2010;18:1606–1614.
112. Raisi A, Azizi S, Delirez N, Heshmatian B, Farshid AA, Amini K. The mesenchymal stem cell-derived microvesicles enhance sciatic nerve regeneration in rat: a novel approach in peripheral nerve cell therapy. *J Trauma Acute Care Surg*. 2014;76:991–997.

1-бөлім
БОТАНИКА

Section 1
BOTANY

Раздел 1
БОТАНИКА

**Inelova Z.A.¹, Nesterova S.G.¹, Yerubaeva G.K.²,
Zaparina Y.G.¹, Aitzhan M.U.¹, Izbasar A.¹**

¹Al-Farabi Kazakh National University, Kazakhstan, Almaty

²«Turan» University, Kazakhstan, Almaty

SYSTEMATIC ANALYSIS OF THE FLORA OF THE TALGAR, ENBEKSHIKAZAKH DISTRICTS OF THE ALMATY REGION

One of the global challenges of our time is to study the problems and preserve the biological diversity of plants. Therefore, the study of plant biodiversity in any region will always be relevant. This article presents the results of a study obtained in the course of conducting a systematic analysis of the flora of Talgar and Enbekshikazakh regions the Almaty region. It was revealed that the flora of the study area includes 114 families, of which 10 leading families make up 60.48% of the total species composition of the flora of the study area. The following families occupy the leading position in this taxonomic composition: Asteraceae (225 species, or 14.60%, 71 genus), Poaceae (132 species or 8.56%), Fabaceae – (115 species or 7.46%). The largest genera are Astragalus (44 species or 7.94%), Allium (28 species or 5.05%), Carex (27 species, 4.87%), Potentilla (23 species or 4.15%). The flora was studied with using traditional methods of floristic and geobotanical research, the main of which was route reconnaissance method. Based on the analysis of literature data, viewing of the herbarium fund of the Institute of Botany and Phytoinduction of the National Academy of Sciences of Kazakhstan, as well as their own research on the study and collection of plants in the Almaty region, a preliminary annotated list of flora was compiled, including 1541 species belonging to 554 genera and 114 families.

Key words: flora, Talgar, Enbekshikazakh districts Almaty region, systematic analysis, biodiversity of plants.

Инелова З.А.¹, Нестерова С.Г.¹, Ерубеева Г.К.²,
Запарина Е.Г.¹, Айтжан М.У.¹, Избасар А.¹

¹Ал-Фараби атындағы Қазақ ұлттық университеті, Қазақстан, Алматы қ.

²«Тұран» Университеті, Қазақстан, Алматы қ.

Алматы облысының Талғар, Еңбекшіқазақ аудандарының флорасының систематикалық талдау

Біздің заманымыздың жаһандық проблемаларының бірі – өсімдіктердің биологиялық әртүрлілік мәселелерін зерттеу және оларды сақтау. Сондықтан кез келген аймақтың өсімдіктердің биологиялық әртүрлілікті зерттеу әрдайым маңызды болады. Берілген мақалада Талғар, Еңбекшіқазақ аудандары Алматы облысының флорасының систематикалық талдау жүргізгеннен кейінгі зерттеу нәтижелері келтірілген. Зерттелінген облыс флорасы 114 тұқымдастан тұратыны анықталды, оның ішіндегі 10 жетекші тұқымдас зерттелінетін территория флорасының 60,48 % құрайды. Берілген таксономикалық құрылымның жетекші орындарын келесі тұқымдастар алады: Asteraceae (225 түр, немесе 14,60 %, 71 туыс), Poaceae (132 түр немесе 8,56 %), Fabaceae – (115 түр немесе 7,46 %). Ең үлкен туыстарға Astragalus (44 түр немесе 7,94 %), Allium (28 түр немесе 5,05%), Carex (27 түр, 4,87 %), Potentilla (23 түр немесе 4,15%) жатады. Флора флористік және геоботаникалық зерттеулердің дәстүрлі әдістерін қолдана отырып зерттелінді, оның негізгісі маршруттық-рекогносцировкалық. ҒК БҒМ Ботаника және фитоиндустрия институтының гербарий фондының қарастыру арқылы, әдебиет көздерін анализдеу негізінде, сонымен қатар Алматы облысының өсімдіктерін жинау және зерттеу барысында алғашқы рет, 114 тұқымдасқа, 554 туысқа, 1541 түрден тұратын түсіндірмелі флора тізімі жасалды.

Түйін сөздер: флора, Талғар, Алматы облысының Еңбекшіқазақ аудандары, систематикалық талдау, өсімдіктердің биоалуантүрлілігі.

Инелова З.А.¹, Нестерова С.Г.¹, Еруббаева Г.К.²,
Запарина Е.Г.¹, Айтжан М.У.¹, Избасар А.¹

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

²Университет «Туран», Казахстан, г. Алматы

Систематический анализ флоры Талгарского, Енбекшиказахского районов Алматинской области

Одной из глобальных задач современности является изучение проблем и сохранение биологического разнообразия растений. Поэтому, изучение биоразнообразия растений любого региона будет всегда актуальным. В данной статье приводятся результаты, полученные в ходе проведения систематического анализа флоры Талгарского, Енбекшиказахского районов Алматинской области. Выявлено, что флора исследуемой области включает 114 семейств, из которых 10 ведущих семейств составляют 60,48 % всего видового состава флоры изучаемой территории. Лидирующее положение в данном таксономическом составе занимают следующие семейства: Asteraceae (225 видов, или 14,60 %, 71 род), Poaceae (132 вида, или 8,56 %), Fabaceae – (115 видов, или 7,46 %). Наиболее крупными родами являются *Astragalus* (44 вида или 7,94 %), *Allium* (28 видов, или 5,05%), *Carex* (27 видов, 4,87 %), *Potentilla* (23 вида или 4,15%). Флора изучалась с использованием традиционных методов флористических исследований, основным из которых был маршрутно-рекогносцировочный. На основании анализа литературных данных, просмотра гербарного фонда Института ботаники и фито-интродукции КН МОН РК, а также собственных исследований по изучению и сбору растений в Талгарском, Енбекшиказахском районах Алматинской области впервые составлен предварительный аннотированный список флоры, включающий 1541 вид, относящийся к 554 родам и 114 семействам.

Ключевые слова: флора, Талгарский, Енбекшиказахский районы, систематический анализ, биоразнообразие растений.

Introduction

In recent years, the study of biodiversity of terrestrial plants of the Talgar and Enbekshikazakh districts of the Almaty region has been devoted to a number of scientific works and conducted numerous field studies. In 2006, Ivashchenko A.A., was published the unique book “Reserves and National parks of Kazakhstan”, which provides information about the flora and fauna of the ten nature reserves and eight national parks of the Republic, including about the Almaty state nature reserve [1-4]. In 2014-2017 within the framework of the project “Biodiversity of vascular plants of the Trans-Ili Alatau and development of recommendations for the rational use of economically valuable plants, conservation of rare and endangered species”, the authors conducted studies on the current state of flora and vegetation of the Ili Alatau (gorge Small and Big Almatinka, Remizovka, Talgar, Kaskelen, Turgen, Esik, Bertagoy, Aksai, elevated plain Big Dolan) [5-6].

Plants are a vulnerable component of biota, as they are the primary link in the food chain, play a major role in the absorption of a variety of pollutants and are constantly exposed to pollutants due to attachment to the substrate [7-11].

One of the characteristic features of the modern stage of development of society is the strengthening of anthropogenic impact on the environment. This

process is accompanied by synergistic effects and leads to the deterioration of the natural environment, which in the long term leads to a reduction in biodiversity [12-17].

In recent years, all studies on flora and vegetation have focused on the conservation of biodiversity at different levels of its structural organization (species, population, cenotic, ecosystem, landscape) [18-21]. Kazakhstan, as a party to the Convention on the conservation of biological diversity, has its obligations to conserve biological diversity [22-25]. Therefore, the aim of this work was to conduct inventory and a systematic analysis of the Talgar, Enbekshikazakh districts of the Almaty region for an annotated list of flora of the study area and to identify the biological diversity of plants.

The problem of the study and conservation of biological diversity is a global challenge of our time. This is especially important for the natural complex of the Talgar, Enbekshikazakh districts of the Almaty region.

Almaty region – the region located in the South-East of the modern Republic of Kazakhstan and borders on the East with China, in the South-with Kyrgyzstan and was Formed on March 10, 1932. The area of the region is 224 thousand sq. km Administrative Centre is Taldykorgan [26].

Almaty region, including the Talgar and Enbekshikazakh districts, is rich and diverse flora. In the plains is semi-arid and arid vegetation and

wormwood vegetation with thickets of saxaul in clay-colored. There are salt marshes. In the mountains, at an altitude of 600 meters above sea level semi-desert is replaced by a belt of dry wormwood-feather-grass steppes on chestnut soils. At altitudes of 800-1700 m above sea level there are meadows on blackearth mountain soils, at altitudes 1500-1700 m are belt subalpine meadows in combination with coniferous forests on mountain meadow soils; above 2800 m are low-grass Alpine meadows and shrubs on mountain-tundra soils.

The climate in the studied areas is sharply continental with hot summers and cold winters, with significant fluctuations in temperature not only between seasons, but also between times of day [27].

The structure of the cover is dominated by complexes of plant communities. The composition of plant communities and their distribution in space are determined by habitat conditions. The main factors determining the distribution of vegetation in space are the conditions of moisture, salinity and mechanical composition of soils, as well as geomorphological conditions.

The main part of the territory is dominated by complex communities with the domination of the wormwoods (*Artemisia terrae-albae*, *A. annua*, *A. scoparia*). Within these communities, annuals are abundant (*Eremopyrum orientale*, *Eremopyrum triticeum*, *Ceratocephala testiculata*, *Lepidium ruderales*, *Alyssum calycinum*, *Chenopodium album*). In addition to the dominant perennials, in these communities there are such perennials as *Tanacetum vulgare*, *Ferula dissecta*, *Rheum wittrockii*. Typical components of these communities are annuals-ephemera (*Eremopyrum orientale*, *E. triticeum*, *Lepidium perfoliatum*). Significant areas are occupied by phytocenoses with weed plants (*Taraxacum officinale*, *Xanthium strumarium*, *Cannabis ruderalis*, etc.).

Research materials and methods

In the field, the flora was studied using traditional methods of floristic research, the main of which was route reconnaissance.

In determining the herbarium samples were used as sources of the “Flora of Kazakhstan”, “Illustrated determinant of plants of Kazakhstan”, the definition of families and genera was carried out with the help of “Flora of Kazakhstan” [28-30].

The location of species and supraspecific categories in the flora and floristic spectrum carried out according to the system of A. L. Takhtajan [31]. The spelling of Latin names, the nomenclatural

changes of the taxa were verified in accordance with S.K. Cherepanov [32].

The most important base of analysis is systematic analysis. The systematic structure of flora is a set of species belonging to different families and genera, and the regularities of their concentration are their main characteristic.

Results and discussions

As a result of the analysis of the species composition of plants, compiled on the basis of own and literary data, the flora of the Talgar, Enbekshikazakh districts of the Almaty region includes 554 genera and 1541 species from 114 families.

Table 1 – Distribution of plants in the Talgar, Enbekshikazakh districts of the Almaty region by systematic groups

Systematic group	Number of families	Number of genus	Number of species
Horsetail	1	1	3
Ferns	7	9	11
Gymnosperms	3	6	15
Angiosperms:			
1) dicotyledonous	84	449	1224
2) monocotyledons	19	89	288
Total:	114	554	1541

The floristic spectrum of the Talgar, Enbekshikazakh districts of the Almaty region and the following systematic groups (table 1) show that the basis of the flora is floral, and the minimum part are of the horsetail, ferns and gymnosperms. The species composition of the flora of the Talgar, Enbekshikazakh districts of the Almaty region is dominated by the divisions of *Magnoliophyta*, which accounts for 1512 species (98.19%) and only a small number of species (15 or 0.97 %) belongs to *Pinophyta*, *Polypodiophyta* and *Equisetophyta* (figure 1).

The total number of dicotyledonous in the flora of the study area are 1224 species, which is 79.43% of the total number of species, and monocotyledons only 288 species or 18.69% of the total, the spore plants and gymnosperms – 29 species (1.89 %). Figure 1 shows that in the ratio of the number of monocotyledonous and dicotyledonous genera there is a tendency to increase the role of dicotyledonous, and in the ratio of the number of families it is even more evident.

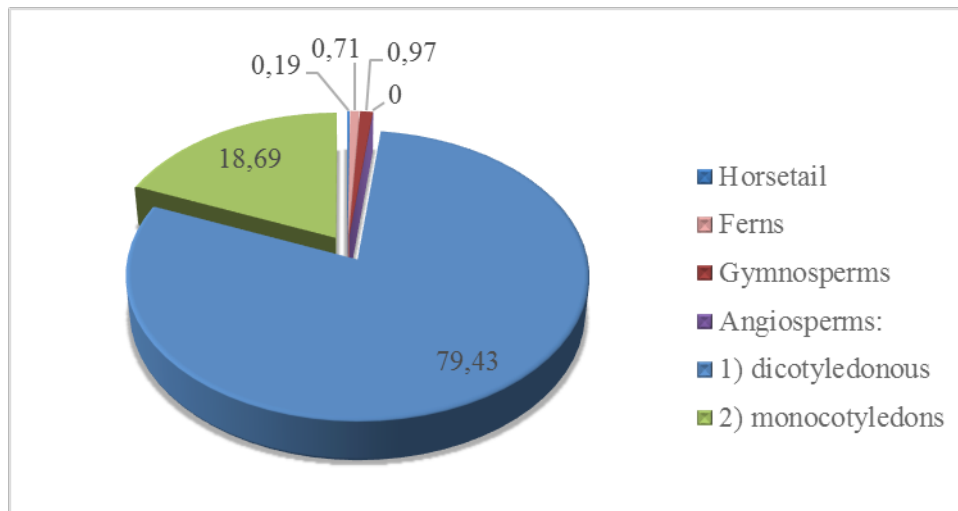


Figure 1 – Ratio of systematic groups of flora of the Talgar, Enbekshikazakh districts of the Almaty region (% of total views)

On the territory of Talgar, Enbekshikazakh districts Almaty region, 114 families of plants were identified. They are: *Equisetaceae* Rich. Ex Dc., *Athyriaceae* Alst., *Dryopteridaceae* Ching., *Aspleniaceae* Mett., *Polypodiaceae* Bercht & J. Presl., *Woodsiaceae* (Diels.) Herter, *Botrychiaceae* Horan., *Ophioglossaceae* (R. Br.) Agardh, *Pinales* Lindl., *Cupressaceae* Rich. Ex Bartl., *Ephedraceae* Dumort., *Ceratophyllaceae* S.F. Gray, *Ranunculaceae* Juss., *Berberidaceae* Juss., *Paeoniaceae* Rudolphi, *Hypericaceae* Juss., *Papaveraceae* Juss., *Hypocoaceae* (Dumort.) Willk., *Fumariaceae* Dc., *Portulacaceae* Juss., *Caryophyllaceae* Juss., *Amaranthaceae* Juss., *Chenopodiaceae* Vent., *Polygonaceae* Juss., *Limoniaceae* Ser., *Fagaceae* Dumort., *Betulaceae* S. F. Gray., *Juglandaceae* A. Rich. Ex Kunth, *Ericaceae* Juss., *Pyrolaceae* Dumort., *Monotropaceae* Nutt., *Primulaceae* Vent., *Violaceae* Batsch., *Tamaricaceae* Link, *Cistaceae* Juss., *Salicaceae* Mirb., *Cucurbitaceae* Juss., *Brassicaceae* Burnett, *Resedaceae* S.F. Gray, *Tiliaceae* Juss., *Malvaceae* Juss., *Ulmaceae* Mirb., *Moraceae* Link, *Celtidaceae* Link, *Cannabaceae* Endl., *Urticaceae* Juss., *Euphorbiaceae* Juss., *Thymelaeaceae* Juss., *Crassulaceae* Dc., *Saxifragaceae* Juss., *Grossulariaceae* Dc., *Parnassiaceae* S.F. Gray., *Rosaceae* Juss., *Lythraceae* J. St.-Hil., *Onagraceae* Juss., *Haloragaceae* R. Br., *Fabaceae* Lindl., *Aceraceae* Juss., *Rutaceae* Juss., *Zygophyllaceae* R. Br., *Linaceae* Dc. Ex S. F. Gray., *Oxalidaceae* R.Br., *Geraniaceae* Juss., *Balsaminaceae* A. Rich., *Polygalaceae* R. Br., *Celastraceae* R. Br, *Santalaceae* R. Br., *Rhamnaceae* Juss., *Elaeagnaceae* Juss., *Vitaceae* Juss., *Hydrangeaceae* Dumort., *Apiaceae*

Lindl., *Caprifoliaceae* Juss., *Viburnaceae* Rafin., *Adoxaceae* Trautv., *Valerianaceae* Batsch, *Dipsacaceae* Juss., *Rubiaceae* Juss., *Gentianaceae* Juss., *Apocynaceae* Juss., *Asclepiadaceae* R. Br., *Oleaceae* Hoffing. & Link, *Solanaceae* Juss., *Convolvulaceae* Juss., *Cuscutaceae* Dumort., *Polemoniaceae* Juss., *Boraginaceae* Juss., *Scrophulariaceae* Juss., *Orobanchaceae* Vent, *Plantaginaceae* Juss., *Verbenaceae* J.St.-Hil., *Lamiaceae* Lindl., *Callitrichaceae* Link, *Campanulaceae* Juss., *Asteraceae* Dumort., *Alismataceae* Vent., *Juncaginaceae* Rich., *Potamogetonaceae* Dumort., *Zannichelliaceae* Dumort., *Melanthiaceae* Batsch, *Iridaceae* Juss., *Liliaceae* Juss., *Asphodelaceae* Juss., *Alliaceae* J. Adardh., *Ixioliriaceae* Nakai, *Convallariaceae* Horan., *Asparagaceae* Juss., *Orchidaceae* Juss., *Juncaceae* Juss., *Cyperaceae* Juss., *Poaceae* Barnhart, *Lemnaceae* S.F. Gray, *Sparganiaceae* Rudolphi, *Typhaceae* Juss.

Traditionally, in floristic works 10 large families of plants are considered in descending order of the number of species, which is called the family spectrum of flora. Analysis of the largest families of the flora of the Talgar, Enbekshikazakh districts of the Almaty region has allowed to identify the 10 largest families in the greatest number of species.

The first ten families contain 932 species of plants, which is about 60.48% of the total number of species. Figure 2 shows the spectrum of the largest 10 families of flora of Talgar, Enbekshikazakh districts Almaty region.

The first place in the number of species and genera is occupied by the *Asteraceae* family (225

species, or 14.60 % of the total number of species, 71 genus, or 12.82% of the total number of genera), then the second place is occupied by the *Poaceae* family (8.56 % of the total number of species and 9.21% of the total number of genera). The third place is occupied by the *Fabaceae* family, which contains 21 genera (3.79%), 115 species (7.46 %). This is followed by the family *Rosaceae* – 96 species (6.23%), 28 genera (5.05%). Family *Brassicaceae* is – 82 species (5.32 %), number of

genera 44 (7.94%). The family *Ranunculaceae* contains 66 species (4.28%), 20 genera (3.61%), *Scrophulariaceae* is -60 species (3.89%), 12 genera (2.17%), *Lamiaceae* is -59 species (3.83%), 24 genera (4.33%). This is followed by the family *Caryophyllaceae*-53 species (3.44%), 21 genus (3.79%). In tenth place is the family *Cyperaceae* is – 44 species (2.86% of the total number of species), 10 genera (1.81% of the total number of genera).

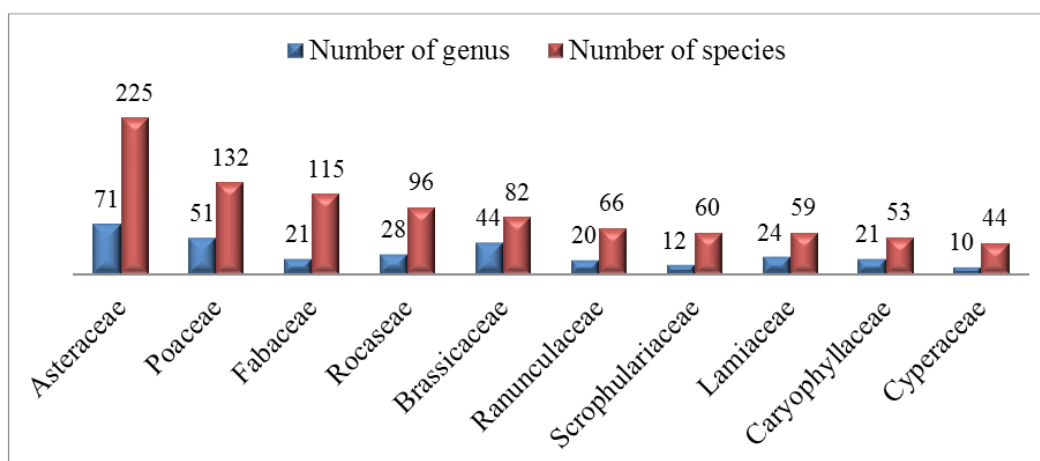


Figure 2 – Number of species and genera in 10 leading families of flora of the Talgar, Enbekshikazakh districts of the Almaty region

The above 10 families include 60.48% of the total species composition of the flora of the studied region. Other families are characterized by more low species and generic diversity.

Table 2 provides information on the number of species for the largest genera of flora of the Talgar, Enbekshikazakh districts of the Almaty region. From the table 2 shows that the largest genera are *Astragalus* (44 species or 7, 94 % of total views), *Allium* (5, 05 %), *Carex* (4.87 %), *Potentilla* (4.15%). Can also be noted genera: *Ranunculus* (3.97 % of total views), *Veronica* (3.97%), *Oxytropis* (3.79%), *Artemisia* (3. 61 %), *Taraxacum* (3.25%), and *Salix* (2.71 % of total views).

Thus, for 10 genera (1.8% of the total number of genera), there are 240 species of flora of the Talgar, Enbekshikazakh districts of the Almaty region.

Table 2 – Number of species in the largest genera of flora of the Talgar, Enbekshikazakh districts of the Almaty region

Genus	Number of species
<i>Astragalus</i>	44
<i>Allium</i>	28
<i>Carex</i>	27
<i>Potentilla</i>	23
<i>Ranunculus</i>	22
<i>Veronica</i>	22
<i>Oxytropis</i>	21
<i>Artemisia</i>	20
<i>Taraxacum</i>	18
<i>Salix</i>	15
Total: genus – 10	240

Conclusion

Based on the research and analysis of the results of the data, the following conclusions are made:

Based on the analysis of literature data, viewing the herbarium Fund of the Institute of Botany and Phytointroduction of Ministry of Education and Science Republic of Kazakhstan, as well as their own research on the study and collection of plants in the Talgar, Enbekshikazakh regions of the Almaty region for the first time compiled by a preliminary annotated list of flora, including 1541 species belonging to 554 genera and 114 families.

The first ten leading families contain 932 species and make up 60.48 % of the total species composition of the flora of the study area. The

leading position in this taxonomic composition is occupied by the following families: *Asteraceae* (225 species, or 14.60 %, 71 genus), *Poaceae* (132 species or 8.56 %), *Fabaceae* – (115 species or 7.46 %). Dominant genera are *Astragalus* (44 species or 7.94 %), *Allium* (28 species or 5.05%), *Carex* (27 species, 4.87 %), *Potentilla* (23 species or 4.15%).

Biodiversity of plants is an important characteristic of ecosystems and changes over time. Therefore, it is an indicator of the changes taking place, and its current state is the result of phenomena that occurred earlier under the influence of natural and anthropogenic factors. Thus, it is necessary to develop monitoring and forecasting of the situation in order to improve it.

References

- 1 Ivashchenko A.A. Nature reserves and national parks of Kazakhstan. – Almaty: Almaty Kitap. – 2006. – P.284.
- 2 Ivashchenko A.A. Materials for the flora of the Ile-Alatau National Natural Park // Scientific Journal "Terra" // 2007. – No 2 – P.98– 105
- 3 Ivashchenko A.A. Rare plants and plant communities of the Ile-Alatau National Park: distribution and state // Scientific journals Terra. – 2012. – № 2. – P.53-65.
- 4 Ivashchenko A.A. Materials for the flora of the Ile-Alatau National Park and adjacent territories // Tr. Ile-Alatau National Park. – Astana. – 2015.- No 1. – P.29-71.
- 5 Baytuln I.O., Ogar N.P, Nesterova S.G., Inelova Z.A. Flora Ileisk Alatau. – Almaty: Kazakh university. – 2017. – P.196
- 6 Inelova Z., Nesterova S., Kokoreva I. Plant biodiversity in Aksay gorge of Trans-Ili Alatau. First European Symposium // Research, conservation and management of biodiversity in the European seashores (RCMBES), Primarsko, 2017. – P.49.
- 7 Cunningham S.D., Ow D.W. Promises and Prospects of Phytoremediation // Plant Physiol. – 1996. – Vol. 110. – P. 715-719
- 8 Barkley T. Floristic studies in contemporary botany // Madroño. – 2000. –No 47. –P.253-258.
- 9 Hudaberdi M., Nurbay A. The Features of the Vegetation and the Eco-Geography of the Taklamakan Desert in Xinjiang, China, Landschaftsentwicklung und Umweltforschung. – 2000. –Vol. 121 –P.52-61
- 10 Handa IT et al. Consequences of biodiversity loss for litter decomposition across biomes //Nature. – 2014.-Vol. 509. – P.218 – 221.
- 11 Yasuhara M, Doi H, Wei C-L, Danovaro R, Myhre SE. Biodiversity– ecosystem functioning relationships in long-term time series and palaeoecological records: deep sea as a test bed // Phil. Trans. R. Soc. – 2016. – P.371.
- 12 Myaskov A.V. Economic Aspects of Biodiversity Conservation in Industrial Regions // Works of Scientific Symposium “Miner's Week 2010” – 2010 – P. 174-186.
- 13 Ray F., Susan E. Eichhorn Biology of plants // Ecol. Lett. – 2005. – P.686.
- 14 Brose U., Hillebrand H. Biodiversity and ecosystem functioning in dynamic landscapes // Philosophical Transactions. – 2016. – P.371.
- 15 Hillebrand H, Matthiessen B. Biodiversity in a complex world: consolidation and progress in functional biodiversity research // Ecol. Lett. –2009. – Vol. 12. –P.1405– 1419.
- 16 Cardinale BJ et al. Biodiversity loss and its impact on humanity // Nature. – 2012. – Vol. 486. -P.59 – 67.
- 17 Duffy JE, Carinale BJ, France KE, McIntyre PB, The' bault E, Loreau M. The functional role of biodiversity in ecosystems: incorporating trophic complexity. // Ecol. Lett. – 2007. – Vol. 10. – P.522– 538.
- 18 Lebedeva N.V., Krivolutsky D.A., Puzachenko Yu.G. Geography and monitoring of biodiversity. – M.: Scientific and methodological center. – 2002. – P. 432 -435.
- 19 Bracken MES, Friberg SE, Gonzalez-Dorantes CA, Williams SL. Functional consequences of realistic biodiversity changes in a marine ecosystem // Ecol. Lett. – 2008. – P.924 – 928.
- 20 Isbell F et al. High plant diversity is needed to maintain ecosystem services // Nature. – 2011. – P.477.
- 21 Reich PB, Tilman D, Isbell F, Mueller K, Hobbie SE, Flynn DFB, Eisenhauer N. Impacts of biodiversity loss escalate through time as redundancy fades. Science. – 2012. – No 336. –P.589– 592
- 22 Resolution of the Cabinet of Ministers of the Republic of Kazakhstan. On approval by the Republic of Kazakhstan of the Convention on Biological Diversity and the organization of the implementation of its obligations: approved. August 19, 1994, No. 918

- 23 Nesterova S., Kokoreva I., Inelova Z., Yerubayeva G. «Effect of recreational activities on the main plant communities of the Trans-Ili Alatau» // 17-th International multidisciplinary scientific geoconference (SGEM), Issue 52. Ecology and Environmental Protection, Albena, Bulgaria. –2017. –No 52. – P.289-296.
- 24 Massol F, Gravel D, Mouquet N, Cadotte MW, Fukami T, Leibold MA. Linking community and ecosystem dynamics through spatial ecology // *Ecol. Lett.* – 2011. – Vol.14. –P. 313 – 323.
- 25 Fischer FM, Wright AJ, Eisenhauer N, Ebeling A, Roscher C, Wagg C, Weigelt A, Weisser WW, Pillar VD. Plant species richness and functional traits affect community stability after a flood event. *Phil. Trans. R. Soc. // Ecol. Lett.* –2016. – 371p.
- 26 Classifier of administrative and territorial objects. Statistics Committee of the Ministry of National Economy of the Republic of Kazakhstan from November 1, 2017.
- 27 Agroclimatic guide to the Alma-Ata region // L.: Gidrometeoizdat, 1961. – P.219.
- 28 Pavlov N.V. Flora of Kazakhstan. – Alma – Ata: Science. – 1956-1967. – Vol. 1-9.
- 29 Goloskokov V.P. Illustrated determinant of plants of Kazakhstan. – Alma-Ata: Science. – 1969-1972. – Vol.1-2.
- 30 Baitenov M.S. Flora of Kazakhstan. – Almaty: Science. – 2001. – Vol. 1-2.
- 31 Tahtajan A.L. Magnoliophyte system. – L: Science. – 1987. – 439 p.
- 32 Cherepanov S.K. Vascular plants of the USSR. – L.:Science. – 1981. – 509 p.

References

- 1 Ivashchenko A.A. (2006) Zapovedniki i natsionalnyie parki Kazahstana [Nature reserves and national parks of Kazakhstan]. Almaty: Almaty Kitap, 284 p.
- 2 Ivaschenko A.A. (2007) Materialyi k flore Ile-Alatauskogo natsionalnogo prirodnoego parka [Materials for the flora of the Ile-Alatau National Natural Park]. *Nauchnyiy zhurnal «Terra»*, no 2, pp. 98– 105
- 3 Ivashchenko A.A. (2012) Redkie rasteniya i rastitelnyie soobshchestva Ile-Alatauskogo natsionalnogo parka: rasprostranenie i sostoyanie [Rare plants and plant communities of the Ile-Alatau National Park: distribution and state]. *Scientific. journals Terra*, vol. 2, pp 53-65.
- 4 Ivashchenko A.A. (2015) Materialyi k flore Ile-Alatauskogo natsionalnogo parka i priliegayuschih territoriy. [Materials on the flora of the Ile-Alatau National Park and adjacent territories]. Astana, no 1, pp. 29-71.
- 5 Baytulin I.O., Ogar NP, Nesterova S.G., Inelova Z.A. (2017) Flora Ileyskogo Alatau [Flora of the Trans Ili Alatau]. Almaty: Kazakh university, 196 p.
- 6 Inelova Z., Nesterova S., Kokoreva I. (2017) Plant biodiversity in Aksay gorge of Trans-Ili Alatau. First European Symposium .Research, conservation and management of biodiversity in the European seashores (RCMBES), Primarsko, vol 52, P.49.
- 7 Cunningham S.D., Ow D.W. (1996) Promises and Prospects of Phytoremediation. *Plant Physiol.*, vol. 110, pp. 715-719.
- 8 Barkley T. (2000) Floristic studies in contemporary botany. *Madroño*, vol.47, pp.253-258.
- 9 Hudaberdi M., Nurbay A. (2000) The Features of the Vegetation and the Eco-Geography of the Taklamakan Desert in Xinjiang, China, *Landschaftsentwicklung und Umweltforschung. Ecol. Lett* vol. 121, pp.52-61.
- 10 Handa I.T et al. (2014) Consequences of biodiversity loss for litter decomposition across biomes. *Nature*, vol. 509, pp. 218 – 221.
- 11 Yasuhara M, Doi H, Wei C-L, Danovaro R, Myhre SE. (2016) Biodiversity– ecosystem functioning relationships in long-term time series and palaeoecological records: deep sea as a test bed. *Phil. Trans. R. Soc.*, 371p.
- 12 Myaskov A.V. (2010) Ekonomicheskie aspektyi sohraneniya bioraznoobraziya v promyshlennyyh regionah [Economic Aspects of Biodiversity Conservation in Industrial Regions]. Works of Scientific Symposium “Miner’s Week 2010”, pp.174-186.
- 13 Ray F., Susan E. (2005) Eichhorn Biology of plants. *Ecol. Lett.*, 686 p.
- 14 Brose U., Hillebrand H. (2016) Biodiversity and ecosystem functioning in dynamic landscapes. *Philosophical Transactions*, 371p.
- 15 Hillebrand H, Matthiessen B. (2009) Biodiversity in a complex world: consolidation and progress in functional biodiversity research. *Ecol. Lett.*, vol. 12, pp.1405– 1419.
- 16 Cardinale BJ et al. (2012) Biodiversity loss and its impact on humanity. *Nature*, vol. 486, pp. 59 – 67.
- 17 Duffy JE, Carinale BJ, France KE, McIntyre PB, The’bault E, Loreau M. (2007) The functional role of biodiversity in ecosystems: incorporating trophic complexity. *Ecol. Lett.*, vol. 10, pp.522– 538.
- 18 Lebedeva N.V., Krivolutsky D.A., Puzachenko Yu.G. (2002) Geografiya i monitoring bioraznoobraziya [Geography and monitoring of biodiversity]. M:Scientific and scientific-methodical center, 432 p
- 19 Bracken MES, Friberg SE, Gonzalez-Dorantes CA, Williams SL. (2008) Functional consequences of realistic biodiversity changes in a marine ecosystem. *Ecol. Lett.*, vol.47, pp.924 – 928.
- 20 Isbell F et al. (2011) High plant diversity is needed to maintain ecosystem services. *Nature*, 477p.
- 21 Reich PB, Tilman D, Isbell F, Mueller K, Hobbie S.E, Flynn DFB, Eisenhauer N. (2012) Impacts of biodiversity loss escalate through time as redundancy fades. *Science*, vol.336, pp.589– 592.
- 22 Postanovlenie Kabineta Ministrov Respubliki Kazahstan. Ob odobrenii Respublikoy Kazahstan Konventsii o biologicheskom raznoobrazii i organizatsii vyipolneniya predusmotrennyih eyu obyazatelstv: utv. 19 avgusta [Resolution of the Cabinet of Ministers of the Republic of Kazakhstan. On approval by the Republic of Kazakhstan of the Convention on Biological Diversity and the organization of the implementation of its obligations: approved. August 19, 1994]

- 23 Nesterova S., Kokoreva I., Inelova Z., Yerubayeva G. (2017): Effect of recreational activities on the main plant communities of the Trans-Ili Alatau. 17-th International multidisciplinary scientific geoconference (SGEM),. Ecology and Environmental Protection, Albena, Bulgaria, vol. 52, pp. 289-296.
- 24 Massol F, Gravel D, Mouquet N, Cadotte M.W, Fukami T, Leibold M.A. (2011) Linking community and ecosystem dynamics through spatial ecology. *Ecol. Lett.*, vol.14, pp. 313 – 323.
- 25 Fischer F.M, Wright A.J, Eisenhauer N, Ebeling A, Roscher C, Wagg C, Weigelt A, Weisser W.W, Pillar V.D. (2016) Plant species richness and functional traits affect community stability after a flood event. *Phil. Trans. R. Soc. Ecol. Lett.*, 371p.
- 26 Klassifikator administrativno-territorial'nyh ob"ektov. Komitet po statistike Ministerstva nacional'noj ehkonomiki Respubliki Kazahstan ot 1 noyabrya 2017 [Classifier of administrative and territorial objects. Committee on Statistics of the Ministry of National Economy of the Republic of Kazakhstan from November 1, 2017].
- 27 Agroklimaticheskij spravocnik po Alma-Atinskoj oblasti (1961) [Agroclimatic guide to the Almaty region] L.:Gidrometeoizdat, 219 p.
- 28 Pavlov N.V. (1956-1967) Flora Kazahstana [Flora of Kazakhstan] Alma – Ata: Science, no 1-9.
- 29 Goloskokov V.P. (1969-1972) Illyustrirovannyiy opredelitel rasteniy Kazahstana [Illustrated determinant of plants of Kazakhstan]. Alma-Ata: Science, no 1-2.
- 30 Baitenov M.S. (2001) Flora Kazahstana [Flora of Kazakhstan]. Almaty: Lent, vol.1, pp.245-251.
- 31 Tahtajyan A.L. (1987) Sistema magnoliofitov [Magnoliophyte system]. L.: Science, 439 p.
- 32 Cherepanov S.K. (1981) Sosudistyie rasteniya SSSR. [Vascular plants of the USSR]. L.:Science, 509 p.

Kyrbasova E.A., Dyuskaliev G., Baitasheva G.U., Imanova E.M.

Kazakh State Women's Teacher Training University,
Kazakhstan, Almaty, e-mail: kyrbasova_elzira@mail.ru

BIOLOGICAL AND PHYTOCHEMICAL FEATURES OF UNDERGROUND ORGANS OF MEDICINAL PLANTS OF THE GENUS AEGOPODIUM L.

Aegopodium L. is a perennial plant of the Apiaceae family, growing in the mountainous regions of Europe, Siberia, the Caucasus, Kazakhstan and Central Asia. The genus *Aegopodium* L. includes seven species. Two species grow in Kazakhstan: *Aegopodium podagraria* L. and *Aegopodium alpestre* Ledeb. Goutweed (*Aegopodium podagraria* L.) as a medicinal plant for the treatment of podagra and rheumatism has been used since ancient times. But the biological and phytochemical characteristics of *Aegopodium podagraria* L. and *Aegopodium alpestre* Ledeb are very little studied.

Our article presents the results of a comparative study of the anatomical and morphological structures of the underground organs of the two above-mentioned medicinal plants, as well as the determination of the moisture, ash and extract content of their raw materials.

Plants were collected during the flowering period (in early July) 2017 in the big Almaty gorge (GPS coordinates of the initial point of the gorge: 43.136976, 76.903267. Height over sea level of 1500 – 2500 m).

As a result of morphological study of underground organs of *Aegopodium podagraria* L. and *Aegopodium alpestre* Ledeb. it is revealed that the roots in the form of lobes are formed on horizontal rhizomes. On the cross section of the anatomical root of both plants diarch. In the primary bark, as well as between the xylem rays accumulate starch grains. Biometric measurements of the root showed that, the indicators of *Aegopodium podagraria* L. are higher than, *Aegopodium alpestre* Ledeb.

The humidity of underground organs of *Aegopodium podagraria* L. *Aegopodium alpestre* Ledeb. does not exceed the values of this indicator for pharmaceutical samples. The ash content of underground organs of *Aegopodium podagraria* L. is 1.5 times lower than that of *Aegopodium alpestre* Ledeb., and the extractivity of both plants is high ($25.37 \pm 6.91\%$ and $28.13 \pm 4.95\%$, respectively).

Key words: goutweed (*Aegopodium podagraria* L.), *Aegopodium alpestre* Ledeb., medicinal plants, xylem, phloem, ash content, extractivity.

Кырбасова Э.А., Дюскалиева Г., Байташева Г.У., Иманова Э.М.

Қазақ мемлекеттік қыздар педагогикалық университеті,
Қазақстан, Алматы қ., e-mail: kyrbasova_elzira@mail.ru

***Aegopodium* L. туысына жататын дәрілік өсімдіктердің жерасты мүшелерінің биологиялық және фитохимиялық ерекшеліктері**

Aegopodium L. – Еуропа, Сібір, Кавказ, Қазақстан мен Орталық Азияның таулы аймақтарында кездесетін, Ариасеае тұқымдасына жататын көпжылдық шөптесін өсімдік. Бұл туыстың жеті түрі бар, соның ішінде Қазақстанда *Aegopodium podagraria* L. және *Aegopodium alpestre* Ledeb. деген екі түрі өседі.

Кәдімгі бежір (*Aegopodium podagraria* L.) подагра мен ревматизмді емдеуде қолданылатын дәрілік өсімдік ретінде антикалық кезеңнен бері белгілі. Дегенмен, *Aegopodium podagraria* L. және *Aegopodium alpestre* Ledeb. өсімдіктерінің биологиялық және фитохимиялық ерекшеліктері туралы зерттеулер жоқтың қасы деуге болады.

Біздің мақаламызда жоғарыда аталған екі дәрілік өсімдіктердің жерасты мүшелерінің салыстырмалы анатомо-морфологиялық зерттеулері, сонымен қатар олардың шикізаттарының

ылғалдылығы, күлділігі және экстрактивтілігі туралы мәліметтер берілген. Өсімдіктер 2017 жылы гүлдеу кезеңінде (шілде айының басында) Үлкен Алматы шатқалында (шатқалдың басталар нүктесінің GPS координаттары: 43.136976, 76.903267. теңіз деңгейінен биіктігі 1500 – 2500 м) жиналған.

Aegopodium podagraria L. және *Aegopodium alpestre* Ledeb. өсімдіктерінің жерасты мүшелерінің морфологиялық зерттеулері бойынша тамырлары көлденең тамырсабақта түзілген шашақ тәрізді болып келетіні анықталды. Көлденең анатомиялық кесіндісінде екі өсімдіктің де тамыры диархты. Алғашқы қабықта және ксилема сәулелерінің арасындағы жасушаларда крахмал дәндері кездеседі. Биометриялық өлшеулер бойынша *Aegopodium podagraria* L. тамырының көрсеткіштері *Aegopodium alpestre* Ledeb. өсімдігіне қарағанда жоғары екені байқалды.

Aegopodium podagraria L. және *Aegopodium alpestre* Ledeb. өсімдіктерінің жерасты мүшелерінің ылғалдылығы фармакопоялық үлгілердегі берілген көрсеткіштер мәнінен жоғары емес. *Aegopodium podagraria* L. жерасты мүшелерінің күлділігі *Aegopodium alpestre* Ledeb. өсімдігіне қарағанда 1,5 есе төмен, ал экстрактивтілігі екі өсімдікте де жоғары болды.

Түйін сөздер: бежір (*Aegopodium podagraria* L.), *Aegopodium alpestre* Ledeb., дәрілік өсімдіктер, ксилема, флоэма, күлділік, экстрактивтілік.

Кырбасова Э.А., Дюскалиева Г., Байташева Г.У., Иманова Э.М.

Казахский государственный женский педагогический университет,
Казахстан, г. Алматы, e-mail: kyrbasova_elzira@mail.ru

Биологические и фитохимические особенности подземных органов лекарственных растений рода *Aegopodium* L.

Aegopodium L. – многолетнее растение семейства *Ariaceae*, произрастающее в горных регионах Европы, Сибири, Кавказа, Казахстана и Центральной Азии. Род *Aegopodium* L. включает семь видов. В Казахстане растут два вида: *Aegopodium podagraria* L. и *Aegopodium alpestre* Ledeb.

Сныть (*Aegopodium podagraria* L.) в качестве лекарственного растения для лечения подагры и ревматизма применяется ещё с античных времен. Но тем не менее биологические и фитохимические особенности *Aegopodium podagraria* L. и *Aegopodium alpestre* Ledeb. очень мало изучены.

В нашей статье даны результаты сравнительного изучения анатомо-морфологических строений подземных органов двух выше названных лекарственных растений, а также определения влажности, зольности и экстрактивности их сырья. Растения были собраны во время периода его цветения (в начале июля) 2017 г. в большом Алматинском ущелье (GPS координаты начальной точки ущелья: 43.136976, 76.903267. Высота над уровнем моря – 1500 – 2500 м).

В результате морфологического исследования подземных органов *Aegopodium podagraria* L. и *Aegopodium alpestre* Ledeb. выявлено, что корни в виде мочек образуются на горизонтальных корневищах. На поперечном анатомическом срезе корень обеих растений диархный. В первичной коре, а также между лучами ксилемы накапливаются зерна крахмала. Биометрические измерения корня показали, что показатели *Aegopodium podagraria* L. выше, чем у *Aegopodium alpestre* Ledeb.

Влажность подземных органов *Aegopodium podagraria* L. и *Aegopodium alpestre* Ledeb. не превышает значений данного показателя для фармакопейных образцов. Зольность подземных органов *Aegopodium podagraria* L. 1,5 раза ниже чем *Aegopodium alpestre* Ledeb., а экстрактивность у обеих растений высокая.

Ключевые слова: сныть (*Aegopodium podagraria* L.), *Aegopodium alpestre* Ledeb., лекарственные растения, ксилема, флоэма, зольность, экстрактивность.

Introduction

Plant materials are used throughout the developed and developing world as home remedies, in over-the-counter drug products, and as raw material for the pharmaceutical industry, and they represent a substantial proportion of the global drug market [1]. So for the formation of a stable raw material base of the domestic pharmaceutical industry and the creation of new phytopreparations, priority is given to the study of *Pharmacopoeia*, vicar (substi-

tuting) and promising plant species in the regions of Kazakhstan. One of the most promising medicinal plants are the genus *Aegopodium* L. On the territory of Kazakhstan the genus *Aegopodium* represented by two species – *Aegopodium podagraria* L. and *Aegopodium alpestre* Ledeb. [2].

As a medicinal raw material from the field of view of official medicine, the dream fell out more than 150 years ago. Books about medicinal plants, it again began occasionally to appear only since the late 50-yers of the last century. In addition, all

this despite the fact that the excellent taste properties of ordinary goutweed connoisseurs of the green world valued at all times (the first mention of the goutweed is in the manuscript, dating from the XII century.). At the same time, folk medicine has never excluded this plant from its healing agents. But only biochemical and applied research of recent decades have been able to justify the biological effect of edible dreams (as it was called in the middle of the 19th century) [3].

Aegopodium podagraria L. contains many vitamins and microelements, as well as umbelliferosis, glucose, fructose, cyclitol, essential oil, umbelliferone, choline, falcarinolone, falkarinone, falkarinol, falcariindiol, phenolcarboxylic acids and their derivatives, coumarins, higher aliphatic hydrocarbon pentadecane, beta-sitosterol, terextera, flavonoids. The herb contains a lot of vitamin C, especially in autumn (65-100 mg%). [4, 5]. Gas chromatography-mass spectrometry identified more than 20 volatile organic compounds isolated from leaves and flowers of *Aegopodium podagraria* L. [6].

In studies of Tovchiga O. V. et al. it is shown that the extract and tincture goutweed normalize lipid composition of liver in rats with impaired lipid and carbohydrate metabolism, caused by protamine sulfate and atherogenic diet [7].

In the works of some authors [2] it is mentioned that *Aegopodium podagraria* is a part of drugs for the prevention and treatment of oncological diseases.

Aegopodium podagraria is used as a sedative in traditional medicine. The effect of its aerial part extract and tincture on levels of depression and anxiety, as well as on locomotor activity, exploratory behaviour and memory of male and female mice was investigated. The extract showed dose-dependent and sex specific antidepressive effect (at a dose of 100 mg/kg but not at a dose of 1 g/kg in female mice) with the worsening of the results of the passive avoidance test. The extract at a dose of 100 mg/kg tended to reduce anxiety signs in the animals of both sexes, in male mice such reduction was also seen under the influence of the extract at a dose of 1 g/kg and the tincture at doses of 1 and 5 ml/kg (the latter did not considerably changed the other parameters measured). The results indicate favourable central activity of *A. podagraria* extract in mice [8].

Ethanol extract of *A. podagraria* L. possesses antibacterial activity and show synergistic and additive effects with antibiotics [9].

The composition of essential oils of leaves and stems of the *Aegopodium podagraria* L. is well studied [10, 11].

The presence of 61 chemical elements and antioxidant activity of total extraction from the above-ground part of *Aegopodium podagraria* L. was found, and 14 amino acids were found [12].

We have proposed a comparative anatomical and some phytochemical studies of underground organs of *Aegopodium podagraria* L. and *Aegopodium alpestre* Ledeb.

Materials and methods

The object of the study was the underground organs of plants of the genus *Aegopodium* L. of the umbrella family (Apiaceae, Umbelliferae). Underground parts of the plant *Aegopodium podagraria* L. and *Aegopodium alpestre* Ledeb. were collected during its flowering period (early July) 2017 in the Big Almaty gorge (GPS coordinates of the initial point of the gorge: 43.136976, 76.903267. Height above sea level 1500 – 2500 m) and was identified by researchers of the Institute of Botany and MES RK.

The plants were collected in a herbarium for the purpose of structural analysis. Plant samples were determined by the flora of Kazakhstan [13]. Sub-surface vegetative organs of the plant *Aegopodium podagraria* L. and *Aegopodium alpestre* Ledeb were recorded. Fixation was carried out in 70% alcohol by the method of Strasburger-Flemming (alcohol-glycerin-water 1: 1: 1). Anatomical preparations were prepared by hand and by the electron microtome MZP-01 "Tehnom", sections were closed in glycerin and balsam in accordance with generally accepted methods Barykina R.P. [14], Yeung E.C.T. [15]. The thickness of the anatomical sections of 10-15 microns. Prepared more than 100 temporary preparations. Micrographs are made on a video microscope MCX100 Trinocular MICROS (Austria) (magnification x100, x400) [16, 17]. Statistical processing of biometric indicators were processed by the method of GF Lakin [18, 19] using MS Excel.

Determination of moisture, ash and extract content of raw materials was carried out in accordance with the requirements of the State Pharmacopoeia of the USSR XI edition, State Pharmacopoeia RK and the European Pharmacopoeia, as well as in other literature [20-22].

To determine the moisture, the crushed raw materials of 3 g in a bottle were placed in a drying oven heated to 105⁰ C. Drying was carried out to constant weight. A constant weight is considered achieved if the difference between two subsequent weighing after 30 minutes of drying and 30 minutes of cooling in desiccators does not exceed 0.01 g. The first

weighing of the raw material was carried out after 3 hours.

The method of determining the ash content is based on the determination of the incombustible residue of inorganic substances remaining after burning and piercing the raw material. To determine the total ash, a weight of 1 g was taken. Raw materials in the crucible were carefully charred over the weak flame of a gas burner. After the raw material was completely charred, the crucible was transferred to a muffle furnace for burning coal and completely calcining the residue at a temperature of 550° C. At the end of the calcinations, the crucible was cooled for 2 hours, then put into desiccators, at the bottom of which is anhydrous calcium chloride, cooled and weighed.

To determine the content of extractive substances, an analytical sample of the raw material was ground and sifted through a sieve with holes 1 mm in diameter, after which a weight of 1 g was selected.

A portion of the raw material is placed in a conical flask, 50 cm³ of 80% ethanol is poured in, the flask is closed with a stopper, weighed with an error of no more than 0.01 g, and left for 1 hour. Then the flask is connected to a reflux condenser, heated to boiling and maintain a weak boil for 2 hours. After cooling, the flask with the contents is again closed with the same stopper, weighed and

the weight loss is supplemented with the same solvent (80% ethanol). The contents are thoroughly shaken and filtered through a dry paper filter into a dry wab with a capacity of 150-200 cm³. 25 cm³ of the filtrate is pipetted into a porcelain dish with a diameter of 7-9 cm, pre-dried on an analytical balance, evaporated in a water bath to dryness, dried at 105° C for 3 hours, then cooled for 30 minutes in a desiccator, at the bottom of which is anhydrous calcium chloride and weighed.

Results and discussion

Aegopodium podagraria L. and *Aegopodium alpestre* Ledeb. – perennial herbaceous plants of the Apiaceae family. In Kazakhstan, *Aegopodium podagraria* L. occurs in the middle mountains from Altai to the Western Tien Shan, the *Aegopodium alpestre* Ledeb. occurs along the northern slopes of the Altai Mountains to the Western Tien Shan. Roots formed on a horizontal rhizome as fibrous (1-figure).

Anatomical features of the underground organs of the plant *Aegopodium* L.

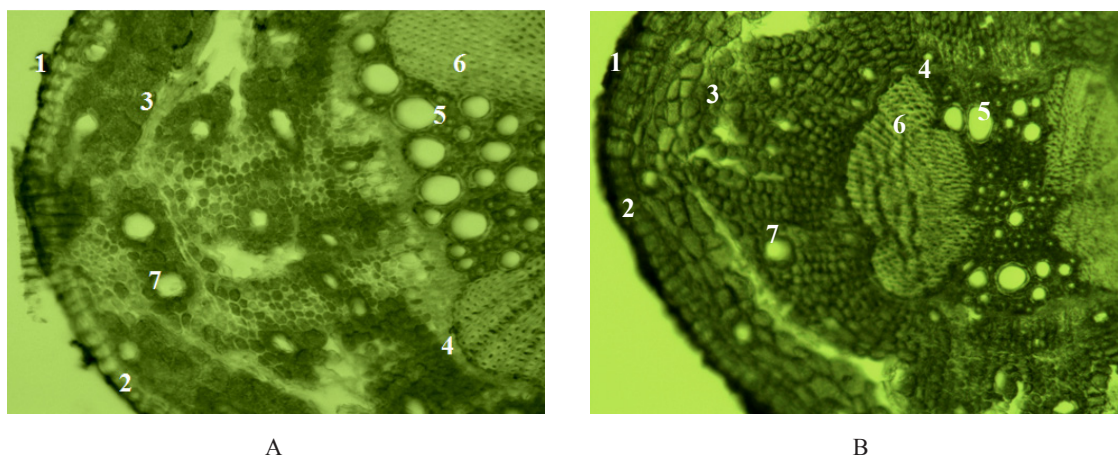
Adhering to the methodical instruction, the transverse sections of the underground organs were carried out in the flowering phase, since it is in this phase that the structural anatomical elements of the plant organs have the greatest integrity.



Figure 1 – *Aegopodium podagraria* L. (A) and *Aegopodium alpestre* Ledeb. (B)

Under the epiblema of the root is the primary cortex, which surrounds the central cylinder in the form of a wide ring. It consists of exoderm, mesoderm and endoderm. Multilayer mesoderm is represented by rounded cells with numerous intercellular spaces. The rounded parenchymal cells

with slightly thickened walls are located more or less regular concentric layers. In the cells of *Aegopodium podagraria* L. a lot of starch grains. The endoderm consists of a single layer of densely closed cells with horseshoe-shaped thickenings. Outside, the central cylinder is surrounded by a pericycle (Figure 2).



1-epiblema, 2-exoderm, 3-mesoderm, 4-endoderm, 5-xylem, 6-phloem, 7-resin passages

Figure 2 – Anatomical structures of the roots of *Aegopodium podagraria* L. (A) and *Aegopodium alpestre* Ledeb. (B)

As can be seen, the anatomical structure of the roots of *Aegopodium* plants is the same as in dicotyledons.

In dicotyledonous plants, the primary structure is replaced by the secondary. These changes occur as a result of the emergence of two educational tissues: cork cambium and cambium. Cork cambium forms periderm. The primary cortex is exfoliated. Cambium forms a secondary phloem and xylem, therefore the roots of dicotyledonous plants are able to grow in thickness.

As can be seen from the 2-figure, in both species of plants pitch passages are well expressed, their size in *Aegopodium podagraria* L. is larger than *Aegopodium alpestre* Ledeb.

As can be seen from table 1, the biometric indicators of the anatomical structure of the root of *Aegopodium podagraria* L. were higher than *Aegopodium alpestre* Ledeb. Thus, the thickness of the anatomical cross section of the root is 1.4 times thicker ($1886.71 \pm 1.95 \mu\text{m}$ and $1357.99 \pm 4.73 \mu\text{m}$, respectively), the diameter of the central cylinder is 1.7 times larger ($483.62 \pm 1, 40 \mu\text{m}$ and $287.21 \pm 1.56 \mu\text{m}$, respectively), the thickness of the first crust

is 1.3 times thicker ($397.8 \pm 1.02 \mu\text{m}$ and $307.04 \pm 0.66 \mu\text{m}$, respectively), the thickness of the periderm does not make a big difference observed ($28.22 \pm 0.22 \mu\text{m}$ and $26.94 \pm 0.39 \mu\text{m}$).

To obtain drugs can only be used benign raw materials. On this basis, quality indicators were established for the studied plant materials (table 2).

From the data given in the 2-table, it follows that the humidity of the underground organs of *Aegopodium podagraria* L. ($5.36 \pm 0.25\%$) and *Aegopodium alpestre* Ledeb. ($5.2 \pm 0.14\%$) does not exceed the values of this indicator for pharmaceutical-based samples, the tolerable limit of which is usually in the range of 12-15%. Humidity is one of the important numerical indicators of raw materials, which is understood as its loss in weight due to the removal of hygroscopic moisture and volatile substances. Determine the moisture content in the raw material by drying it to constant weight. Medicinal plant raw materials should not contain moisture above the permissible norms, since conditions for reducing its quality are created under high humidity during storage.

Table 1 – Biometric indicators of the anatomical structure of the root of plants of the genus *Aegopodium* L.

Plant species	Root thickness, mkm	Central cylinder, mkm	The thickness of the primary cortex, mkm	Periderm thickness, mkm
<i>Aegopodium podagraria</i> L.	1886,71±1,95	483,62±1,40	397,8±1,02	28,22±0,22
<i>Aegopodium alpestre</i> Ledeb.	1357,99±4,73	287,21±1,56	307,04±0,66	26,94±0,39

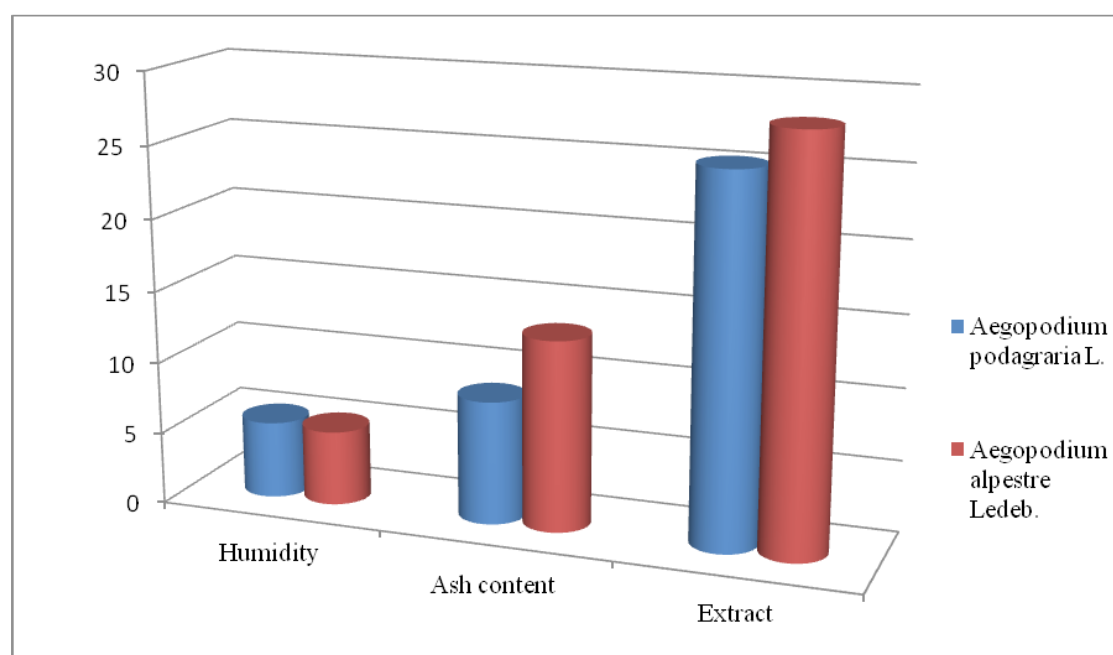
Table 2 – Indicators of the chemical properties of raw materials *Aegopodium* L

№	Indicators	Object	
		<i>Aegopodium podagraria</i> L.	<i>Aegopodium alpestre</i> Ledeb.
1	Humidity, %	5,36±0,25	5,2±0,14
2	Ash content, %	8,58±0,18	13,24±0,16
3	Extract, %	25,37±6,91	28,13±4,95

The next important indicator of the raw material is the determination of its ash content. The ashes of plant raw materials is called the residue of inorganic substances, obtained after burning and subsequent piercing of the residue to constant weight. The amount of ash in vegetable raw materials varies within certain limits and depends both on the specifics of the raw material itself, and on the method of its collection and drying conditions. As can be seen from figure 3, the ash content of the underground organs of

Aegopodium podagraria L. ($8.58 \pm 0.18\%$) is 1.5 times lower than *Aegopodium alpestre* Ledeb. ($13.24 \pm 0.16\%$).

To carry out the extraction, we took a portion of the crushed raw material weighing 1 g with an accuracy of up to 0.0001 g. 80% ethyl alcohol was used as a solvent. From the analysis presented in table 2 of the data, it can be seen that the extract in the underground organs of *Aegopodium podagraria* L. and *Aegopodium alpestre* Ledeb. high: $25.37 \pm 6.91\%$ and $28.13 \pm 4.95\%$, respectively.

**Figure 3** – Comparative content of moisture, ash and extract content of raw materials of *Aegopodium podagraria* L. and *Aegopodium alpestre* Ledeb.

Conclusion

The ground elder (*Aegopodium podagraria* L.) is a perennial plant that has been known and used in folk medicine for centuries. The interest in herbs has increased in recent years [23].

Thus, the obtained results of the study of the underground organs of plants of the genus *Aegopodium* L. replenishing biological and phytochemical data, makes it possible to determine the pharmacological qualities of plants.

Conflict of interest

All authors have read and are familiar with the content of the article and do not have a conflict of interest.

Acknowledgements

The authors of the article are grateful to Azimbayeva Gulbayra and Kuzhantaeva Zheniskul for valuable recommendations on writing the article.

Әдебиеттер

- 1 Kunle, O.F., Egharevba, H.O., Ahmadu, P.O. Standardization of herbal medicines – A review // *International Journal of Biodiversity and Conservation* Vol. 4(3). – 2012. – P. 101-112. DOI: 10.5897/IJBC11.163. ISSN 2141-243X
- 2 Грудзинская Л.М., Гемеджиева Н.Г., Нелина Н.В., Каржаубекова Ж.Ж. Аннотированный список лекарственных растений Казахстана: Справочное издание. – Алматы, 2014. – 200 с. ISSN: 978-601-7511-00-5
- 3 Федотов С. В. Сныть обыкновенная – новое эфиромасличное растение, ее хозяйственное и медицинское значение (обзор) // *Ароматкоррекция психофизического состояния человека*. Ялта. – 2015. – С. 69-79.
- 4 Лавренова Г.В., Лавренов В.К. Полная энциклопедия лекарственных растений. М.: АСТ; Донецк: Сталкер. – 2008. – 416 с. ISBN 978-985-16-4968-2
- 5 Prior, RM et al., The polyacetylene falcarindiol with COX-1 activity isolated from *Aegopodium podagraria* L. // *Journal of ethnopharmacology*. – 2007. – P. 176-178. DOI: 10.1016/j.jep.2007.05.005
- 6 Paramonov, EA et al., Identification and biological activity of volatile organic compounds isolated from plants and insects. III. Chromatography-mass spectrometry of volatile compounds of *Aegopodium podagraria* // *Chemistry of natural compounds*. 20007 – P. 584-586. DOI: 10.1023/A:1017563708858
- 7 Товчига О.В., Горбач Т.В., Штрыголь С.Ю., и др. Эффекты препаратов сныти обыкновенной (*Aegopodium podagraria* L.) и их комбинаций с метформином у крыс с нарушениями липидного и углеводного обмена, вызванными протамином сульфатом // *Обзоры по клинической фармакологии и лекарственной терапии*. – 2017. – Т. 15. – № 2. – С. 31–41. doi: 10.17816/RCF15231-41
- 8 Tovchiga, O. The influence of *Aegopodium podagraria* L. extract and tincture on behavioural reactions of random-bred mice / O. Tovchiga, S. Shtrygol' // *Journal of Chemical and Pharmaceutical Research*. – 2015. – Vol. 7, № 7. – P. 370–384. ISSN: 0975-7384
- 9 Stefanovic O., Comic L., Stanojevic D., Solujic-Sukdolac S. Antibacterial Activity of *Aegopodium podagraria* L. extracts and interaction between extracts and antibiotics // *Turk J Biol*. –33 (2009). – P.145-150. doi:10.3906/biy-0810-21
- 10 Orav A., Viitak A., Vaher M. Identification of bioactive compounds in the leaves and stems of *Aegopodium podagraria* by various analytical techniques. – Vol. – 2 Issue: 1. – P. 152-160 // DOI: 10.1016/j.proche.2009.12.022
- 11 Агеев В.А., Макарова Д.Л., Домрачев Д.В., Родин А.П., Ханина М.А. Изучение химического состава эфирного масла *Aegopodium podagraria* L. флоры Сибири // *Химия растительного сырья*. – 2011. – №1. – С.129-132
- 12 Агеев В.А. Фармакогностическое исследование сныти обыкновенной : *Aegopodium podagraria* L.: автореферат дис. ... кандидата фармацевтических наук: Самара, 2013.- 25 с.: ил. РГБ ОД, 9 13-1/785
- 13 Флора Казахстана. Т. 6. (Молочайные, Зонтичные и др.]. Алма-Ата, 1963, 466 с. ISBN: 978-5-4458-5988-8
- 14 Барыкина Р.П. и др. Справочник по ботанической микротехнике. Основы и методы. – М., Изд-во МГУ. – 2004. – 312 с. ISBN: 5-211-06103-9
- 15 Yeung, E.C.T., Stasolla, C., Sumner, M.J., Huang, B.Q. *Plant Microtechniques and Protocols*. Springer, 2015. ISBN 978-3-319-19944-3
- 16 Rudall P.J. *Anatomy of flowering plants: An introduction to structure and development*. – 3d ed. // Cambridge University Press, 2007. – 145 p. ISBN: 13: 978-0521692458
- 17 Clarke A.R., Eberhardt C.N. *Microscopy techniques for materials science*. Cambridge, England : Woodhead Pub., 2002. – P. 456. ISBN: 9781855737501
- 18 Лакин Г.Ф. Биометрия. – М.: Высшая школа. – 1990. – 352 с. ISBN 5-06-000471-6
- 19 Surangi W.P., Selenia Y.S. 2014. Bioinformatic and biometric methods in plant morphology. doi: [10.3732/apps.1400071]
- 20 Государственная Фармакопея СССР. Вып.2: Общие методы анализа. – Лекарственное растительное сырье. – М.: Медицина, 1989. – 400 с.
- 21 Государственная Фармакопея РК.– 2009. – Т.2. – 803 с. ISBN. 978-601-7152-43-7.
- 22 Пятигорская Н. В. Самылина И. А. Береговых В. В. Ногаева А. Т. Ковалева Е. К. Смирнов В. Ю. Правила организации производства и контроля качества лекарственных средств из растительного сырья. Учебное пособие. – СПб.: СпецЛит, 2013. – 367 с. ISBN: 9785299004779

23 Dębia K. et. all. Do brewing temperature and the morphological part of the ground elder plant have an influence on the fluoride content of ground elder infusions? *Fluoride*. 2018, 51(2), pp. 153-163. ISSN: 00154725

References

- 1 Ageev V.A. (2013) Farmakognosticheskoe issledovanie snyti obyknovnoj: [Pharmacognostic study of goutweed: *Aegopodium podagraria* L.]: avtoreferat dis. ... kandidata farmacevticheskikh nauk: Samara, - 25 s.: il. RGB OD, 9 13-1/785
- 2 Ageev V.A., Makarova D.L., Domrachev D.V., Rodin A.P., Hanina M.A. (2011) Izuchenie himicheskogo sostava jefirnogo masla *Aegopodium podagraria* L. flory Sibiri [The study of the chemical composition of the essential oil *Aegopodium podagraria* L. flora of Siberia] // *Himija rastitel'nogo syr'ja*, no 1, pp.129-132.
- 3 Barykina R.P. i dr. (2004) Spravochnik po botanicheskoj mikrotehnike. Osnovy i metody [Handbook of botanical micro-technique. Basics and methods.]. – M., Izd-vo MGU. 312 p. ISBN: 5-211-06103-9
- 4 Clarke A.R., Eberhardt C.N. *Microscopy techniques for materials science*. Cambridge, England : Woodhead Pub., 2002. – P. 456. ISBN: 9781855737501
- 5 Dębia K. et. all. (2018) Do brewing temperature and the morphological part of the ground elder plant have an influence on the fluoride content of ground elder infusions? *Fluoride*. 51(2), pp. 153-163. ISSN: 00154725
- 6 Fedotov S. V. (2015) Snyt' obyknovennaja – novoe jefiromaslichnoe rastenie, ee hozjajstvennoe i medicinskoe znachenie (obzor) [Goutweed – a new aromatic plant, its economic and medical value (review)] // *Aromakorrekcija psihofizicheskogo sostojanija cheloveka*. Jalta. pp. 69-79.
- 7 Flora Kazahstana. T. 6. (1963) [Molochajnye, Zontichnye i dr.] [*Euphorbia*, *Umbrella*, etc.]. Alma-Ata, 466 p. ISBN: 978-5-4458-5988-8
- 8 Gosudarstvennaja Farmokopeja RK. (2009) [State Pharmacopeia RK]. vol. 2, 803 p. ISBN. 978-601-7152-43-7.
- 9 Gosudarstvennaja Farmokopeja SSSR. Vyp.2: Obshhie metody analiza. – Lekarstvennoe rastitel'noe syr'e [General methods of analysis. – Medicinal plant raw materials.]. –M.: Medicina, 1989. – 400 s.
- 10 Gosudarstvennaja Farmokopeja RK. (2009). vol. 2, 803 p. ISBN. 978-601-7152-43-7.
- 11 Grudzinskaja L.M., Gemedzhieva N.G., Nelina N.V., Karzhaubekova Zh.Zh. (2014) Annotirovannyj spisok lekarstvennyh rastenij Kazahstana [Annotated list of medicinal plants of Kazakhstan]: Spravochnoe izdanie. – Almaty, 200 p. ISSN: 978-601-7511-00-5
- 12 Kunle, O.F., Egharevba, H.O, Ahmadu, P.O. (2012) Standardization of herbal medicines – A review // *International Journal of Biodiversity and Conservation*, vol. 4(3), pp. 101-112. DOI: 10.5897/IJBC11.163. ISSN 2141-243X
- 13 Lakin G.F. (1990) *Biometrija* [Biometrics]. – M.: Vysshaja shkola. 352 p. ISBN 5-06-000471-6
- 14 Lavrenova G.V., Lavrenov V.K. (2008) *Polnaja jenciklopedija lekarstvennyh rastenij* [Complete encyclopedia of medicinal plants]. M.: AST; Doneck: Stalker. 416 p. ISBN 978-985-16-4968-2
- 15 Orav A., Viitak A., Vaher M. (2009) Identification of bioactive compounds in the leaves and stems of *Aegopodium podagraria* by various analytical techniques. vol. 2 Issue: 1, pp. 152-160// DOI: 10.1016/j.proche.2009.12.022
- 16 Paramonov, EA et al., (2007) Identification and biological activity of volatile organic compounds isolated from plants and insects. III. Chromatography-mass spectrometry of volatile compounds of *Aegopodium podagraria* // *Chemistry of natural compounds*, pp. 584-586. DOI: 10.1023/A:1017563708858
- 17 Pjatigorskaja N. V. Samylina I. A. Beregovyh V. V. Nogaeva A. T. Kovaleva E. K. Smirnov V. Ju. (2013) *Pravila organizacii proizvodstva i kontrolja kachestva lekarstvennyh sredstv iz rastitel'nogo syr'ja*. [Rules for the organization of production and quality control of medicinal products from plant materials]. Uchebnoe posobie. – SPb.: SpecLit, 367 p. ISBN: 9785299004779
- 18 Prior, RM et al., (2007) The polyacetylene faltarindiol with COX-1 activity isolated from *Aegopodium podagraria* L. // *Journal of ethnopharmacology*. pp. 176-178. DOI: 10.1016/j.jep.2007.05.005
- 19 Rudall P.J. (2007) *Anatomy of flowering plants: An introduction to structure and development*. – 3d ed. // Cambridge University Press, 145 p. ISBN: 13: 978-0521692458
- 20 Stefanovic O., Comic L., Stanojevic D., Solujic-Sukdolac S. (2009) Antibacterial Activity of *Aegopodium podagraria* L. extracts and interaction between extracts and antibiotics // *Turk J Biol.*, vol 33, pp.145-150. doi:10.3906/biy-0810-21
- 21 Surangi W.P., Selena Y.S. (2014) Bioinformatic and biometric methods in plant morphology. doi: [10.3732/apps.1400071]
- 22 Tovchiga O.V., Gorbach T.V., Shtrygol' S.Ju., i dr. (2017) Jeffekty preparatov snyti obyknovnoj (*Aegopodium podagraria* L.) i ih kombinacij s metforminom u krys s narushenijami lipidnogo i uglevodnogo obmena, vyzvannyimi protamina sul'fatom [Effects preparations of goutweed (*Aegopodium podagraria* L.) and their combinations with metformin in rats with disorders of lipid and carbohydrate metabolism caused by protamine sulfate] // *Obzory po klinicheskoj farmakologii i lekarstvennoj terapii*. vol. 15, no. 2, pp. 31–41. doi: 10.17816/RCF15231-41
- 23 Tovchiga, O. (2015) The influence of *Aegopodium podagraria* L. extract and tincture on behavioural reactions of random-bred mice / O. Tovchiga, S. Shtrygol' // *Journal of Chemical and Pharmaceutical Research*, vol. 7, no. 7, pp. 370–384. ISSN: 0975-7384
- 24 Yeung, E.C.T., Stasolla, C., Sumner, M.J., Huang, B.Q. (2015) *Plant Microtechniques and Protocols*. Springer, ISBN 978-3-319-19944-3

**Оразов А.Е.^{1,3}, Мухитдинов Н.М.¹, Мырзагалиева А.Б.²,
Туруспеков Е.К.^{1,3}, Шрамко Г.⁴, Кубентаев С.А.⁵**

¹Казахский национальный университет имени аль-Фараби,
Казахстан, г. Алматы, e-mail: orazov_aidyn@mail.ru

²Евразийский национальный университет имени Л. Н. Гумилёва, Казахстан, г. Астана

³Институт биологии и биотехнологии растений, Казахстан, г. Алматы

⁴Университет города Дебрецена, Венгрия, г. Дебрецен

⁵Алтайский ботанический сад, Казахстан, г. Риддер

**РАСПРОСТРАНЕНИЕ И ХАРАКТЕРИСТИКА
ЦЕНОПОПУЛЯЦИЙ *AMYGDALUS LEDEBOURIANA* SCHLECHT.
НА ТЕРРИТОРИИ НАРЫМСКОГО ХРЕБТА**

В статье приведены результаты исследований ценопопуляций эндемичного редкого вида растений Алтая *Amygdalus ledebouriana* Schlecht. В результате исследований изучены территории его распространения в Восточном Казахстане. Исследования осуществлялись маршрутно-рекогносцировочным методом в период с 2016 по 2018 года. Популяции отмечены на территории Нарымского хребта в кустарниковом поясе. На основе проведенного исследования авторами идентифицированы местоположения четырех популяции *A. ledebouriana* на хребте Нарын. Две популяции найдены в кустарниковом поясе данного хребта, на северо-восточном кустарниковом склоне горы Сарышоқы, вблизи села Коктерек (N: 49°05', E: 84°29'; N: 49°08', E: 84°49'). Третья популяция найдена на юго-западном предгорье Бухтарминских гор вблизи села Үлкен Нарын (N: 49°08', E: 84°49'). Четвертая (N: 48°48', E: 83°55') расположена на юго-восточных предгорьях Нарымского хребта, вблизи села Чердоаяк, в долине р. Жинишке. В работе приводятся данные по специфическим условиям произрастания популяций *A. ledebouriana* на хребте Нарым.

Ключевые слова: *Amygdalus ledebouriana* Schlecht., редкие виды, эндемик, ценопопуляция, популяция, местообитание.

Orazov A.E.^{1,3}, Mukhitdinov N.M.¹, Myrzagalieva A.B.²,
Turuspekov Y.K.^{1,3}, Shramko G.⁴, Kubentaev S.A.⁵

¹al-Farabi Kazakh National University, Kazakhstan, Almaty, e-mail: orazov_aidyn@mail.ru

²L.N.Gumilyov Eurasian National University, Kazakhstan, Astana

³Institute of Biology and Plant Biotechnology, Kazakhstan, Almaty

⁴University of Debrecen, Hungary, Debrecen

⁵Altai Botanical Garden, Kazakhstan, Ridder

**Distribution and characterization of cenopopulation
of *Amygdalus ledebouriana* Schlecht. on the territory of the Narym Range**

The article describes the distribution, structural features and comparative analysis of coenopopulations of an endemic rare Altai plant species *Amygdalus ledebouriana* Schlecht. As a result of this study, the territories of its distribution in Eastern Kazakhstan have been studied. Populations were marked on the territory of the Naryn and Kalibinsky ranges in the shrub belt. The studies were carried out by the route reconnaissance method from 2016 to 2018. Based on this study, the authors identified four populations of *A. ledebouriana* Schlecht. on the ridge Naryn. Two populations were found in the shrub belt of this ridge, in the northeastern shrub slope of the Sary-Shoky mountain near the village of Kokterek (N: 49°05', E: 84°29'; N: 49°08', E: 84°49'). The third population was located in the southwestern foothills of the Bukhtarma mountains in the vicinity of Үлкен Нарын (N: 49°08', E: 84°49'). The fourth one was found on the southeastern foothills of the Narym Range, near the village of Cherdoyak (N: 48°48', E:

83°55'), in the valley of the river Zheneshke. The article provides data on the specific growing conditions of *A. ledebouriana* populations on the Naryn ridge.

Key words: *Amygdalus ledebouriana* Schlecht., species, rare, endemic, coenopopulation, population, habitat.

Оразов А.Е.^{1,3}, Мухитдинов Н.М.¹, Мырзагалиева А.Б.²,
Туруспекоев Е.К.^{1,3}, Шрамко Г.⁴, Кубентаев С.А.⁵

¹Әл-Фараби атындағы Қазақ ұлттық университеті, Қазақстан, Алматы қ. e-mail: orazov_aidyn@mail.ru

²Л.Н. Гумилев атындағы Еуразия ұлттық университеті, Қазақстан, Астана қ.

³Өсімдіктер биологиясы және биотехнология институты, Қазақстан, Алматы қ.

⁴Дебрецен университеті, Венгрия, Дебрецен қ.

⁵Алтай ботаникалық бағы, Қазақстан, Риддер қ.

Нарын жотасының территориясындағы *Amygdalus ledebouriana* Schlecht. ценопопуляцияларының сипаттамасы және таралуы

Бұл мақалада Алтайдың сирек, эндем *Amygdalus ledebouriana* Schlecht, өсімдігінің ценопопуляцияларын зерттеу нәтижелері берілген. Зерттеулердің нәтижелері бойынша Шығыс Қазақстан территориясында берілген өсімдік түрінің таралу аймақтары табылды. Зерттеу 2016 және 2018 жылдар аралығында бағыт-рекогносцировтік әдісі бойынша жүргізілді. Нарын жотасының бұталы белдеуінің территориясы бойында өсімдік популяциялары байқалды. Нарын жотасы бойынша *A. ledebouriana* төрт популяциясының мекен-жайы анықтады. Осы жотаның бұталы белдеуінің Сарыкөл тауының солтүстік-шығыстық баурайындағы Көктерек (N: 49°05', E: 84°29'; N: 49°08', E: 84°49') ауылы маңында екі популяция табылды. Үшінші популяция Үлкен Нарын Нарын (N: 49°08', E: 84°49') ауылының маңындағы Бұқтырма тауларының оңтүстік-батыс бөктерінде орналасқан. Төртінші популяция Нарын жотасының оңтүстік-шығыс етегіндегі Жіңішке өзені алқабында орналасқан Чердойак (N: 48°48', E: 83°55') ауылының маңында табылды. Берілген мақалада Нарын жотасындағы *A. ledebouriana* популяциясының нақты өсіп-өну жағдайлары туралы мәліметтер ұсынылады.

Түйін сөздері: *Amygdalus ledebouriana* Schlecht., сирек түр, эндемик, ценопопуляция, популяция, мекенету ортасы.

Введение

Восточно-Казахстанская область относится к регионам с богатыми растительными ресурсами и его флористическое богатство является неповторимой ценностью для Республики Казахстан. Особенностью данного региона является наличие большого количества эндемичных и лекарственных растений в его флоре. Каждый вид растений, произрастающий в природе, является неповторимым, и исчезновение одного вида растения приводит к невозможной утрате общего биоразнообразия флоры страны.

В настоящее время одной из самых актуальных проблем, остро стоящих перед человечеством, является проблема сохранения биологического разнообразия. В решении задач в области охраны редких и исчезающих видов растений особое значение имеют исследования, посвященные изучению структуры и организации ценопопуляций растений в различных регионах Республики Казахстан. Выявление возрастной структуры ценопопуляций, являющейся одной из основных оценок популяции, позволяют определить способность популяционной системы к

самоподдержанию и оценить ее устойчивость к неблагоприятным факторам окружающей среды [1]. В этом отношении актуальны исследования, посвященные изучению популяций эндемичных, редких и исчезающих, видов растений.

Миндаль Ледебуря (*Amygdalus ledebouriana* Schlecht.) – высокодекоративный кустарник семейства *Rosaceae* (рисунок 1), являющийся эндемичным видом в Казахстане [2].



Рисунок 1 – *Amygdalus ledebouriana* Schlecht.

Вид занесен в Красную книгу Республики Казахстан [3]. В фазе цветения формирует нежно розовый аспект. Произрастает в разнотравно-луговой степи, на горных степных склонах и плато, в долинах рек и в луговых ложбинах. Встречается в предгорьях юго-западного Алтая, Тарбагатай, в Джунгарском Алатау. По мнению Б.А. Быкова, это очень молодой степной алтайский вид, возможно, входящий на правах подвида в миндаль низкий [4].

Исследования ценопопуляций *A. ledebouriana* проводились на Нарымском хребте (каз. Нарын жотасы), который находится на территории Восточно-Казахстанской области и входит в систему Южного Алтая, служит водоразделом рек Нарым и Курчум [5, 6]. Протяженность его – около 120 км, максимальная высота – до 2533 м. Он сложен палеозойскими песчаниками, конгломератами, сланцами, туфами, прорванными интрузиями гранитов. Его растительный покров, как типичного горного района, подчинён закону вертикальной поясности. На высоте от 600 до 1500 м – ковыльно-типчаковые и луговые степи; с высоты 1300 м (на сев. склонах) – берёзово-осиновые леса, выше – лиственничные, по долинам – елово-пихтово-кедровые леса. На высоких гребнях хребтов и в долинах – субальпийские и альпийские луга. Климат резко континентальный [7].

На хребте Нарын, в отличие от хребтов Западного Алтая, получает значительное распространение кустарниковый пояс, высотные отметки распространения которого колеблются в пределах 1200-1800 м над уровнем моря. Кустарники образуют сплошные непроходимые заросли на теплых склонах южных, юго-восточных и западных экспозициях, на северных пологих склонах гор, а на более холодных склонах северной экспозиции они образуют красочные или бедные разнотравно-ковыльные, отчасти кустарниковые степи. Заросли кустарников размещаются в долинах рек, обычно располагаются пятнами среди участков с травяной растительностью. Многие из кустарников являются компонентами луговых и лесных ценозов.

В пределах исследуемого хребта Миндаль Ледбура встречается на горных степных склонах, неглубоких логах, открытых, щебнистых склонах сопков, холмов, обочинам дорог, в предгорных зарослях кустарника. Образует монозаросли или входит в состав кустарниковых сообществ, нередко является доминирующим в зарослях *Caragana frutex* (L.) С. Koch и *Rosa pimpinellifolia* L.

Цель исследований: изучение распространения и определение структурных особенностей (плотности, возрастной спектр и др.) ценопопуляций *Amygdalus ledebouriana* на территории Нарымского хребта. Основные задачи исследований: изучение эколого-ценотической взаимосвязи ценопопуляции Миндаля Ледбура и флористический состав растительных сообществ контактируемый с ними. Ценопопуляционное описание вида: определение численности, плотности и возрастного спектра. Научный задел был выполнен в рамках программы «Изучение генетического разнообразия и сохранение генетических ресурсов эндемичных, редких и хозяйственно ценных видов растений в Республике Казахстан» по приоритету «Интеллектуальный потенциал страны» на 2015-2017 гг. (руководитель Турусбеков Е.К.). Основные исследования были выполнены в 2018 году [8, 9].

Материалы и методы исследований

Обследование территорий осуществлялось маршрутно-рекогносцировочным методом по общепринятым методикам [10]. Маршруты полевых исследований намечали по картографическим лесоустроительным материалам землепользования и административным картам Восточно-Казахстанской области. Маршрут (рисунок 2) экспедиции был составлен с таким расчетом, чтобы посетить наиболее вероятные и характерные места произрастания изучаемого вида растений.

Особи растений, входящие в состав ценопопуляции, как правило, различаются по возрасту. Но, к сожалению, определить абсолютный возраст растений по их внешнему виду достаточно сложно, зачастую и вовсе невозможно. Поэтому у большинства растений устанавливается их относительный возраст, то есть тот, на который растение «выглядит». Характеристик возрастного состояния проводилось по схеме А.А. Уранова [11]. Плотность популяции оценивалась как число особей на 10 м².

Исследования проводились по общепринятым методикам: при описании растительных сообществ с участием и доминированием изучаемых видов растений были использованы общепринятые геоботанические методы, изложенные в работе Б.А. Быкова [12]. Авторы таксонов цитируются в соответствии с правилами, принятыми в сводке С. К. Черепанова [13], С.А. Абдулиной [14]. Местонахождение зарослей устанавливали,

руководствуясь биологическими особенностями и экологической приуроченностью изучаемого вида, а также с использованием гербарного материала. Подлинность растений определяли

с помощью работ «Флора Казахстана», «Иллюстрированный определитель семейств и родов» [15], «Иллюстрированный определитель растений Казахстана» [16].



Рисунок 2 – Карта-схема расположения изучаемых ценопопуляций *Amygdalus ledebouriana* Schlecht. (1,2 – с. Коктерек, 3 – с. Улкен Нарын, 4 – с. Чердоjak)

Результаты исследования и их обсуждение

В результате обследования Нарынского хребта определены местоположения четырех ценопопуляций *A. ledebouriana*. Первая и самая обширная ценопопуляция (*Коктерекская 1*) была найдена д.б.н. Мырзагалиевой А.Б. в 2016 году на территории Катон-Карагайского района вблизи села Коктерек. Растения *A. ledebouriana* обнаружены на северо-восточном кустарниковом склоне г. Сары-Шоки, хребта Нарын, Южного Алтая, в окрестности с. Коктерек (Катон-Карагайский район). GPS координаты: N: 49°05', E: 84°29', на высоте 724 м над уровнем моря. На склоне 60°, почва горный чернозём. Растения миндаля сравнительно крупные, 150-170 см выс., побеги хорошо разветвленные [17].

Северо-восточные склоны г. Сары-Шоки, ущелья покрыты густой кустарниковой растительностью из *Spiraea trilobata* L., *S. media*

Schmidt., *Amygdalus ledebouriana*, *Rosa acicularis* Lindl., *Rosa alberti* Regel., *Lonicera tatarica* L., *Cotoneaster melanocarpa* Lodd., *Rubus idaeus* L., *Daphne altaica* Pall. Под пологими кустарниками развито богатое видовое разнообразие травянистой растительности – встречаются *Artemisia absintium* L., *A. vulgare* L., *Thalictrum collinum* Wallr., *Lilium pilosiusculum* (Freun) Misch., *Origanum vulgare* L., *Medicago valcata* L., *Aconitum volubile* Pall. Ex Koelle. [18].

В описываемом фитоценозе выделялись три яруса. Высота первого яруса составила 150-200 см. Он представлен кустарниками – *Spiraea trilobata*, *Spiraea media*, *Amygdalus ledebouriana*, *Rosa acicularis*, *Rosa alberti*, *Lonicera tatarica*, *Cotoneaster melanocarpa*, *Rubus idaeus*, *Daphne altaica*.

Высота второго яруса колебалась в пределах 80-100 см, в травостое этого яруса преобладали такие виды, как *Lavathera thuringiaca*, *Artemisia*

absintium, *Artemisia vulgare*, *Lilium pilosiusculum*, *Centaurea ruthenica*, *Alopecurus pratensis*, *Calamagrostis epigeios*.

Третий ярус слагают растения высотой 40-50 см, *Aconitum volubile*, *Thalictrum collinum*, *Campanula glomerata*, *Paeonia hybrida*, *Origanum vulgare*, *Hypericum perforatum*, *Potentilla recta*, *Potentilla hrysanth*, *Solidago virgaurea*, *Thermopsis lanceolata*, *Rubus saxatilis*, *Orobus luteus*, *Medica govalcata*, *Poa pratensis* [19].

Всего в общем списке 45 видов, среди которых в фитоценозе наиболее обильны *Amygdalus ledebouriana* и *Daphne altaica*. Они слагают непроходимые кустарниковые заросли.

Обнаруженная ценопопуляция *Amygdalus ledebouriana* занимает достаточно обширные площади, практически все плодоносящие. Общая площадь, занимаемая ценопопуляцией – около 10 га. На первом этапе исследования ценопопуляции можно отметить, что они возобновляемые, высокий процент генеративных особей, обильно плодоносят.

Благодаря обильному увлажнению, под кустарниками развивается высокий и разнообразный травяной покров из луговых злаков (*Calamagrostis epigeios*, *Agropurum repens*, *Bromus inermis*) и многих высоких двудольных (*Delphinium dictyocarpum*, *Lavathera thuringiaca*). Для хребта и прилегающих возвышенностей типичны также заросли дикой желтой акации (*Caragana arborecens*). В ложках пустынного мелкосопочника и в понижениях среди пустынных равнин обычны небольшие участки зарослей *Caragana balchaschensis*. Чрезвычайно характерны для хребта Нарын ассоциации видов *Rosa*. В их составе принимают участие *Rosa spinosissima* и некоторые другие виды [20].

Кустарниковые густые заросли тянутся по юго-восточному склону до высоты 1300-1500 м. на уровне 1200 м на склонах северо-западной экспозиции появляются осиновые рощи в первом ярусе, во втором ярусе преобладают кустарники *Spiraea trilobata* L., *S. media* Schmidt., *Rosa acicularis* Lindl., *Rosa alberti* Regel., *Lonicera tatarica* L., *L. altaica* L., *Cotoneaster melanocarpus* Fisch. ex Blytt., *Daphne altaica* Pall., *R. idaeus* L. Из травянистой растительности встречаются *Artemisia absintium* L., *A. vulgare* L., *Thalictrum collinum* Wallr., *Lilium pilosiusculum* (Freun) Misch., *Origanum vulgare* L., *Medicago valcata* L., *Aconitum volubile* Pall. ex Koelle, *Thermopsis lanceolata* R. Br., *Campanula glomerata* L., *Hypericum perforatum* L., *Rubus saxatilis* L., *Crepis sibirica* L., *Centaurea ruthenica* Lam.,

Orobus luteus L., *Delphinium elatum* L., *Aconitum leucostomum* Worosch.

Вторая ценопопуляция (Коктерекская 2) *Amygdalus ledebouriana* произрастает на расстоянии около двух километров от первой популяции, на северо-восточном кустарниковом склоне хребта Нарын, Южного Алтая, вдали от села Коктерек, за малым перевалом. GPS координаты: N: 49°08', E: 84°49', Н: 820 м. Данная популяция занимает северо-восточный крутой, 45°-градусный склон сопки, почва – горный чернозём. Видовой и ярусный состав схож с предыдущей популяцией. Характерное отличие данной популяции – это низкая антропогенная нагрузка на фитоценоз в целом [21].

Общая площадь, занимаемой ценопопуляцией – около 1,5 га с относительно низкой плотностью по сравнению с предыдущей популяцией. Возрастной состав растений меняется с востока на запад. На восточной части ареала возобладают молодые виргинильные растения, к северу количество генеративных растений увеличивается. Данная популяция относится к возобновляемой.

Флористический состав кустарников разнообразен. В зависимости от обилия того или иного вида на хребте Нарым можно выделить следующие ассоциации: шиповниково-черемуховая (*Padus avium* – *Rosa alberti*, *Rosa acicularis*, *Lonicera tatarica*, *Caragana arborescens*), розарий (*Rosa acicularis*, *R. spinosissima*, *R. alberti*), аконитово-малиновая (*Rubus idaeus* – *Aconitum leucostomum*), таволожник полынно-эфемеровая (*Spiraea hyperycifolia*, *S. trilobata* – *Artemisia sericea* – *Festuca altaica*, *Helichtotrichon desertorum*), жимолостно-таволожная (*Spiraea hyperycifolia*, *S. trilobata* – *Lonicera tatarica*, *Berberis sibirica*, *Juniperus sabina*, *Ephedra equisetina*), полынно-ковыльный розарий (*Stipa capillata* – *Rosa acicularis*, *Artemisia sericea*, *A. commutate*), караганники (*Caragana arborescens*, *C. frutex*, *C. media*), жимолостно-волчегоднико-миндальная (*Amygdalus ledebouriana* – *Daphne altaica* – *Lonicera tatarica*) [22].

Также *A. ledebouriana* встречается небольшими пространственно-изолированными многовидовыми участками. Особый интерес представляют две ценопопуляции в долине р. Жинишке и близ с. Улкен Нарын.

Третья ценопопуляция (Улкен Нарынская) *A. ledebouriana* размещена на юго-западном предгорье Бухтарминских гор, северо-восточнее с. Улкен Нарын. Координаты: N: 49°08', E: 84°49', Н: 820 м. Занимает предгорную террасу около 35 м шириной и 245 м длиной. Популяция ориенти-

рована с востока на запад, открыта, хорошо освещена и прогревается. Рельеф участка выровнен. Почвенный слой слабо выражен, состоит из мелкого щебня, глинистых образований, обогащенных гумусом. Опад слабо представлен. Участок значительно стравлен овцами. Плодоношение не отмечено. Размножается вид, в основном, вегетативно (отпрысками). В составе горно-кустарникового степного сообщества выделен один миндально-таволговый (*Spiraea hypericifolia* L., *Amygdalus ledebouriana*) фитоценоз.

В мае *Amygdalus ledebouriana* формирует красочный розовый аспект, в начале июня сменяется на белый, зацветает *Spiraea hypericifolia* L. Сомкнутость кустарникового яруса – 06-07. В покрытии на долю доминирующих видов приходится до 65%. Общее проективное покрытие – 90%. Травостой беден, представлен 7-10 видами: *Phleum phleoides* (L.) Karst., *Poa angustifolia* L., *Carex turkestanica* Regel, *C. Humilis* Leyss., *Berteroia incana* (L.) DC. В разреженном кустарнике в роли субдоминанта может выступать *Stipa capillata* L. Нередко *Carex turkestanica* Regel образует клональные одновидовые участки площадью несколько десятков м². Популяция стареющая, неполноценная, регрессирующая под воздействием антропогенного фактора. Ниже приводится характеристика ценопопуляции миндально-караганового фитоценоза.

Четвертая ценопопуляция (Чердоаякская) миндально-караганового (*Caragana frutex* (L.) С. Koch, *Amygdalus ledebouriana*) фитоценоза размещена на юго-восточных предгорьях хр. Нарымский, близ с. Чердоаяк, в долине р. Жинишке, GPS координаты: N: 48°48', E: 83°55', H: 786 м. Занимает участки небольшие по площади – 120-500 м². Входит в состав степных кустарниковых формаций (*Caragana frutex* (L.) С. Koch, *Lonicera tatarica* L., *Spiraea hypericifolia* L., *S. media* Franz Schmidt). Рельеф участка выровненный с незначительным уклоном на юго-восток. Ориентирован с северо-востока на юго-запад. Почвы рыхлые, горные черноземы с высоким содержанием гумуса и мелкого щебня. Долина реки с юго-востока закрыта плотными зарослями *Populus laurifolia* Ledeb., *P. nigra* L. и *Salix alba* L. с плотным подлеском из *Salix rorida* Laksch., *S. cinerea* L., *S. viminalis* L., *Lonicera tatarica* L., *Rosa acicularis* Lindl.; с северо-запада закустаренными склонами предгорий. Как правило, долина защищена от отрицательного ветрового воздействия. Таким образом, создаются

оптимальные эколого-ценотические условия для обитания вида (накопление и сохранение влаги и гумуса). В данной ценопопуляции отмечено значительное накопление опада – 185 г/м². В миндально-карагановом фитоценозе *A. ledebouriana* не образует плотных, значительных по площади зарослей. По площади миндаль низкий размещен мозаично, одновидовыми клональными микроучастками по 150-500 м², здесь участие его в сложении растительных сообществ значительна. Общее проективное покрытие до 95%. В покрытии на долю *A. ledebouriana* приходится до 27%, процент участия в фитоценозе – 28%. Флористический состав данного растительного сообщества значительным сходством и постоянством, состоит из 15-20 видов, из них 95% отмечаются во всех геоботанических описаниях.

Экологический оптимум *A. ledebouriana* приходится на поляны, опушки, изреженные заросли *Caragana frutex* (L.) С. Koch, в высотном пределе – 500-700 м над ур. м. Вид предпочитает хорошо дренируемые и обогащенные гумусом почвы. Затенение вид переносит плохо, обычно утрачивает генеративную фазу [23]. В 2014 г. отмечено массовое цветение миндаля и полное отсутствие семеношения. Отсутствие семеношения, по-видимому, является результатом ограниченности опылителей, как и эколого-климатических факторов (возвратные заморозки до -7°C). Миндально-карагановая ценопопуляция характеризуется нормальным развитием. Растения миндаля сравнительно крупные, 150-170 см выс., побеги хорошо разветвленные, поврежденный заморозками не отмечено [24].

Возрастной спектр *A. ledebouriana* достаточно обширный (рисунок 3). Во всех анализированных ценопопуляциях встречались представители следующих групп: v1 (виргинальные), v2 (взрослые вергинальные), g1 (молодые генеративные), g2 (зрелые генеративные), g3 (старые генеративные), ss (субсенильные) [25, 26].

Количество растений в ценопопуляциях, относящихся к онтогенетическим состояниям, указаны в таблице.

В первой, второй и третьей ценопопуляциях возобладают молодые генеративные и зрелые генеративные растения, что указывает на возобновляемость данных ценопопуляций. В четвертой ценопопуляции присутствуют представители старых генеративных и субсенильных растений, что является признаком старения данной ценопопуляции, то есть слабое его возобновление (рисунок 4).

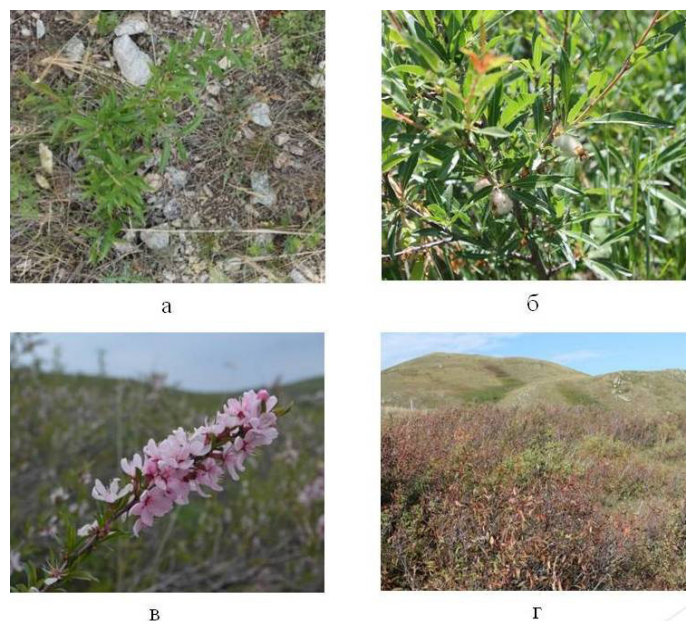


Рисунок 3 – Вид на разных стадиях развития в природе (а – период вегетации, б – период плодоношения период цветения, в – период цветения, г – период осенней вегетации)

Таблица – Среднее количество особей *A. ledebouriana* разных возрастных групп (шт.)

Онтогенетическое состояние	1 ценопопуляция	2 ценопопуляция	3 ценопопуляция	4 ценопопуляция
v_1	ед.	ед.	ед.	ед.
v_2	$5,0 \pm 0,8$	$3,0 \pm 0,7$	$2,8 \pm 0,7$	ед.
g_1	$12,9 \pm 2,3$	$9,9 \pm 1,8$	$6,8 \pm 1,4$	$3,0 \pm 1,1$
g_2	$11,1 \pm 2,3$	$7,6 \pm 1,7$	$6,2 \pm 2,1$	$4,1 \pm 1,4$
g_3	$5,0 \pm 1,2$	$3,3 \pm 1,0$	$3,8 \pm 0,9$	$5,0 \pm 1,2$
ss	ед.	ед.	0	$2,4 \pm 0,7$
s	0	0	0	0

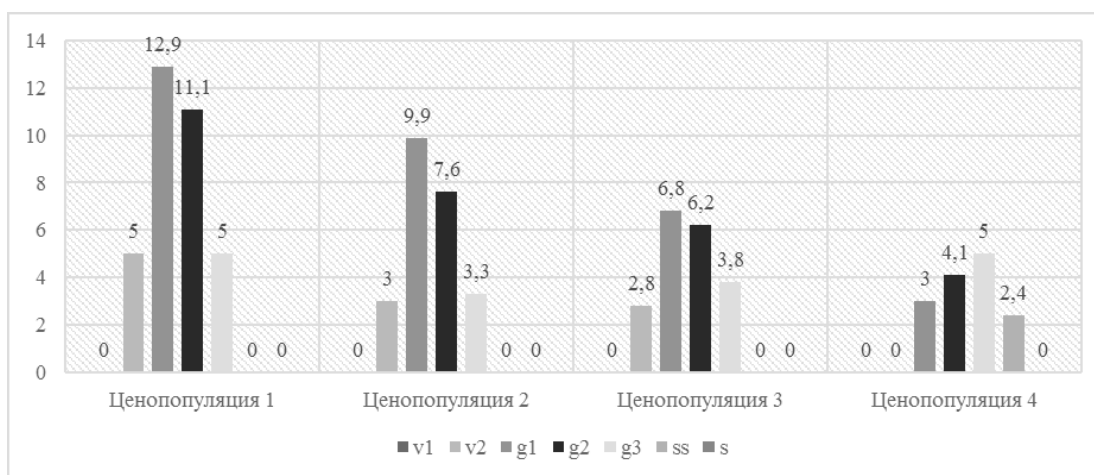


Рисунок 4 – Сравнительная диаграмма возрастного спектра 4 ценопопуляций

Исследованные ценопопуляции *A. ledebouriana* являются нормальными, во всех ценопопуляциях отсутствуют сенильные особи. В основном во всех ценопопуляциях преобладают

генеративные растения, что показывает на возобновляемость данного вида растения. Относительная плотность (рисунок 5) особей в первой ценопопуляции – $37,1 \pm 4,2$, во второй – $24,7 \pm 5,9$.

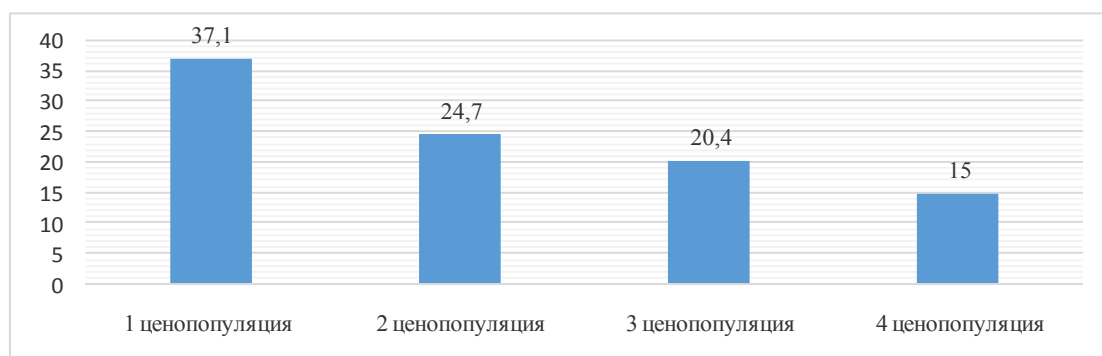


Рисунок 5 – Средняя плотность ценопопуляции *Amygdalus ledebouriana* (шт./10 м²)

Высокая плотность первой и второй ценопопуляций данного вида растения связана, по-видимому, с высокой влажностью грунта. Годовая сумма осадков в данном районе колеблется от 1000 до 1800 мм. Максимум их приходится на июль, минимум – на август. Плотность третьей и четвертой ценопопуляций занижается, и составила $20,4 \pm 4,2$ и $15 \pm 4,0$ шт./10 м².

Заключение

В результате изучения распространения и возрастных особенностей редкого эндемичного вида *A. ledebouriana* на территории Нарымского хребта были обнаружены четыре ценопопуляции в следующих регионах – Улькен Нарынская, Чердоаякская и две Коктерекской. Ценопопуляции отмечены в восточной части хребта на мелкосопочных отрогах в кустарниковом поясе. Отмечено нестабильное состояние ценопопуляций вида, характеризующихся правосторонними возрастными спектрами и слабое его возобновление

в Чердоаякской ценопопуляции. Остальные ценопопуляции отличаются сравнительно высокой плотностью и возобновляющейся структурой.

Основными ограничивающими факторами для развития данного растения в природе являются антропогенная нагрузка и влажность почвы на территории произрастания. Требуется дополнительные меры охраны и контроля за текущим состоянием вида, в том числе точное установление актуальных границ его распространения, а также более активное введение в культуру *in vitro* для микрклонального размножения в целях получения посадочного материала для озеленения и сохранения в искусственных условиях с параллельным изучением генетического разнообразия разных популяций в природе и в культуре.

Статья подготовлена в рамках проекта ИББР АР05131621 «Информационная система по молекулярно-генетической и ботанической документации дикорастущей флоры Казахстана» на 2018-2020 гг.

Литература

- 1 Рябушкина Н.А., Абугалиева С.И., Турусбеков Е.К. Проблема изучения и сохранения биоразнообразия флоры Казахстана // Биотехнология. Теория и практика. – 2016. – №3. – С.13-23.
- 2 Артемов И. А., Бадритдинов Р. А., Байков К.С., Байкова Е.В., Банаев Е.В., и др. Иллюстрированная энциклопедия растительного мира Сибири // Новосибирски: Арта, 2009. – С. 230.
- 3 Красная книга Казахстана. Том 2 Часть 1 Растения. – Астана, – 2014. – с.149.
- 4 Быков Б.А. Очерки истории растительного мира Казахстана и Средней Азии. Алма-Ата: Наука, 1979. – 108 с.
- 5 Красная книга Казахской ССР. Редкие и находящиеся под угрозой исчезновения виды животных и растений. Часть 2. Растения. Алма-Ата, – 1981. – с.149.
- 6 Флора Казахстана. Том 4. – Изд-во АН КазССР. – 1961. – С. 505-508.

- 7 Краткая географическая энциклопедия, Том 3/ Гл.ред. Григорьев А.А. М.: Советская энциклопедия – 1962, – 580 с.
- 8 Turuspekov Y., Abugaliev S. Plant DNA barcoding project in Kazakhstan // Genome. 2015. – Vol. 58, N.5. – P.290.
- 9 Туруспеков Е.К., Иващенко А.А., Ишмуратова М.Ю., Котухов Ю.А., Данилова А.Н., Мырзагалиева А.Б., Ситпаева Г.Т., Иманбаева А.А., Сакауова П.Б., Какимжанова А.А., Аbugалиева С.И. Генетическое разнообразие дикорастущей флоры Казахстана // Мат. межд.научно-практ. конф. «Изучение, сохранение и рациональное использование растительного мира Евразии», посвященной 85-летию Института ботаники и фитоинтродукции. – Алматы, 2017. – С. 143-148.
- 10 Быков Б.А. Геоботаника. – Алма-Ата: Наука, – 1978. – 287с.
- 11 Уранов А.А. Возрастной спектр фитоценопопуляции как функция времени и энергетических волновых процессов // Биол. науки. № 2. С. 7–33.
- 12 Быков Б.А. Геоботаника. – Алма-Ата: Наука, – 1978. – 287с.
- 13 Черепанов С.К. Сосудистые растения России и сопредельных государств. – СПб., 1995. – 992 с.
- 14 Абдулина С.А. Список сосудистых растений Казахстана / под ред. Р.В. Камелина. – Алматы, – 1999. – 187 с.
- 15 Байтенов М.С. Флора Казахстана. Том 1.: Иллюстрированный определитель семейств и родов. – Алматы: Ғылым, – 1999. – 105 с.
- 16 Иллюстрированный определитель растений Казахстана. – Алма-Ата, «Наука», – 1972, – том 2. – С.572.
- 17 Мырзагалиева А.Б., Самарханов Т.Н., и др. Распространение и экологическая приуроченность некоторых редких и эндемичных растений Казахстанского Алтая. // Вестник Сем. гос. университета им. Шакарима. 2015. – №3 (71) – С. 122-126.
- 18 Сумбембаев А.А. Новые местонахождения *Amygdalus ledebouriana* Schlecht. (Fabaceae) – редкого эндемичного вида флоры Казахстана – на Калбинском хребте. // Бюллетень Брянского отделения Русского ботанического общества. 2018. – № 1 (13). – С. 22–28.
- 19 Мырзагалиева А.Б. Дикорастущие плодовые растения Нарымского хребта // Известия Академии наук Республики Таджикистан. Отделение биологических и медицинских наук. – 2008. – №3(164) – С.30-35.
- 20 Baitulin I., Myrzagaliev A., Samarkhanov T. New localities of endemic and relic species of flora in East Kazakhstan // Известия НАН РК, серия: биологическая и медицинская, Алматы, – 2018. – № 1 (325). – С. 10-14.
- 21 Мырзагалиева А.Б., Оразов А.Е. Новые местообитания *Amygdalus ledebouriana* Schlecht. во флоре Восточного Казахстана. // Вестник Сем. гос. университета им. Шакарима. – 2018. – №3 (83) – С. 267-270.
- 22 Байтулин И. О., Котухов Ю. А., Флора сосудистых растений Казахстанского Алтая. Алматы. – 2011. – 158 с.
- 23 Мырзагалиева А.Б., Акзамбек А.М., Оразов А.Е., Туктасинова А.А. Биотехнологические приемы микроразмножения миндаля ледибуровского // Материалы международной научно-конференции конференции «Актуальные проблемы биотехнологии, экологии и физико-химической биологии», Алматы. – 2017. – С. 32-33.
- 24 Abugaliev S., Turuspekov Y. Genetic diversity study of endemic and rare species of flora from Kazakhstan based on molecular and genetic methods // IV Вавиловская международная конференция «Идеи Н.И. Вавилова в современном мире». – Санкт-Петербург, 2017. – С. 213.
- 25 Уранов А.А. Возрастной спектр фитоценопопуляции как функция времени и энергетических волновых процессов // Биол. науки. – 1975. – № 2. – С. 7–33.
- 26 Быков Б. А. 1970. Введение в фитоценологию. Алма-Ата: Изд-во АН КазССР. – 226 с.

References

- 1 (1961) Flora Kazahstana [Flora of Kazakhstan] Volume 4. – Publishing House of the Academy of Sciences of the Kazakh SSR. – pp. 505-508.
- 2 (1972) Illyustrirovannyj opredelitel' rastenij Kazahstana. – Alma-Ata, «Nauka», –, – tom 2. – S.572.
- 3 (1981) Krasnaya kniga Kazahskoj SSR. Redkie i nahodyashchiesya pod ugrozoy ischeznoventiya vidy zhivotnyh i rastenij [The Red Book of the Kazakh SSR. Rare and endangered species of animals and plants.] Part 2. Plants. Alma-Ata, p.149.
- 4 (2014) Krasnaya kniga Kazahstana. [Red Book of Kazakhstan]. Volume 2 Part 1 Plants. – Astana, – p.149.
- 5 Abdulina S.A., Kamelina. R.V. (1999) Spisok sosudistyh rastenij Kazahstana [lists of vascular plants Kazakhstan] – Almaty, – p. 187.
- 6 Abugaliev S., Turuspekov Y. (2017) Genetic diversity study of endemic and rare species of flora from Kazakhstan based on molecular and genetic methods. IV Vavilovskaya mezhdunarodnaya konferenciya «Idei N.I. Vavilova v sovremennom mire». – St. Petersburg, – p. 213.
- 7 Artemov I. A., Badritdinov R. A., Bajkov K.S., Bajkova E.V., Banaev E.V., other. (2009) Illyustrirovannaya ehnciklopediya rastitel'nogo mira Sibiri [Illustrated Encyclopedia of the Plant World of Siberia]. Novosibirski: Arta, – p. 230.
- 8 Baitulin I., Myrzagaliev A., Samarkhanov T. New localities of endemic and relic species of flora in East Kazakhstan // Izvestiya NAN RK, seriya: biologicheskaya i medicinskaya, Almaty, –, – № 1 (325). – S. 10-14.
- 9 Bajtenov M.S. (1999) Flora Kazahstana. Illyustrirovannyj opredelitel' semejstv i rodov [Flora of Kazakhstan. Illustrated determinant of families and genera] – Almaty Tom 1.: Fylym, – 1999. – 105 s.
- 10 Bajtulin I. O., Kotuhov YU. A. (2011) Flora sosudistyh rastenij Kazahstanskogo Altaya. Almaty. –, – 158 s.
- 11 Bykov B. A. (1970) Vvedenie v fitocenologiyu. Alma-Ata: Izd-vo AN KazSSR. – 226 s.
- 12 Bykov B.A. (1978) Geobotanika [geobotany] – Alma-Ata: Nauka, – p. 287.
- 13 Bykov B.A. (1978) Geobotanika [geobotany] – Alma-Ata: Nauka, –p. 287.
- 14 Bykov B.A. (1979) Ocherki istorii rastitel'nogo mira Kazahstana i Srednej Azii [Essays on the history of the plant world of Kazakhstan and Central Asia] – Alma-Ata: Science, – p.108

- 15 Cherepanov S.K. (1995) Sosudistye rasteniya Rossii i sopredel'nyh gosudarstv [Vascular plants of Russia and neighboring states]. – SPb. – p. 992.
- 16 Grigor'ev A.A. (1962) Kratkaya geograficheskaya ehnciklopediya [Brief geographic encyclopedia] Volume 3 Soviet Encyclopedia – p.580.
- 17 Myrzagalieva A.B. (2018) Dikorastushchie plodovye rasteniya Narymskogo hrebta // Izvestiya Akademii nauk Respubliki Tadjikistan. Otdelenie biologicheskikh i medicinskih nauk. – 2008. – №3(164) – S.30-35.
- 18 Myrzagalieva A.B., Akzambek A.M., Orazov A.E., Tukhtasinova A.A. (2017) Biotekhnologicheskie priemy mikrorazmnozheniya mindalya lediburovskogo [Biotechnological techniques for micropropagation of almond] Materialy mezhdunarodnoj nauchno-konferencii konferencii «Aktual'nye problemy biotekhnologii, ehkologii i fiziko-himicheskoy biologii», Almaty. – p. 32-33.
- 19 Myrzagalieva A.B., Orazov A.E. (2018) Novye mestoobitaniya Amygdalus ledebouriana Schlecht. vo flore Vostochnogo Kazahstana. // Vestnik Sem. gos. universiteta im. SHakarima. – – №3 (83) – S. 267-270.
- 20 Myrzagalieva A.B., Samarhanov T.N., i dr. (2015) Rasprostranenie i ehkologicheskaya priurochennost' nekotoryh redkih i ehndemichnyh rastenij Kazahstanskogo Altaya. // Vestnik Sem. gos. universiteta im. SHakarima.. – №3 (71) – S. 122-126.
- 21 Ryabushkina N.A., Abugalieva S.I., Turuspekov E.K. (2016) Problema izucheniya i sohraneniya bioraznoobraziya flory Kazahstana [The problem of studying and preserving the biodiversity of the flora of Kazakhstan]. Biotekhnologiya. Teoriya i praktika. – no 3. – pp. 13-23.
- 22 Sumbembaev A.A. (2018) Novye mestonahozhdeniya Amygdalus ledebouriana Sclecht. (Fabaceae) – redkogo ehndemichnogo vida flory Kazahstana – na Kalbinskom hrebte. // Byulleten' Bryanskogo otdeleniya Russkogo botanicheskogo obshchestva.. – № 1 (13). – S. 22–28.
- 23 Turuspekov E.K., Ivashchenko A.A., Ishmuratova M.YU., Kotuhov YU.A., Danilova A.N., Myrzagalieva A.B., Sitpaeva G.T., Imanbaeva A.A., Sakauova P.B., Kakimzhanova A.A., Abugalieva S.I. (2017) Geneticheskoe raznoobrazie dikorastushchej flory Kazahstana [Genetic diversity of the wild flora of Kazakhstan]. materials of the international scientific-practical conference "The study, preservation and rational use of the plant world of Eurasia", dedicated to the 85th anniversary of the Institute of Botany and Phytointroduction. – Almaty, – p. 143-148.
- 24 Turuspekov Y., Abugalieva S. (2015) Plant DNA barcoding project in Kazakhstan. Genome. Vol. 58, N.5. – p.290.
- 25 Uranov A.A. (1975) Vozrastnoj spektr fitocenopopulyacii kak funkciya vremeni i ehnergeticheskikh volnovykh processov [Age range of coenopopulation as a function of time and energy wave processes] Biol. science. № 2. P. 7–33.
- 26 Uranov A.A. (1975) Vozrastnoj spektr fitocenopopulyacii kak funkciya vremeni i ehnergeticheskikh volnovykh processov // Biol. nauki. – – № 2. – S. 7–33.

Садырова Г.А.

доктор биологических наук,
и.о. профессора, кафедра «ЮНЕСКО по устойчивому развитию»,
Казахский национальный университет им. аль-Фараби,
Казахстан, г. Алматы, e-mail: gulbanu-s@mail.ru

**БИОРАЗНООБРАЗИЕ ФЛОРИСТИЧЕСКИХ КОМПЛЕКСОВ
НА ТЕРРИТОРИИ ХРЕБТА КЕТПЕН-ТЕМЕРЛИК**

В статье приводится анализ биоразнообразия флористических комплексов хребта Кетпен-Темерлик в пределах Казахстана и Китая. По результатам проведенных многолетних флористических исследований на территории хребта Кетпен-Темерлик в пределах Казахстана и Китая, насчитывается 1890 видов сосудистых растений, относящихся к 593 родам и 120 семействам. По видовому составу, на исследуемой территории хребта Кетпен-Темерлик доминирует отдел Magnoliophyta, на долю которого приходится 98,4 % и 1,6 % относится к Pinophyta, Polypodiophyta, Lycopodiophyta, и Equisetophyta. Соотношение однодольных и двудольных групп во флоре хребта составляет примерно 1:5,4, где Magnoliopsida преобладает над Liliopsida по видовому и родовому составу более чем в 5 раз. Двудольных растений насчитывается 1510 видов, что составляет 80%, однодольных растений – всего 350 видов. Для хребта Кетпен-Темерлик нами выделены 13 флористических комплексов: пустынный, пустынно-степной, луговой, лугово-лесной, лиственно-лесной, хвойно-лесной, криофильно-луговой, степной, древесно-кустарниковый, петрофильный, водно-болотный и прибрежно-водный и синантропный. Доминирующими на хребте Кетпен-Темерлик являются лугово-лесной, степной, хвойно-лесной, криофильно-луговой, петрофильный, древесно-кустарниковый, гипсоносно-гаммадный и пестроцветный флористические (ландшафтно-географические) комплексы.

Ключевые слова: биоразнообразие, флора, хребет Кетпен, Темерлик, флористические комплексы.

Sadyrova G.A.

Doctor of Biological Sciences, and. about. professors of the UNESCO
Department for Sustainable Development, Al-Farabi Kazakh National University,
Kazakhstan, Almaty, e-mail: gulbanu-s@mail.ru

**Biodiversity of floristic complexes on the territory
of the Ketpen-Temerlik range**

The article provides an analysis of the biodiversity of the floristic complexes of the Ketpen-Temerlik range within Kazakhstan and China. According to the results of perennial floristic studies in the territory of the Ketpen-Temerlik range within Kazakhstan and China, there are 1,890 species of vascular plants belonging to 593 genera and 120 families. In terms of species composition, the Magnoliophyta section dominates in the study area of the Ketpen-Temerlik range, which accounts for 98.4% and 1.6% for Pinophyta, Polypodiophyta, Lycopodiophyta, and Equisetophyta. The ratio of monocotyledonous and dicotyledonous groups in the flora of the ridge is approximately 1: 5.4, where Magnoliopsida prevails over Liliopsida by species and genus composition more than 5 times. The total number of dicotyledonous plants is 1,510 species, which is 80%, monocotyledonous plants are only 350 species. We have identified 13 floristic complexes for the Ketpen-Temerlik range: desert, desert-steppe, meadow, meadow-forest, deciduous-forest, coniferous-forest, cryophilic-meadow, steppe, tree-shrub, petrophilic, wetland and coastal-water and synanthropic. Their isolation as floristic complexes is quite natural, since they are zonal for the studied territory, the vegetation cover of which is distinguished by complexity and mosaic. Dominant on the Ketpen-Temerlik range are meadow-forest, steppe, co-

nifer-forest, cryophilic-meadow, petrophilic, woody shrub, gypsum-gammad and variegated floristic (landscape-geographical) complexes.

Key words: biodiversity, flora, Ketpen range, Temerlik, floristic complexes

Садырова Г.А.

биология ғылымдарының докторы, профессор м.а., «Тұрақты даму жөніндегі ЮНЕСКО» кафедрасы, әл-Фараби атындағы Қазақ ұлттық университеті, Қазақстан, Алматы қ., e-mail: gulbanu-s@mail.ru

Кетпен-Темерлік жотасының аумағындағы флористикалық кешендердің биоәртүрлілігі

Мақалада Қазақстан мен Қытай шегіндегі Кетпен-Темерлік жотасының флористикалық кешендерінің биоалуандылығын талдауы келтірілген. Көпжылдық флористикалық зерттеулердің нәтижелері бойынша 593 туыс және 120 тұқымдастарға жататын түтікті өсімдіктердің 1890 түрі анықталған. Өсімдіктердің түр құрамы бойынша Кетпен-Темерлік жотасының зерттелетін аумағында Magnoliophyta бөлімі басым екендігін көрсетті, оның үлесіне 98,4% және 1,6% Pimperophyta, Polypodiophyta, Lycopodiophyta және Equisetophyta жатады. Бұл жерде Magnoliopsida түрлік және туыстық құрамы бойынша Liliopsida-дан 5 еседен артық. Қосжарнақты өсімдіктердің жалпы саны 1510 түрі бар, бұл 80% құрайды, даражарнақты өсімдіктердің барлығы 350 түрі бар. Кетпен-Темерлік жотасы 13 флористикалық кешенге бөлінді: шөлді, шөлді-дала, шалғынды, шалғынды-орман, жапырақты-орман, қылқан жапырақты-орман, криофильді-шалғынды, дала, ағаш-бұта, петрофильді, сулы-батпақты, жағалау-сулы және синантропты. Кетпен-Темерлік жотасында шалғынды-орман, дала, қылқан жапырақты-орман, криофильді-шалғынды, петрофильді, ағаш-бұта, гипсонос-гаммадты және түрлі-түсті флористикалық (ландшафты-географиялық) кешендері басым болып табылады.

Түйін сөздер: биоалуантүрлілік, флора, Кетпен жотасы, Темерлік, флористикалық кешендері.

Введение

Целью исследования данной работы было изучение флористических комплексов на территории хребта Кетпен-Темерлик.

Изучение флор горных территорий в последнее время представляет большой научный интерес [1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8]. Особенно актуально изучение флоры отдельных, малоизученных регионов, расположенных в районах пустынной зоны. Одним из таких регионов Северного Тянь-Шаня является хребет Кетпен-Темерлик.

Хребет Кетпен-Темерлик расположен на территории двух государств – Казахстана и Китая. Восточная его часть, находящаяся на территории Казахстана, носит название Кетпен; западная, китайская, называется Темерлик. Хребет Кетпен-Темерлик представляет собой горную страну, четко очерченную в географическом и историческом плане. Он имеет довольно богатую флору, отличную от флор смежных регионов, с концентрацией реликтовых элементов различных времен, различного генезиса и различной истории. Тщательное его исследование позволит составить полное представление об общем развитии горной флоры Северного Тянь-Шаня. Углубленные флористические исследования отдельных природных регионов приобрета-

ют особую актуальность и в связи чрезмерной и длительной эксплуатацией горных пастбищ, приводящей в ряде случаев к необратимым изменениям первозданных биоценозов, сокращению ареалов и исчезновению редких видов растений. Для сохранения и рационального использования растительного богатства того или иного района крайне важно выявление, по возможности, полного состава его флоры. Первостепенное значение при этом приобретают исследования региональных флор позволяющие охарактеризовать флору с количественной и качественной стороны [9].

Сравнительный анализ флоры западной и восточной части хребта Кетпен-Темерлик позволил выявить особенности ее гетерогенной флоры, становление которой явилось результатом воздействия различных флористических центров и разновозрастности формирования отдельных таксонов, а также влияния на нее пустынь Средней и Центральной Азии.

Материалы и методы исследований

Основными методами полевых исследований флоры хребта Кетпен-Темерлик были общепринятые классические методики ботанических и флористических исследований: в по-

левых условиях использовался традиционный метод маршрутно-рекогносцировочный. Сбор и обработка гербарного материала проводились по общепринятой методике. Экземпляры древесных, кустарниковых и травянистых растений собирались в гербарные папки с описанием мест сбора (зафиксированные с помощью GPS), даты и коллектора. Сбор и обработка гербарного материала была проведена по общепринятой методике А.К. Скворцова [10]. В процессе определения гербария в качестве источников были использованы многотомные сводки: «Флора СССР» [11], «Деревья и кустарники СССР» [12], «Флора Казахстана» [13], «Деревья и кустарники Казахстана» [14], «Растения Центральной Азии» [15], «Определитель растений Средней Азии» [16], «Иллюстрированный определитель растений Казахстана» [17]. Для уточнения видовых и родовых названий были

использованы последние сводки С.К. Черепанова [18], С.А. Абдулиной [19], А.Л. Тахтаджяна [20]. Типы ареалов исследуемых видов растений нами выделены согласно классификациям, разработанным Е.П. Лавренко, А.И. Толмачевым, Р.В. Камелиным, В.П. Голоскоковым, [21,22,23,24].

Результаты исследования и их обсуждение

Хребет Кетпен-Темерлик лежит между 44° 00' с.ш. 79° 30' в.д. и 43° 20' с.ш. 85° 00' в.д.

По физико-географическому районированию Казахстана [25] хребет Кетпен относится к Среднеазиатской стране, Тянь-Шаньской области, Северо-Тяньшаньской провинции, Чилик-Кетпенскому округу и двум районам: району северного склона хребта Кетпен и Кегень-Текесскому району (рисунок 1).



Рисунок 1 – Хребет Кетпен-Темерлик

Наибольшая высота хребта Кетпен-Темерлик достигает 3680 м в восточной части у государственной границы с Китаем (гора Поднебесная), к западу, так и к востоку она постепенно понижается до 3400 м. Вершины гор не достигают снеговой линии и не имеют ледников. На территории Казахстана хребет Кетпен на севере граничит с Джунгарским Алатау, который разделяет Илийская впадина; на западе – с Кунгей Алатау; на востоке он плавно переходит в Темерлик, где сливается с системой гор Боро-Хоро. На территории Китая восточная часть хребта Кетпен продолжается под названием Темерлик, где он далее переходит в горную систему Боро-Хоро. Со стороны Китая хребет Темерлик объединяет ряд горных хребтов, сни-

жающихся к востоку, и разделяющих их горных впадин (на севере Кульджинская впадина, отделяющая хребет Боро-Хоро от хребта Темерлик, на учуть южнее – Кашская и на юго-востоке – Текеская). На юге хребет граничит с горами Халыктау. В широтном направлении исследуемый хребет Кетпен-Темерлик относится к системе Северного Тянь-Шаня, являясь ее самой восточной оконечностью. Протяженность всего хребта составляет более 400 км, а ширина – 40 – 50 км [26, 27].

По результатам проведенных многолетних флористических исследований на территории хребта Кетпен-Темерлик в пределах Казахстана и Китая, насчитывается 1890 видов сосудистых растений, относящихся к 593 родам и 120 семей-

ствам [28], что составляет 63,0% флоры Северного Тянь-Шаня, насчитывающей 3000 видов [29]. Количественные характеристики флоры и, прежде всего, богатство ее видов являются важнейшими показателями, свидетельствующими о степени гетерогенности территории флоры,

о разнообразии физико-географических условий и об особенностях генезиса флоры [30]. По главнейшим систематическим группам растений флора исследуемой территории хребта Кетпен-Темерлик характеризуется показателями, приведенными в таблице 1.

Таблица 1 – Распределение видов растений хребта Кетпен-Темерлик по систематическим группам

Систематические группы	Количество		
	семейств	родов	видов
Высшие споровые	14	15	30
Цветковые:	106	576	1860
однодольные	21	100	350
двудольные	85	477	1510
раздельнолепестные	62	302	898
сростнолепестные	23	176	613
Всего	120	593	1890

По видовому составу, как в совокупной флоре конкретных территорий, так и на ее отдельных участках (западной и восточной) хребта Кетпен-Темерлик доминирует отдел *Magnoliophyta*, на долю которого приходится 1860 видов (98,4 %) и лишь незначительное количество видов (30, или 1,6 %) относится к *Pinophyta*, *Polypodiophyta*, *Lycopodiophyta*, и *Equisetophyta*. Такое соотношение групп характерно для флор Горной Средней Азии и Голарктики в целом [31, 32]. Соотношение однодольных и двудольных групп во флоре хребта Кетпен -Темерлик составляет примерно 1:5,4, т.е. *Magnoliopsida* преобладает над *Liliopsida* по видовому и родовому составу более чем в 5 раз. Общее количество однодольных охватывает 350 видов, или 18,4 % от общего числа видов; двудольных растений насчитывается 1510 видов, или 80%. Такое соотношение численности видов однодольных и двудольных растений, по Р.В. Камелину, характерно для флор Восточной части Древнего Средиземья [33].

Первым и главным условием познания конкретной флоры является выявление флористических комплексов [34]. Климатические особенности страны не только определяют облик растительности, но и оказывают ведущее влияние на выбор видов во флористическом комплексе. Смены климата в геологические эпохи были основной причиной вымирания, трансформации и в конечном итоге становления новых флор, стимулируя вымирание одних видов и новооб-

разование других. Вместе с тем они вызвали прогрессивное и регрессивное изменение ареалов слагающих флору видов [35]. Согласно А.И. Толмачеву, флористический комплекс, складывающийся на давно заселенном растениями пространстве и затем продолжающий свое развитие объединяет элементы четырех основных категорий: 1. Пережитки флоры иного типа, сохраняющиеся на месте в более или менее неизменном состоянии и в какой-то степени, не гармонирующие по своей природе с новыми условиями развития флоры и ее обликом (реликтовые элементы). Эти компоненты флоры заведомо старше ее как комплекса. 2. Древнее ядро флоры – виды, гармонирующие с современным обликом флоры и условиями ее развития, перешедшие в ее состав из состава более ранней местной флоры, в котором они могли занимать малозаметное положение, будучи приурочены к каким-либо выделявшимся своими особенностями местобитаниям, или оформившиеся в связи с ее становлением. Эти виды частично старше флоры как комплекса или частично разновозрастны «моменту» ее становления. 3. Миграционные элементы, разновозрастные как по времени своего возникновения, так и по времени внедрения в состав данной флоры, но в качестве ее компонентов более молодые, чем виды предыдущих категорий. 4. Автохтонные новообразования, возникшие как производные второго и третьего видов. Они полностью моложе времени перво-

начального формирования флоры. Группы 1 и 2 могут условно объединяться как первичные элементы флоры, группы 3 и 4 – как вторичные [22].

Значительное влияние на набор видов во флористическом комплексе оказывают климатические особенности. Смены климата в геологические эпохи были основной причиной вымирания, трансформации и, в итоге, становления новых флор, стимулировали вымирание одних видов и новообразование других. Вместе с тем они вызвали прогрессивное и регрессивное изменение ареалов, слагающих флору видов [36].

На хребте Кетпен-Темерлик нами выделяются следующие типы высотной ландшафтной растительности: пустынный, пустынно-степной, лугово-лесной, лиственный-лесной, хвойно-лесной, криофильно-луговой, кустарниковый. Выделение их как флористических комплексов, вполне закономерно, так как эти типы высотной ландшафтной растительности являются зональными для исследуемой территории, растительный покров, которого отличается комплексностью и мозаичностью, т.е. гетерогенность исследуемой флоры очевидна. С учетом вышесказанного, во флоре хребта Кетпен-Темерлик мы различаем следующие флористические комплексы (ФК):

1. Пустынный флористический комплекс – ПФК.

2. Флористический комплекс гипсоносных гаммад (каменистые пустыни с серо-бурыми карбонатными гипсоносными почвами и выходы соленосных материнских пород третичных пестроцветных глин) – гипсоносно-гаммадный и пестроцветный флористический комплекс – ГППФК.

3. Галофильный флористический комплекс (флористический комплекс солонцов и солончаков) – ГФК.

4. Флористический комплекс массивов песков и песчаных пустынь (псаммофильный флористический комплекс) – ПСФК.

5. Степной флористический комплекс – СФК.

6. Луговой флористический комплекс – ЛФК.

7. Древесно-кустарниковый флористический комплекс – ДКФК.

8. Лиственный-лесной флористический комплекс – ЛЛФК.

9. Хвойно-лесной флористический комплекс – ХЛФК.

10. Криофильно-луговой флористический комплекс – КЛФК.

11. Флористический комплекс на каменистых склонах и осыпях (высокогорье, среднегогорье, низкогорье, каменисто-щебнистые пустыни

на низкогорных и подгорных равнинах) – петрофильный флористический комплекс – ПТФК.

12. Флористический комплекс водных и околоводных экосистем – водно-болотный и прибрежно-водный флористический комплекс – ВБПВФК.

13. Синантропный флористический комплекс – СНФК. Представленные выше флористические комплексы природной флоры хребта Кетпен-Темерлик объединяют виды, тяготеющие по своим эколого-ценотическим признакам и характеру распространения к однородным в ботанико-географическом отношении природным территориальным комплексам (ландшафтам).

Основными на хребте Кетпен-Темерлик являются лугово-лесной, степной, хвойно-лесной, криофильно-луговой, петрофильный, древесно-кустарниковый, гипсоносно-гаммадный и пестроцветный флористические (ландшафтно-географические) комплексы (таблица 2).

Распределение надсемейственных таксонов флоры хребта Кетпен-Темерлик по флористическим комплексам нами дано по А.Л. Тахтаджяну [21].

Криофильно-луговой флористический комплекс характерен для верхнего пояса (альпийского и частично субальпийского) хребта Кетпен-Темерлик. Он представлен ландшафтами горных кобрезиевых криофильных лугов и криофильных разнотравных альпийских лужаек. Общее количество видов, зарегистрированных в КЛФК насчитывается 271 вид которые относятся к 109 родам и 32 семействам. Двудольных насчитывается 215 видов, однодольных же всего 56 видов. Соотношение однодольных растений к двудольным растениям составляет 1: 3,8. Численное соотношение флоры криофильно-лугового флористического комплекса равно 32:109:271 (таблица 2). На каждый род приходится в среднем 2,4 вида. Видовая насыщенность семейств криофильно-луговой флоры характеризуется средним показателем и составляет 8,4 вида. Автохтонные тенденции в развитии криофильно-луговой флоры хребта Кетпен-Темерлик выражены средне, о чем свидетельствует присутствие одного эндемичного и восьми субэндемичных видов (1,76%). Отсутствие полиморфных родов, и отрицательное значение показателя автономности (-0,357), свидетельствуют о незначительной автохтонной тенденции в развитии криофильно-луговой флоры хребта Кетпен-Темерлик. Флористический спектр криофильно-луговой флоры хребта Кетпен-Темерлик состоит из 8 подклассов, из них 2 подкласса (Liliidae, Commeliniidae) относят-

ся к Liliopsida и 6 подклассов к Magnoliopsida (Ranunculidae, Caryophyllidae, Rosidae, Lamiidae, Dilleniidae, Asteridae). Из класса Magnoliopsida наиболее богатыми по видовому составу ока-

зались подклассы Asteridae, Rosidae, Lamiidae, Dilleniidae, Caryophyllidae и Ranunculidae, а из Liliopsida, таковыми оказались Liliidae и Commeliniidae.

Таблица 2 – Таксономическое разнообразие и пропорции флоры хребта Кетпен-Темерлик

Название флористических комплексов	Абсолютное число семейство: род :вид	Пропорции флоры семейство: род: вид	Среднее число видов в роде
Пустынный	35:125:236	1:3,5:6,7	1,88
Гипсоносно-гаммадный и пестроцветный	32:132:250	1:4,1:7,8	1,91
Галофильный	19:62:115	1:3,2:6,0	1,85
Псаммофильный	25:77:108	1:3,0:4,3	1,40
Петрофильный	69:298:845	1:4,3:12,2	2,83
Степной	36:200:520	1:5,5:14,4	2,6
Древесно-кустарниковый	28:51:151	1:1,8:5,4	3,05
Лиственный-лесной	35:94:184	1:4,2:12,0	2,81
Хвойно-лесной	54:159:315	1:3,5:8,7	2,47
Криофильно-луговой	32:109:271	1:4,4:12,4	2,83
Луговой	47:230:624	1:5,0:13,2	2,71
Водно-болотный и прибрежно-водный	39:101:211	1:1,5:4,0	2,58
Синантропный	26:80:129	1:1,6:5,0	3,0

Виды хвойно-лесного и лиственного-лесного флористических комплексов широко распространены на исследуемой территории хребта Кетпен-Темерлик. Они образуют две эколого-географические группы: темнохвойную лесную, связанную с горными еловыми лесами из ели тянь-шаньской, и лиственный с листопадными лесами, представленными боярышниками, осинниками, березняками, яблонями, урючниками, ореховыми рощами. Общее количество видов, зарегистрированных в ХЛФК, – 315 видов. Они относятся к 159 родам и 54 семействам. Двудольных насчитывается 230 видов, однодольных – всего 60 видов. Соотношение однодольных растений к двудольным растениям составляет – 1:3,8. Численное соотношение флоры хвойно-лесного флористического комплекса – 54:159: 315 (таблица 2). В среднем на каждый род приходится 2 вида. Видовая насыщенность семейств хвойно-лесной флоры характеризуется средним показателем и составляет 5,8. Автохтонные тенденции в развитии хвойно-лесной флоры исследуемого хребта выражены слабо, о чем говорит присутствие всего одного эндемичного и четырех субэндемичных видов (1,58%). Почти полное отсутствие полиморфных

родов, а также отрицательное значение показателя автономности (-0,358) свидетельствуют об аллохтонной тенденции в развитии хвойно-лесной флоры исследуемой территории. Флористический спектр хвойно-лесной флоры хребта Кетпен-Темерлик состоит из девяти подклассов: 2 подкласса (Commeliniidae, Liliidae) относятся к Liliopsida и 7 подклассов (Ranunculidae, Caryophyllidae, Hamameliidae, Rosidae, Lamiidae, Dilleniidae, Asteridae) – к Magnoliopsida. Из класса Magnoliopsida наиболее богатыми по видовому составу оказались подклассы Rosidae, Asteridae, Lamiidae, Dilleniidae, Caryophyllidae, Ranunculidae, а из Liliopsida – Liliidae и Commeliniidae.

Степной флористический комплекс представлен на хребте Кетпен-Темерлик степной и горно-степной эколого-географическими группами, виды которых распространены главным образом в предгорьях, низкогорьях, среднем и верхних поясах. Они занимают макросклоны южной экспозиции, а также южный склон хребта Кетпен-Темерлик. Общее количество видов, зарегистрированных в СФК, – 520. Они относятся к 200 родам и 36 семействам. Двудольных насчитывается 410 видов, однодольных – все-

го 110. Соотношение однодольных растений к двудольным растениям составляет – 1:3,7. Численное соотношение флоры степного флористического комплекса – 36:200:520 (таблица 2). На каждый род приходится в среднем 2,6 вида. Видовая насыщенность семейств степной флоры характеризуется относительно высоким показателем и составляет 14,4 вида. Автохтонные тенденции в развитии степной флоры хребта Кетпен-Темерлик ярко выражены, о чем говорит присутствие шести эндемичных и одиннадцати субэндемичных видов (3,26%). Наличие полиморфных родов и положительное значение показателя автономности (+0,219), также свидетельствуют о значительной автохтонной тенденции в развитии степной флоры исследуемой территории. Флористический спектр степной флоры хребта Кетпен-Темерлик состоит из восьми подклассов, из них два подкласса (Liliidae, Commeliniidae) относятся к Liliopsida и шесть (Ranunculidae, Caryophyllidae, Rosidae, Lamiidae, Dilleniidae, Asteridae) – к Magnoliopsida. Из класса Magnoliopsida наиболее богатыми по видовому составу оказались подклассы Rosidae, Asteridae, Lamiidae, Dilleniidae, Caryophyllidae, Ranunculidae, а из класса Liliopsida, таковыми оказались Liliidae и Commeliniidae.

Луговой флористический комплекс хорошо развит на исследуемой территории, он широко представлен в верхнем и среднем поясах, где луговая растительность особенно богата и разнообразна, и в речных долинах подгорных равнин хребта Кетпен-Темерлик. Этот комплекс включает ряд семейств, представители которых связаны исключительно с луговыми местообитаниями. Общее количество видов, зарегистрированных в ЛФК, – 624. Они относятся к 230 родам и 47 семействам. Двудольных насчитывается 517 видов, однодольных – всего 107 видов. Соотношение однодольных растений к двудольным растениям составляет – 1:4,8. Численное соотношение флоры – 47:230:624 (таблица 2). В среднем на каждый род приходится 2,7 вида. Видовая насыщенность семейств лугово-лесной флоры характеризуется средним показателем и составляет 13,2. Автохтонные тенденции в развитии луговой флоры исследуемого хребта не выражены, о чем говорит отсутствие эндемичных видов. Почти полное отсутствие полиморфных родов, а также отрицательное значение показателя автономности (-0,592) свидетельствуют о значительной аллохтонной тенденции в развитии луговой флоры хребта Кетпен-Темерлик. Флористический спектр лу-

говой флоры хребта Кетпен-Темерлик состоит из восьми подклассов, из них два подкласса (Commeliniidae, Liliidae) относятся к Liliopsida и шесть – (Ranunculidae, Caryophyllidae, Rosidae, Lamiidae, Dilleniidae, Asteridae) к Magnoliopsida. Из класса Magnoliopsida наиболее богатыми по видовому составу оказались подклассы Rosidae, Asteridae, Lamiidae, Caryophyllidae, Dilleniidae, Ranunculidae, а из класса Liliopsida, таковыми оказались Commeliniidae и Liliidae.

Древесно-кустарниковый флористический комплекс на территории хребта Кетпен-Темерлик не представляет собой единого флороценопита. В Северном Тянь-Шане этот комплекс слагается преимущественно ксеромезофильными и мезофильными видами бореального и центрально-азиатского происхождения [23]. Общее количество видов, зарегистрированных в ДКФК, – 151. Они относятся к 51 родам и 27 семействам. В среднем на каждый род приходится 3 вида. Численное соотношение флоры древесно-кустарникового флористического комплекса – 27:51:151 (таблица 2). Видовая насыщенность семейств древесно-кустарниковой флоры характеризуется средним показателем и составляет 5,6. Автохтонные тенденции в развитии древесно-кустарниковой флоры хребта Кетпен-Темерлик практически не выражены, о чем говорит отсутствие эндемичных видов. Почти полное отсутствие полиморфных родов, а также отрицательное значение показателя автономности (-1,152), свидетельствуют об аллохтонной тенденции в развитии древесно-кустарниковой флоры. Флористический спектр древесно-кустарниковой флоры хребта Кетпен-Темерлик состоит из шести подклассов, которые относятся к Magnoliopsida – Ranunculidae, Caryophyllidae, Hamamelididae, Dilleniidae, Rosidae, Lamiidae. Из класса Magnoliopsida наиболее богатыми по видовому составу оказались подклассы Rosidae, Dilleniidae, Caryophyllidae, Ranunculidae, Lamiidae. Класс Gnetopsida представлен одним семейством (Ephedraceae) и класс Pinopsida двумя семействами (Pinaceae, Cupressaceae).

Виды водно-болотного и прибрежно-водного флористического комплекса приурочены к водоемам, по берегам и долинам рек, где они образуют водную, водно-болотную и луговую (прибрежно-водную) эколого-географические группы. На хребте Кетпен-Темерлик этот комплекс также представлен богато и разнообразно, он включает ряд семейств, где представители этого комплекса связаны исключительно с водными и прибрежно-водными местообитаниями.

Общее количество видов, зарегистрированных в ВВПВФК – 211 видов, которые относятся к 101 родам и 39 семействам. Двудольных насчитывается 124 видов, однодольных 83 вида. Численное соотношение флоры водно-болотного и прибрежно-водного флористического комплекса равно 39:101:211 (таблица 2). В среднем на каждый род приходится 2,0 вида. Видовая насыщенность семейств водно-болотной и прибрежно-болотной флоры характеризуется низким показателем и составляет 5,4. Автохтонные тенденции в развитии водно-болотной и прибрежно-водной флоры не выражены, о чем говорит отсутствие эндемичных видов. Почти полное отсутствие полиморфных родов, а также отрицательное значение показателя автономности (-0,707) свидетельствует об аллохтонной тенденции в развитии водно-болотной и прибрежно-водной флоры исследуемой территории. Флористический спектр водно-болотной и прибрежно-водной флоры хребта Кетпен-Темерлик состоит из 10 подклассов, из них 3 подкласса (*Alismidae*, *Arecidae*, *Commelinidae*) относятся к *Liliopsida* и 7 подклассов к *Magnoliopsida* (*Magnoliidae*, *Ranunculidae*, *Caryophyllidae*, *Rosidae*, *Lamiidae*, *Dilleniidae*, *Asteridae*). Из класса *Magnoliopsida* наиболее богатыми по видовому составу оказались подклассы *Lamiidae*, *Rosidae*, *Dilleniidae*, *Caryophyllidae*, *Ranunculidae*, *Asteridae*, а из *Liliopsida*, таковыми оказались *Alismidae*, *Commelinidae* и *Arecidae*.

Петрофильный флористический комплекс довольно широко распространен и хорошо представлен на каменистых склонах, галечниках и осыпях. Общее количество видов, зарегистрированных в ПТФК 845 видов, которые относятся к 298 родам и 69 семействам. Двудольных насчитывается 712 видов, однодольных же всего 111 вида. Соотношение однодольных к двудольным 1:6,4. Численное соотношение флоры петрофильного флористического комплекса равно 69:298:845 (таблица 2). В среднем на каждый род приходится 2,7 вида. Видовая насыщенность семейств псаммофильной флоры характеризуется средним показателем и составляет 13,2. Автохтонные тенденции в развитии петрофильной флоры хребта Кетпен-Темерлик практически не выражены, о чем говорит отсутствие эндемичных видов, и почти полное отсутствие полиморфных родов. Отрицательное значение показателя автономности (-0,592) свидетельствует об аллохтонной тенденции в развитии петрофильной флоры исследуемой территории. Флористический спектр петрофильной флоры хреб-

та Кетпен-Темерлик состоит из 8 подклассов, из них 2 подкласса (*Commelinidae*, *Liliidae*) относятся к *Liliopsida* и 6 подклассов к *Magnoliopsida* (*Ranunculidae*, *Caryophyllidae*, *Rosidae*, *Lamiidae*, *Dilleniidae*, *Asteridae*). Из класса *Magnoliopsida* наиболее богатыми по видовому составу оказались подклассы *Rosidae*, *Asteridae*, *Lamiidae*, *Caryophyllidae*, *Dilleniidae*, *Ranunculidae*, а из *Liliopsida*, таковыми оказались *Commelinidae* и *Liliidae*. Класс *Pinopsida* представлен двумя семействами, класс *Equisetopsida* одним семейством, класс *Polypodiopsida* девятью семействами.

Гипсоносно-гаммадный и пестроцветный флористический комплекс распространен на щебнисто-песчанистых галечниковых гипсоносных почвах, сложенных третичными отложениями: как палеогеновыми, так и несогласно налегающими на них неогеновыми. Виды этого комплекса распространены на нижних частях низкогорий и в предгорных и подгорных равнинах. Общее количество видов, зарегистрированных в ГППФК, – 250. Они относятся к 132 родам и 32 семействам. Двудольных насчитывается 232 вида, однодольных – всего 17 видов. Соотношение однодольных растений к двудольным растениям составляет –1:13,6. Численное соотношение флоры гипсоносно-гаммадного и пестроцветного флористического комплекса равно 32:132:250 (таблица 2). В среднем на каждый род приходится 1,9 вида. Видовая насыщенность семейств гипсоносно-гаммадной и пестроцветной флоры характеризуется средним показателем и составляет 7,2. Автохтонные тенденции в развитии гипсоносно-гаммадной и пестроцветной флоры в исследуемом районе выражены хорошо, о чем говорит присутствие пяти эндемичных и десяти субэндемичных видов (6,0%). Наличие средних родов и отрицательное значение показателя автономности (-0,592), свидетельствует о значительной автохтонной тенденции в развитии гипсоносно-гаммадной флоры. Флористический спектр гипсоносно-гаммадной и пестроцветной флоры хребта Кетпен-Темерлик состоит из восьми подклассов, из них два подкласса (*Liliidae*, *Commelinidae*) относятся к *Liliopsida* и шесть (*Ranunculidae*, *Caryophyllidae*, *Rosidae*, *Lamiidae*, *Dilleniidae*, *Asteridae*) – к *Magnoliopsida*. Из 6 подклассов *Magnoliopsida* наиболее богатыми по видовому составу оказались подклассы *Dilleniidae*, *Rosidae*, *Caryophyllidae*, *Lamiidae*, *Asteridae*, а из двух подклассов *Liliopsida*, таковыми оказались *Commelinidae* и *Liliidae*.

Псаммофильный флористический комплекс на исследуемой территории представлен только

в западной части хребта Кетпен и имеет ограниченное распространение – на двух участках. Первый участок бугристо-грядовых песков расположен в Кегенской долине вдоль подножия гор Чоль-Адыр, второй – в долине р. Шалкудусу у подножия гор Ельчик-Уйрюк в 36 км к востоку от песков Кум-Текей. Общее количество видов, зарегистрированных в двух массивах песков (Шалкудусу и Кум-Текей) – 108. Они распределяются между 25 семействами и 77 родами. Двудольных насчитывается 81 вид, однодольных – 27 видов. Соотношение однодольных к двудольным – 1:3. Численное соотношение флоры псаммофильного флористического комплекса – 25:77:108 (таблица 2). В среднем на каждый род приходится 1,4 вида. Видовая насыщенность семейств псаммофильной флоры характеризуется низким показателем и составляет 4,3. Автохтонные тенденции в развитии псаммофильной флоры исследуемого хребта практически не выражены, о чем говорит присутствие всего одного эндемичного вида (0,92%). Почти полное отсутствие полиморфных родов, а также отрицательное значение показателя автономности (-2,157), свидетельствует об аллохтонной тенденции в развитии псаммофильной флоры. Флористический спектр псаммофильной флоры хребта Кетпен-Темерлик состоит из восьми подклассов, из которых два подкласса (*Liliidae*, *Commeliniidae*) относятся к *Liliopsida* и шесть (*Ranunculidae*, *Caryophyllidae*, *Dilleniidae*, *Rosidae*, *Lamiidae*, *Asteridae*) – к *Magnoliopsida*. Наиболее богатыми по видовому составу из класса *Magnoliopsida* оказались подклассы *Rosidae*, *Asteridae*, *Lamiidae*, *Caryophyllidae*, *Dilleniidae*, *Ranunculidae*; из класса *Liliopsida* таковыми оказались два подкласса *Liliidae* и *Commeliniidae*.

Галофильный флористический комплекс на исследуемой территории хребта Кетпен-Темерлик представлен сарсазановыми, поташниковыми, карабараковыми, гололахневыми и однолетне-солянковыми сообществами, свойственными солончакам и солончаковым почвам, которые встречаются в межгорной Кегенской долине. Общее количество видов, зарегистрированных в ГФК, – 115. Они относятся к 62 родам и 19 семействам. Двудольных насчитывается 98 видов, однодольных – всего 17 видов. Соотношение однодольных растений к двудольным растениям составляет – 1:6. Численное соотношение флоры галофильного флористического комплекса равно 19:62:115 (таблица 2). В среднем на каждый род приходится 1,85 вида. Видовая насыщенность семейств галофильной флоры характеризуется средним показателем и составляет 6,0. Ав-

тохтонные тенденции в развитии галофильной флоры выражены слабо, о чем говорит присутствие всего двух субэндемичных видов (1,74%). Почти полное отсутствие полиморфных родов, а также отрицательное значение показателя автономности (-1,88), свидетельствует об аллохтонной тенденции в развитии галофильной флоры исследуемой территории. Флористический спектр галофильной флоры хребта Кетпен-Темерлик состоит из шести подклассов, из которых два (*Alismidae*, *Commeliniidae*) относятся к *Liliopsida* и четыре (*Caryophyllidae*, *Dilleniidae*, *Rosidae*, *Asteridae*) – к *Magnoliopsida*. Из класса *Magnoliopsida* наиболее богатыми по видовому составу оказались подклассы *Caryophyllidae* (32,1 %), *Rosidae* (21,7 %), *Asteridae* (20,8 %), *Dilleniidae* (10,4 %), а из класса *Liliopsida*, таковым оказался *Commeliniidae* (12,1 %). Пустынный флористический комплекс представлен на хребте Кетпен-Темерлик щебнисто-песчанистыми галечниковыми пустынями. Виды этого комплекса распространены на опустыненных шлейфах предгорных и подгорных равнин поднимаясь до нижнего пояса. Общее количество видов, зарегистрированных в ПФК, – 236. Они относятся к 125 родам и 35 семействам. Двудольных насчитывается 218 видов, однодольных – всего 20 видов. Соотношение однодольных растений к двудольным растениям составляет – 1:11. Численное соотношение флоры пустынного флористического комплекса равно 35:125:236. На каждый род приходится в среднем 1,8 вида. Видовая насыщенность семейств пустынной флоры характеризуется средним показателем и составляет соответственно 6,7 видов. Автохтонные тенденции в развитии пустынной флоры хребта Кетпен-Темерлик выражены слабо, о чем говорит присутствие всего одного эндемичного вида (0,92%). Почти полное отсутствие полиморфных родов, а также отрицательное значение показателя автономности (-1,152), свидетельствуют об аллохтонной тенденции в развитии пустынной флоры хребта Кетпен-Темерлик. Флористический спектр пустынной флоры хребта Кетпен-Темерлик состоит из восьми подклассов, из них два подкласса (*Liliidae*, *Commeliniidae*) относятся к *Liliopsida* и шесть (*Ranunculidae*, *Caryophyllidae*, *Rosidae*, *Lamiidae*, *Dilleniidae*, *Asteridae*) – к *Magnoliopsida*. Из шести подклассов *Magnoliopsida* наиболее богатые по видовому составу подклассы *Caryophyllidae*, *Rosidae*, *Lamiidae*, *Dilleniidae*, *Asteridae*, *Ranunculidae*, а из двух подклассов *Liliopsida* – *Commeliniidae* и *Liliidae*.

Синантропный флористический комплекс представлен на хребте Кетпен-Темерлик в основном сегетальными и рудеральными видами, возникшими на местообитаниях, связанных с хозяйственной деятельностью человека. Общее количество видов, зарегистрированных в СНФК насчитывается 129 видов, которые относятся к 80 родам и 26 семействам. Двудольных насчитывается 121 вид, однодольных 8 видов. Соотношение однодольных растений к двудольным растениям равно 1:15. Численное соотношение флоры синантропного флористического комплекса равно 26:80:129 (таблица 2). В среднем на каждый род приходится 3 вида. Видовая насыщенность семейств синантропной флоры характеризуется низким показателем и составляет 4,9. Автохтонные тенденции в развитии синантропной флоры не выражены, о чем говорит отсутствие эндемичных видов, и почти полное отсутствие полиморфных родов. Отрицательное значение показателя автономности (-0,707) свидетельствует об аллохтонной тенденции в развитии синантропной флоры исследуемой территории. Флористический спектр синантропной флоры хребта Кетпен-Темерлик состоит из 7 подклассов, из них 1 подкласс (*Commeliniidae*) относится к *Liliopsida* и 6 подклассов к *Magnoliopsida* (*Ranunculidae*, *Caryophyllidae*, *Rosidae*, *Lamiidae*, *Dilleniidae*, *Asteridae*). Из класса *Magnoliopsida* наиболее богатыми по видовому составу оказались подклассы *Asteridae*, *Caryophyllidae*, *Dilleniidae*, *Lamiidae*, *Rosidae*, *Ranunculidae*.

Таким образом, территория хребта Кетпен-Темерлик в пределах Казахстана и Китая состоит из большого числа флористических комплексов, формирование которых шло в течение длительного времени.

Заключение

Территория хребта Кетпен-Темерлик в пределах Казахстана и Китая, в результате многолетних флористических исследований насчитывает 1890 видов сосудистых растений, относящихся к 593 родам и 120 семействам [13], что составляет 63,0% флоры Северного Тянь-Шаня, насчитывающей 3000 видов [7]. Анализ флористических комплексов хребта Кетпен-Темерлик показал, что, в общем спектре всех видов зарегистрированных на исследуемой территории (таблица 2), самый высокий процент (845; 44,7%) занимают представители петрофильного флористического комплекса, что естественно, так как каменистые местообитания характерны и присуще горных районам. Второе место занимают виды лесного флористического комплекса (624; 33,0%). Ши-

рокое развитие луговой растительности на исследуемом хребте связано с географическим положением и климатическими условиями, являющимися благоприятными для развития мезофильной растительности. Третье место занимает степной флористический комплекс (520; 27,5%). На хребте Кетпен-Темерлик степи, наряду с луговыми и лесными ценозами, имеют широкое распространение, где они поднимаются до субальпийских высот. На четвертом месте находится хвойно-лесной флористический комплекс (315; 16,6%), далее следует криофильно-луговой флористический комплекс (271; 14,3%), что свидетельствует о значительной роли лесных и криофильно-луговых сообществ. Следующими по количеству видов идут гипсоносно-гаммадный (250; 13,2%) и пестроцветный флористический комплексы (238; 12,5%). Пустынный тип растительности представлен выраженным зональным явлением на исследуемой территории. Водно-болотный и прибрежно-водный флористический комплекс представлен 211 видами (11,0%). Распространение видов этого комплекса связано с заболоченными берегами рек и ручьев, речными долинами подгорных равнин. Незначительное число видов древесно-кустарникового (151; 7,9%) и лиственно-лесного флористических комплексов (184; 9,7%), объясняется не только гидротермическими, климатическими и геологическими условиями ограничивающие распространение и формирование древесно-кустарниковой и лиственно-лесной растительности в горах хребта Кетпен-Темерлик, но и хозяйственной деятельностью человека, которая привела к уничтожению лесов. Небольшим числом представлены виды галофильного (115; 6%) и псаммофильного (108; 5,7%) флористических комплексов, что связано с незначительным и ограниченным распространением солончаков, солонцов и песчаных массивов.

Таким образом, территория хребта Кетпен-Темерлик в пределах Казахстана и Китая состоит из большого числа флористических комплексов, формирование которых шло в течение длительного времени. Преобладающими на хребте Кетпен-Темерлик являются петрофильный, луговой, степной, хвойно-лесной, криофильно-луговой комплексы. Хребет Кетпен-Темерлик занимает промежуточное положение, при этом большой процент бореальных элементов, с одной стороны, указывает на его связи с Сибирью, западным Алтаем, а с другой стороны – с Передней и Центральной Азией. Расселение растений на исследуемой территории шло как с севера, северо-востока, так и с юга.

Литература

- 1 Dewey D.R. The genomic system of classification as a guide to inter-generic hybridization with perennial Triticeae /D.R. Dewey // Gene manipulation in plant improvement. – 1984. – pp. 209-279.
- 2 Dierssen K. Zum Wandel der Gefäßpflanzen flora Schleswig-Holstein und ihre Ursache / K. Dierssen // Heimat. 1983. Bd 90 H.6. – pp. 170-179
- 3 U. Gardenfors et al. // Conservation Biology. 2001. – Vol. 15, № 5. -pp. 1206- 1212.
- 4 Jasiewicz A. Flora Europaea / A. Jasiewicz. Cambridge, 1976. – Vol. 4. -pp. 68-74.
- 5 List of rare, threatened and endemic plants for the countries of Europe/Ed. K.Garden, Oxford, 1976. -166 p.
- 6 Guest E.R. The vegetation of Iraq and adjacent regions // Flora of Iraq. -Baghdad, 1966, Vol. 1. – pp. 55-108.
- 7 Palmer M.A. The application to the British flora of the World Conservation Union's revised Red List criteria and the significance of the Red lists for species conservation / M.A. Palmer et al. // Biol. Consev. 1997. -vol. 82.-pp. 219-226.
- 8 Aiazzi M.T. Effects of salinity and temperature on the germination and early seedling growth of *Atriplex cordobensis* Gandoger et Stuckert (Chenopodiaceae) / M.T. Aiazzi et al. // Seed Sci. and Technol. 2002. -№ 2. – pp. 329 – 338.
- 9 Толмачев А.И. Богатство флор как объект сравнительного изучения // Вестник ЛГУ. – Ленинград, 1970 а. № 9. – С. 71 – 83.
- 10 Скворцов А.К. Гербарий. – Москва, -1977. – 199 с.
- 11 Флора СССР. – М.–Л., 1934 – 1964. – Т.Т. 1– 30.
- 12 Деревья и кустарники СССР. – Москва: Мысль. -1966. – 637 с.
- 13 Флора Казахстана. – Алма-Ата, -1956 – 1966. Т.Т. 1 – 9.
- 14 Деревья и кустарники Казахстана. – Алма-Ата. – Т.Т. 1-2. -1966.
- 15 Растения Центральной Азии //под ред. В.И. Грубова. – М.:–Л., 1963 -1989. – вып. 1 – 9.
- 16 Определитель растений Средней Азии. – Ташкент: ФАН, – 1968 – 1993. – Т.Т. 1-10.
- 17 Иллюстрированный определитель растений Казахстана. – Алма-Ата, 1962 – 1975. – Т.Т. 1 – 2.
- 18 Черепанов С.К. Сосудистые растения России и сопредельных государств (в пределах бывшего СССР). – СПб.: Мир и семья, 1995. -990с.
- 19 Абдулина С.А. Сосудистые растения Казахстана. – Алматы, – 1998. – 188 с.
- 20 Тахтаджян А.Л. Система магнолиофитов. – М.: -Л., -1987. – 439 с.
- 21 Лавренко Е.М., Никольская Н.И. Ареалы некоторых центральноазиатских и северотуранских видов пустынных растений и вопрос о ботанико-географической границе между Средней Азией и Центральной Азией //Ботанический журнал. – 1963. – № 48 (12). – С. 1741 – 1761.
- 22 Толмачев А.И. Введение в географию растений. – Ленинград, -1974. – 244 с.
- 23 Камелин Р.В. Флора Сырдарьинского Каратау // Материалы к флористическому районированию Средней Азии. – Ленинград, -1990. – 145 с.
- 24 Голоскоков В.П. Флора и растительность высокогорных поясов Заилийского Алатау. – Алма-Ата, -1949. – 203 с.
- 25 Чупахин В. М. Высотно-зональные геосистемы Средней Азии и Казахстана. – Алма-Ата: Наука, 1987. – 254 с.
- 26 Рыбин Н.Г., Юнусов Г.Р. Очерки по физической географии Казахстана. – Алматы, 1952. – С. 17 – 43.
- 27 Атлас Казахской ССР. Т.1. Природные условия и ресурсы. – М.: Главное управление геодезии и картографии при Совете Министров СССР. –1982. – 81 с.
- 28 Садырова Г.А. Флора хребта Кетпен-Темерлик в пределах Казахстана и Китая // //Автореф. дисс. на соискание научной степени д.б.н., – Алматы, 2009. – 50 с.
- 29 Байтенов М.С. Высокогорная флора Северного Тянь-Шаня. –Алма-Ата, 1985. – 207 с.
- 30 Тахтаджян А.Л. Происхождение и расселение цветковых растений. – Л., 1970. – 145 с.
- 31 Тахтаджян А.Л. Флористические области Земли. – Ленинград, 1978. – 247 с.
- 32 Камелин Р.В. Флорогенетический анализ естественной флоры горной Средней Азии. – Ленинград, 1973. – 354 с.
- 33 Толмачев А.И. Введение в географию растений. – Ленинград, 1974. – 244 с.
- 34 Малышев Л.В. Зависимость флористического богатства от внешних условий и исторических факторов // Ботанический журнал. –1969. –Т.54. – №8. – С. 1137 – 1147.
- 35 Малышев Л.И. Высокогорная флора Восточного Саяна. – М.–Л.: Наука, 1965 а. – 368 с.
- 36 Грубов В.И. Ботанико-географическое районирование Центральной Азии //Растения Центральной Азии. – М.–Л., 1963. – вып. 1. – С. 5 – 69.

References

- 1 Dewey D.R. (1984) The genomic system of classification as a guide to inter-generic hybridization with perennial Triticeae. D.R. Dewey (Gene manipulation in plant improvement). pp. 209.
- 2 Dierssen K. (1983) Zum Wandel der Gefäßpflanzen flora Schleswig-Holstein und ihre Ursache.(K. Dierssen. Heimat). Bd 90 H.6. – pp. 170-179.
- 3 U. Gardenfors et al. (2001) Conservation Biology. vol. 15, № 5, – pp. 1206-1212.
- 4 Jasiewicz A. Flora Europaea (1976) Cambridge. vol. 4. -pp. 68-74.
- 5 List of rare, threatened and endemic plants for the countries of Europe (1976) Ed. K. Garden, Oxford, -166 p.
- 6 Guest E.R. (1966) The vegetation of Iraq and adjacent regions (Flora of Iraq). – Baghdad, vol. 1. – pp. 55-108.

- 7 Palmer M.A. (1997) The application to the British flora of the World Conservation Union's revised Red List criteria and the significance of the Red lists for species conservation (M.A. Palmer et al.) Biol. Consev. vol. 82.- pp. 219-226.
- 8 Aiazzi M.T. (2002) Effects of salinity and temperature on the germination and early seedling growth of *Atriplex cordobensis* Gandoger et Stuckert (Chenopodiaceae) M.T. Aiazzi et al. Seed Sci. and Technol. – № 2. – pp. 329 – 338.
- 9 Tolmachev A.I. (1970a) Bogatstvo flor kak ob"yekt sravnitel'nogo izucheniya [Flora wealth as an object of comparative study] Vestnik of Leningrad State University. Leningrad, № 9. – pp. 71 – 83.
- 10 Skvortsov A.K. (1977) Gerbariy [Herbarium], Moskva, 199 p.
- 11 Flora of the USSR (1934 – 1964) [Flora SSSR]. M.:L., vol. 1– 30.
- 12 Derev'ya i kustarniki SSSR (1966) [Trees and shrubs of the USSR], Moskva, 637 p.
- 13 Flora Kazakhstana (1956-1966) [Flora of Kazakhstan], Alma-Ata, vol. 1 – 9.
- 14 Derev'ya i kustarniki Kazakhstana (1966) [Trees and shrubs of Kazakhstan], Alma-Ata, vol. 1-2.
- 15 Rasteniya Tsentral'noy Azii (1963 -1989) [Plants of Central Asia], M.:L., vol. 1 – 9.
- 16 Opredelitel' rasteniy Sredney Azii (1968 – 1993) [The determinant of plants in Central Asia], Tashkent, vol.1-10.
- 17 Ilyustrirovanny opredelitel' rasteniy Kazakhstana (1962 – 1975) [Illustrated determinant of plants of Kazakhstan], Alma-Ata, vol. 1 – 2.
- 18 Cherepanov S.K. (1995) Sosudistyye rasteniya Rossii i sopredel'nykh gosudarstv, v predelakh byvshego. SSSR [Vascular plants of Russia and neighboring states, within the former USSR], SPb., 990 p.
- 19 Abdulina S.A. (1998) Sosudistyye rasteniya Kazakhstana [Vascular plants of Kazakhstan], Almaty, 188 p.
- 20 Takhtadzhyan A.L. (1987) Sistema magnoliofitov [Magnoliophyte system], L., 439 p.
- 21 Lavrenko Ye.M., Nikol'skaya N.I. (1963) Arealy nekotorykh tsentral'noaziatskikh i severoturanskikh vidov pustynnykh rasteniy i vopros o botaniko-geograficheskoy granitse mezhdru Sredney Aziyey i Tsentral'noy Aziyey [The ranges of some Central Asian and Northern Turkish species of desert plants and the question of the botanical-geographical border between Central Asia and Central Asia]. Botanicheskiy zhurnal. 48 (12), pp. 1741 – 1761.
- 22 Tolmachev A.I. (1974) Vvedeniye v geografiyu rasteniy [The ranges of some Central Asian and Northern Turkish species of desert plants and the question of the botanical-geographical border between Central Asia and Central Asia], Leningrad, pp. 240-244.
- 23 Kamelin R.V. (1990) Flora Syrdar'inskogo Karatau, Materialy k floristicheskomu rayonirovaniyu Sredney Azii [Flora of the Syrdarya Karatau, Materials for floristic zoning of Central Asia], Leningrad, 145 p.
- 24 Goloskokov V.P. (1949) Flora i rastitel'nost' vysokogornyykh pojasov Zailiyskogo Alatau [Flora and vegetation of alpine zones of Zailiysky Alatau], Alma-Ata, 203 p.
- 25 Chupakhin V. M. (1987) Vysotno-zonal'nyye geosistemy Sredney Azii i Kazakhstana [High-Zonal Geosystems of Central Asia and Kazakhstan]. – Alma-Ata, Science, – 254 p.
- 26 Rybin N.G., Yunusov G.R. (1952) Ocherki po fizicheskoy geografii Kazakhstana [Essays on the physical geography of Kazakhstan]. Almaty, – pp. 17 – 43.
- 27 Atlas of the Kazakh SSR. (1982) Prirodnyye usloviya i resursy [Natural conditions and resources]. – M.: Main Directorate of Geodesy and Cartography under the USSR Council of Ministers. – 81 p.
- 28 Sadyrova G.A. (2009) [Flora of the Ketpen-Temerlik Range within Kazakhstan and China] Abstract. diss. for the degree of Doctor of Biological Sciences, Almaty, – 50 p.
- 29 Baitenov M.S. (1985) Vysokogornaya flora Severnogo Tyan'-Shanya [Alpine flora of the Northern Tien Shan]. -Alma-Ata, – 207 p.
- 30 Tahtadzhyan A.L.(1970) Proiskhozhdeniye i rasseleniye tsvetkovykh rasteniy [The origin and settlement of flowering plants]. L., 1970. – 145 p.
- 31 Tahtajyan A.L. (1978) Floristicheskiye oblasti Zemli [Floristic areas of the Earth]. – Leningrad, 1978. – 247 p.
- 32 Kamelin R.V. (1973) [Florogenetic analysis of the natural flora of mountainous Central Asia]. – Leningrad,- 354 p.
- 33 Tolmachev A.I. (1974) Vvedeniye v geografiyu rasteniy [Introduction to the geography of plants]. – Leningrad, – 244 p.
- 34 Malyshev L.V. (1969) Zavisimost' floristicheskogo bogatstva ot vneshnikh usloviy i istoricheskikh faktorov [Dependence of floristic wealth on external conditions and historical factors]. Botanical Journal. Vol. 54, №8. pp. 1137 – 1147.
- 35 Malyshev L.I. (1965 a) [Alpine flora of the Eastern Sayan]. – M.:L, 368 p.
- 36 Grubov V.I. (1963) Botaniko-geograficheskoye rayonirovaniye Tsentral'noy Azii. (Rasteniya Tsentral'noy Azii) [Botanical and geographical zoning of Central Asia, Plants of Central Asia]. – M. – L, vol. 1. – pp. 5 – 69.

Чилдибаева А.Ж., Аметов А.А., Тыныбеков Б.М.

әл-Фараби атындағы Қазақ ұлттық университеті,
Қазақстан, Алматы қ., e-mail: a.zh.childebaeva@gmail.com

**ІЛЕ ӨЗЕНІНІҢ ЖАЙЫЛМАСЫНДАҒЫ
АРЕАЛЫ ШЕКТЕУЛІ ЭНДЕМДІК *ROSA ILIENSIS* CHRSHAN.
КЕЗДЕСЕТІН КЕЙБІР ӨСІМДІКТЕР
ҚАУЫМДАСТЫҚТАРЫНЫҢ СИПАТТАМАСЫ**

Мақалада Алматы облысына қарасты Іле өзенінің Малайсары аласа тау шоқысына жақын жердегі Қапшағай ГЭС-інен төменгі ағысының жайылмасында сирек және эндемдік *Rosa iliensis* Chrshan. кездесетін өсімдіктер қауымдастықтарының геоботаникалық сипаттамасы мен флористикалық талдауы берілген. Мұнда авторлар *Rosa iliensis* Chrshan. өсімдігінің шын мәнінде Іле өзенінің жайылмасында сирек кездесетін, эндемдік түр екендігін атап көрсеткен. Бұл өсімдік өзен жағалауында кездеседі және оның ареалы Қапшағай ГЭС құрылысына байланысты үзілген. Іле өзенінің жайылмасының айтарлықтай бөлігін «Аяққалқан» курорттық аймағынан бастап Қапшағай ГЭС-іне дейін толығымен су басқан. Малайсары аласа тау шоқысына жақын жердегі Іле өзенінің жайылмасында *Rosa iliensis* Chrshan. өсімдігінің тіршілік жағдайы қанағаттанарлық деп санауға болады. Өйткені *Rosa iliensis* Chrshan. өсімдігінің сирек кездесетін бұталары мұнда жыл сайын гүлдеп, жеміс береді. Дегенмен, популяциялар шегінде бұл өсімдіктің бірде-бір не жас көшеттері, не ювенильдік особтары табылмады. Бұл *Rosa iliensis* Chrshan. өсімдігінің тұқым арқылы көбейіп, жаңаруының болмайтындығын көрсетеді. Осыны ескере отырып, авторлар *Rosa iliensis* Chrshan. өсімдігі өсетін Іле өзенінің жайылмасында үнемі мониторинг жүргізуді және осылайша популяцияның жағдайын бақылауда ұстауды ұсынады.

Түйін сөздер: популяция, ценопопуляция, ассоциация, доминант, эдификатор, тіршілік формасы, экотип.

Childibayeva A.Zh., Ametov A.A., Tynybekov B.M.

Al-Farabi Kazakh National University,
Kazakhstan, Almaty, e-mail: a.zh.childebaeva@gmail.com

**Characteristics of some plant communities with a narrow-endemic species
Rosa iliensis Chrshan. in the floodplains of the Ili River**

The article gives a geobotanical characteristic and floristic analysis of communities with the participation of the narrow-endemic species *Rosa iliensis* Chrshan. in the floodplains of the Ili river below the Kapchagai hydroelectric station in the low-mountainous area of Malaisary, Almaty region. The authors note that *Rosa iliensis* Chrshan. is indeed a narrow endemic plant that grows in the floodplains of the Ili River. The plant occupies a limited area and its range is broken due to the construction of the Kapchagai hydroelectric station. A significant part of the floodplain of the Ili River, starting from the Ayakkalghan resort area to the Kapchagai hydroelectric bridge, has been completely flooded. The life status of *Rosa iliensis* Chrshan. in the floodplains of the Ili River in the region of the low-mountainous massif of Malaisary can be considered satisfactory. Since its rare bushes bloom here and bear fruit every year. However, within the population we did not find either the seedlings or the juvenile individuals of this plant. This suggests that the renewal of *Rosa iliensis* Chrshan. through the seminal path here has almost stopped. Given this, the authors recommend constantly monitoring where the narrow-endemic species of *Rosa iliensis* Chrshan. is growing and thus keeping the population state under control.

Key words: population, coenopopulation, association, dominant, edificator, life form, ecotype.

Чилдибаева А.Ж., Аметов А.А., Тыныбеков Б.М.
Казахский национальный университет имени аль-Фараби,
Казахстан, г. Алматы, e-mail: a.zh.childebaeva@gmail.com

Характеристика некоторых растительных сообществ с участием узкоэндемичного вида *Rosa iliensis* Chrshan. в поймах реки Или

В статье даются геоботаническая характеристика и флористический анализ сообществ с участием узкоэндемичного вида *Rosa iliensis* Chrshan. в поймах реки Или, ниже Капчагайской ГЭС, в районе низкогорного массива Малайсары Алматинской области. Авторами отмечается, что *Rosa iliensis* Chrshan. действительно является узкоэндемичным растением, который растет в поймах реки Или. Растение занимает ограниченную площадь и его ареал разорван в связи с строительством Капчагайской ГЭС. Значительная часть поймы реки Или, начиная от района курорта «Аяккалган» до моста Капчагайской ГЭС, полностью затоплена. Жизненное состояние *Rosa iliensis* Chrshan. в поймах реки Или в районе низкогорного массива Малайсары можно считать удовлетворительным. Поскольку редкие кусты его здесь ежегодно цветут и плодоносят. Однако в пределах популяции мы не обнаружили ни всходы, ни ювенильные особи этого растения. Это говорит о том, что возобновление *Rosa iliensis* Chrshan. семенным путем здесь почти прекратилось. Учитывая это, авторы рекомендуют постоянно проводить мониторинг, где растет узкоэндемичный вид *Rosa iliensis* Chrshan. и таким образом держать под контролем состояние популяции.

Ключевые слова: популяция, ценопопуляция, ассоциация, доминант, эдификатор, жизненная форма, экотип.

Кіріспе

Адамдар биологиялық алуантүрлілікті сақтаудың маңызын және қажеттілігін әлемдік деңгейде де, ұлттық деңгейде де түсіне бастады. Оған биологиялық ғылымдардың Халықаралық Бірлестігінің, ЮНЕСКО-ның қолдауымен Генеральдық Ассамблеяда қабылданған, Халықаралық жобасы «DIVERSITAS» және 1992 жылы Рио-де-Жанейрода (Бразилия) өткен биологиялық алуантүрлілікті сақтау жөніндегі Халықаралық конвенция дәлел. Оның соңғысын Қазақстан ратификациялады (1995) және соның негізінде «Биологиялық алуантүрлілік» жобасы дайындалды. Жобаның негізгі бағыты биологиялық алуантүрліліктің қазіргі жағдайына баға беру және инвентаризациялау. Сонымен қатар қорғауды қажет ететін маңызды (приоритетті) объектілер – сирек кездесетін өсімдіктердің популяциялық экологиясын зерттеудің негізгі бағыттарын анықтау және ақпараттық нәтижелерді алу үшін материалды жинау және өңдеудің әдістемелерін сипаттау болып табылады [1]. Сирек кездесетін және эндемдік түрлерді қорғауға қатысты жүргізілетін іс-шараларды ғылыми тұрғыдан негіздеу үшін, түрдің экологиясын зерттеуге бағытталған жұмыстарды мейлінше кеңейте түсу қажет. Жобада биоалуантүрліліктің қазіргі жағдайына баға беру үшін оны популяциялық деңгейде зерттеп және ғылыми негіздемелерін жасай отырып, болашақта оларды қорғаудың оңтайлы жолда-

рын қарастыруға ерекше мән беріледі. Соңғы 10-15 жылда сирек және эндемдік өсімдік түрлерін популяциялық деңгейде зерттеу алыс және жақын шетелдерде, оның ішінде Қазақстанда да қарқынды түрде жүргізілуде [2,3].

Біздің планетамызда биологиялық алуантүрліліктің азаюы қазіргі кездегі өзекті экологиялық проблемалардың ішінде ерекше орын алады, өйткені антропогендік факторлардың табиғи экожүйеге келеңсіз әсерінің нәтижесінде көптеген түрлер жойылуда. Кейбір зерттеушілер сирек кездесетін эндемдік және жойылып кету қаупі төнген түрлердің қауіп-қатерін қазіргі уақытта қоршаған ортадағы антропогендік факторлармен және популяцияның азайып, олардың оқшаулануына әкелетін тіршілік ету ортасының фрагментациясымен сипаттайды [4]. Бұл үрдіс ХХ ғасырда катастрофиялық жағдайға жетіп, тұтастай биосфераның тұрақтылығының бұзылуына әкеліп соқтыруда.

Сондықтан да жойылу қаупі төніп тұрған түрлерді қорғауға және қайта қалпына келтіруге бағытталған жақсы ғылыми жобаны жасау қажет. Ол үшін осы түрлерді популяциялық деңгейде зерттеп, олардың қоршаған ортаның әртүрлі келеңсіз жағдайларына байланысты қаншалықты өзгертетінін (реакциясын) анықтауымыз керек. Қазақстан Республикасының әрбір аймағында сирек кездесетін және эндемдік түрлерді популяциялық деңгейде зерттеу қазіргі таңда аса өзекті мәселелердің бірі. Осындай ерекше қорғауды қажет ететін түрлердің бірі Іле өзенінің

жайылмасында сирек кездесетін, эндемдік *Rosa iliensis* Chrshan. өсімдігі болып табылады.

Зерттеу материалдары мен әдістері

Біздің зерттеу нысанымыз Қазақстан флорасында сирек кездесетін, эндемдік *Rosa iliensis* Chrshan. өсімдігі. Ол биіктігі 1,5 м шамасында болатын, ылғалы жеткілікті жерде өсетін (мезофит) тікенекті бұта. Өркендері жасылдау-қоңыр түсті, ұштары аздап ширатылған. Жапырағының ұзындығы шамамен 6-7 см, 2-3 жұпты жапырақшаларының жиынтығынан тұрады. Гүлдері қызғыштау-ақ түсті, қалқанша тәрізді гүлшоғырына жиналады, сиректеу жалғыздан; тостағанша жапырақшаларының ұштары үшкір, сырты қысқа түкті. Жемістері піскен кезде тостағанша жапырақшалары дискісімен қоса түсіп қалады. Гүлдеу уақыты ұзаққа созылады (мамыр айының басынан қазан айының соңына дейін) [5].

Rosa iliensis Chrshan. өсімдігін Іле өзені жайылмасынан 1947 жылы В.Г.Хржановский сипаттап жазған. Бұл түр Мойынкүм және Балқаш-Алакөл флоралық аудандарына жататын шөлдің өзендерінің жағалауларында өседі [6].

Кейбір деректер бойынша, *Rosa iliensis* Chrshan. өсімдігін алғаш рет 1945 жылы Украинада дәрумендік өсімдік ретінде мәдени жағдайда өсірген. Ол кездері Украинада дәрумендік өсімдіктердің плантациясын ұйымдастыру қолға алынып жатқан болатын. Бұл сирек кездесетін, эндемдік өсімдік түрінің жемісінде 12,5% дейін С дәрумені болады [7]. Итмұрын туысының әртүрлі генотиптерінің химиялық құрамы зерттелген. Тұқымының майы халықаралық деңгейде косметикалық мақсатта қолданылады. Сонымен қатар иммунитетті нығайтуға, есте сақтауды, ақыл-ой белсенділігін және физикалық дамуын, улы заттардың әсерінен қорғайды, оңтайлы холестеринді сақтайды және т.б. [8, 9]. Гибридизация, мутация, гендерді тасымалдау және т.б. сияқты сұрыптау жұмыстарының нәтижесінде раушандардың заманауи сорттары пайда болған. Соңғы кездері Еуропадан Түркияның кейбір елдеріне коммерциялық мақсатта сатылып, ескі раушан гүлдерінің орнына отырғызылған. Бүкіл әлемдегі 18 000 раушан сорттарынан Еуропада шамамен 10 000 астам түрлері бар, бірақ Еуропадағы жабайы раушандардың алуантүрлілігі Түркия, Азия және Кавказ елдеріне қарағанда аз, сондықтан бұл жағдай Еуропада раушандардың жаңа түрлерін көбейтуге және жаңа түрлерін ашуға мәжбүрлеген [10].

Rosa iliensis Chrshan. алыс және жақын шетелдердің көптеген ботаникалық бақтарында (Киевте, Львовта, Одессада, Санкт-Петербургте, Ташкентте, Алматыда, сонымен бірге Варшавада, Софияда, Позаниде және т.б. қалаларда) мәдени жағдайға ендірілген деген деректер бар [11].

Бірақ та біздегі мәліметтер бойынша, *Rosa iliensis* Chrshan. өсімдігінің Қазақстандағы табиғи популяцияларының мүлдем зерттелмегені және оның Алматы Бас ботаникалық бағында интродукцияға ендірілмегендігі анықталды. Сондықтан да осы олқылықтың орнын толтыру мақсатында Іле итмұрынының (*Rosa iliensis* Chrshan.) Алматы облысындағы табиғи популяцияларын тауып, зерттеп, олардың қазіргі жағдайына баға беруді және интродукцияға ендіру арқылы осы түрдің жойылып кетпеуіне жол бермеуді мақсат тұттық.

2018 жылы вегетациялық кезеңінде жойылып кету қаупі бар, сирек және эндемдік *Rosa iliensis* Chrshan. өсімдігінің 1 популяциясын Малайсары аласа тау жотасына жақын жердегі Іле өзенінің оң жағалауының жайылмасынан таптық. Бұл жерде 1980 жылдары Іле өзенінен Малайсары тау шоқысының күнгей жағындағы оазиске су айдайтын насос станциясы салынған болатын. Тіптен Кеңес үкіметі ыдырағанға дейін бұл алқап толығымен игеріліп, суғарылып, ауылшаруашылық дақылдарынан (әсіресе көкөністен) мол өнім алынған. Кеңес үкіметі ыдырағаннан соң бұл алқап қараусыз қалды. Қазіргі кезде су айдайтын насос станциясының моторлары, тіптен жер астына көмілген құбырларына дейін талан-таражға ұшырап, істен шыққан. Міне осы су айдайтын станциядан 1,5-2 шақырым жоғары, өзен жайылмасынан *Rosa iliensis* Chrshan. өсімдігінің 1 популяциясын кездестірдік. Бұл Іле өзенінің Қапшағай су электростанциясынан төменгі ағысы болып табылады. Өзеннің бұл алқабының, тіптен тұтастай Оңтүстік Балқаш өңірінің экологиялық жағдайы соңғы 45 жылдан аса уақыт ішінде үлкен өзгеріске ұшыраған. Іле өзенінің суының деңгейі күрт төмендеді, өзен жайылмасын жылма-жыл бұрынғыдай су баспайтын болды, соған байланысты жер асты суының да деңгейі төмендеген. Нәтижесінде Іле өзенінің төменгі ағысындағы үлкенді-кішілі көлшіктердің суы тартылып, алдымен батпаққа, кейіндеу тақырға айналды. Өзен бойындағы және көлшіктер жағасындағы қамысты-қоғалы қопалар жойылып, тоғайлардағы ағаштар курап өле бастады. Қазіргі кезде сиреген тоғай ағаштары

өзеннің негізгі және жанама арналарының жағалауларынан, сонымен бірге жер асты суы жақын жатқан ойпаттау жерлерден ғана кездестіруге болады. Өзен жайылмасының топырағының құрамындағы тұздардың мөлшері артып, топырақ сорлана бастады. Өсімдіктер жабынының және оның флорасының трансформациялануы қарқынды түрде жүріп жатыр. Міне осының барлығы түптеп келгенде Іле өзенінің Қапшағай су электростанциясынан төменгі ағасында шөлдену процесінің қарқынды жүріп жатқандығының бірден-бір көрінісі болып табылады. Бұл әрине сирек кездесетін, эндемдік түрлердің ареалының қысқарып, тіптен олардың жойылу қаупін туғызуда.

Бұл тұрғыдан алғанда біздің зерттеу нысанымыз сирек және эндемдік *Rosa iliensis* Chrshan. өсімдігінің популяцияларын тауып, зерттеп, олардың қазіргі жағдайына баға беру сөз жоқ аса өзекті мәселенің бірі. Біз *Rosa iliensis* Chrshan. өсімдігінің Іле өзенінің жайылмасынан табылған популяцияларының деңгейінде 3 ценопопуляцияны бөліп, оларды геоботаникалық тәсілдерді қолдана отырып, сипаттап жаздық.

Фитоценоздарға геоботаникалық тұрғыдан сипаттама бергенде стандарттық тәсілді негізге алдық. Ценодикалық популяцияларды зерттегенде геоботаникада кеңінен қолданылып жүрген дәстүрлі тәсілдерді қолдандық [12]. Ценопопуляцияның жастық күйін анықтау Т.А.Работнов және А.А.Уранов бойынша жүргізілді [13,14]. Популяцияның координаты JPS навигаторы GARMIN GPS MAP 60CSx приборының көмегімен анықталды. Өсімдіктің жастық құрылымын анықтауда А.А.Урановтың [15-17] жобасы негізге алынды: Р – өскіндер; j – жас дарактар; imm – имматурлық жастық күйі; v – виргинильдік немесе жас вегетативтік күйі; g1 – жас генеративтік өсімдік; g2 – орташа- немесе піскен генеративтік өсімдік; g3 – қартайған генеративтік өсімдік; ss – субсенильдік өсімдік; s – сенильдік өсімдік; sc – қурай бастаған өсімдік. Жастық құрылымы өсімдік ценопопуляцияларының негізгі сипаттамаларының бірі болып табылады [18]. Гербарий материалдарын жинау А.К. Скворцов бойынша жүргізілді. Итмұрын түрін анықтау үшін анықтағыштар «Қазақстан флорасының» 1-2 томы (1956, 1958) мен 2 томдық «Иллюстрированный определитель растений Казахстана» (I т. – 1969, II т. – 1972), электрондық микроскоп, бинокуляр, лупа, су моншасы сияқты құрал-жабдықтар пайдаланылды. Өсімдіктердің номенклатурасын С.А. Абдуллина (1998: 187)

және С.К. Черепанов (1995: 516) бойынша қарап тұзеттік [19-23].

Зерттеу нәтижелері және оларды талдау

Сирек, эндемдік *Rosa iliensis* Chrshan. өсімдігінің 1 популяциясын жоғарыда айтылғандай Алматы облысы Іле ауданына қарасты Малайсары аласа тау жотасына жақын жердегі Іле өзенінің оң жағасының жайылмасынан таптық. Бұл участок теңіз деңгейінен 437 м биіктікте жатыр, JPS навигаторы бойынша координаторы: N 44° 09-506 және E 076° 57-874. Жер бедері солтүстік бағытында аздап еңістеу келген тегістік. Топырағы аллювиальды-шалғындық. 1969-1970 жылдарға дейін өзен жайылмасын көктемде және жаз айларында тасқын су шайып отырған. Қазіргі кезде өзен жайылмасы қардың және жаңбырдық суымен ғана ылғалданады. Популяциялық деңгейінде *Rosa iliensis* Chrshan. өсімдігі ленталы ареал түзіп, Іле өзенінің негізгі және жанама арналарының жағалауларында өседі. Көп жағдайда ол *Rosa beggeriana* Schrenk. өсімдігімен аралас өседі. Бұлар өте жақын түрлер, сондықтан да оларды бір-бірінен ажырату біршама қиындық келтіреді. *Rosa beggeriana* Schrenk. кең таралған түр, өзен жайылмасында да, жағалауында да, тіптен жайылма үсті террасада да кездеседі. Сондай-ақ Қытайдың Синьцзян-Ұйғыр Автономдық аймағында да кеңінен таралған және жергілікті жағдайларға бейімделген [24]. Ол *Rosa iliensis* Chrshan. өсімдігіне қарағанда біршама биіктеу, гүлінің түсі таза ақ, ал жемісі ашық қызыл түсті болып келеді. Ал *Rosa iliensis* Chrshan. негізінен өзен жағалауында, ылғалы жеткілікті жерде (мезофит) ғана өседі, аласалау, біржылдық өркендерінің жоғарғы ұшы ширатылып тұрады, гүлдерінің түсі қызғыштау-ақ, ал жемісінің түсі қара. Бұл түр жер бетін тұтастай жауып тұратын бұталы копа түзбейді. Керісінше, *Rosa iliensis* Chrshan. өте шашыраңқы өседі. Бір жерден оның бір немесе екі түбін ғана кездестіруге болады. Популяция деңгейінде *Rosa iliensis* Chrshan. өсімдігі кездесетін 3 өсімдіктер қауымдастығын (ассоциациясын) геоботаникалық тұрғыдан сипаттап жаздық.

Бірінші өсімдіктер қауымдастығы алып жатқан жер көлемі жағынан ең үлкені болып табылады. Ол астық тұқымдасты-жыңғылды-итмұрынды ассоциациядан (*ass. Rosa beggeriana-Rosa iliensis-Tamarix ramosissima-Calamagrostis epigeios-Phragmites australis-Achnatherum splendens*) тұрады. Өсімдіктер жер бетін 85-90% дейін

жауып тұрады. Жер бедері тегістік. Топырағы аллювиальды-шалғындық, аздап құмдақтау. Өсімдіктер жабынында доминант ретінде *Calamagrostis epigeios* (L.) Roth., *Phragmites australis* Trin. ерекше басымдыққа ие. Бұталардан *Rosa beggeriana* Schrenk., *Tamarix ramosissima* Ledeb. сияқты түрлердің басқаларға қарағанда сандық көрсеткіші басымырақ. Өсімдіктер жабынында доминанттардан басқа *Bromus oxyodon* Schrenk., *Eremopyrum orientale* (L.) Jaub. et Spach., *Aegilopsis cylindrica* (cesati) Host., *Artemisia scoparia* Waldst. et Kit., *Artemisia terrae-alba* Krasch., *Centaurea squarrosa* Willd. және т.б. кездеседі. Өсімдіктер жабынында 5 ярусты айқын байқауға болады: I-ярусты биіктігі 3,5 м болатын *Elaeagnus oxycarpa* Schrenk., *Salix caspica* Pall., II-ярусты 200-220 см болатын *Tamarix ramosissima* Ledeb., *Rosa Beggeriana* Schrenk., *Rosa iliensis* Chrshan., III-ярусты 90-100 см болатын *Phragmites australis* Trin., *Calamagrostis epigeios* (L.) Roth., IV-ярусты 60-70 см болатын *Artemisia scoparia* Waldst. et Kit., *Cannabis ruderalis* Janisch., V-ярусты 10-15 см шамасында болатын *Eremopyrum orientale* (L.) Jaub. et Spach., *Alyssum desertorum* Stapf., *Tripolium pratense* L., *Arnebia decumbens* (Vent.) Coss. et Krov. өсімдіктері құрайды. Бірінші өсімдіктер қауымдастығы аумағынан жоғары сатыдағы өсімдіктердің 69 түрін жинап анықтадық.

Екінші өсімдіктер қауымдастығы Іле өзенінің жанама арнасының жағалауынан табылды. Бұл өсімдіктер қауымдастығы бөріқарақатты-итмұрынды ассоциациядан (ass. *Rosa beggeriana-Rosa iliensis-Berberis iliensis*) тұрады. Өсімдіктер жер бетінің 90-95% жауып тұрады. Өзен жағалауы болғандықтан жер бедері қиябеттеу. Топырағы аллювиальды-шалғындық, құмдақтау. Өсімдіктер жабынында *Berberis iliensis* M. Pop. айқын басымдыққа ие. Бірақ ассоциацияның шетіне таман *Rosa Beggeriana* Schrenk. өсімдігінің сандық көрсеткіші арта түседі. Ал *Rosa iliensis* Chrshan. ілеспелі түр, сондықтан да оның 1-2 түбін ғана кездестірдік. Шөптесін өсімдіктерден суға жақын жерінде *Calamagrostis epigeios* (L.) Roth. қалың болып өседі. Ол тамырсабақты өсімдік болғандықтан жер асты өркендері арқылы көп жерді қамтып тұтасқан клон түзеді. Нәтижесінде басқа шөптесін өсімдіктерді оңай ығыстырады. Бұл өсімдіктер қауымдастығы 4 ярустан тұрады: I-ярусты биіктігі 4-5 м болатын *Elaeagnus oxycarpa* Schrenk., II-ярусты 3-3,5 м болатын *Salix caspica* Pall., *S. michelsonii* Nas., III-ярусты 2-2,5 м болатын *Berberis iliensis* M. Pop., *Rosa Beggeriana* Schrenk., *Rosa iliensis* Chrshan.,

IV-ярусты 40-60 см болатын *Calamagrostis epigeios* (L.) Roth., *Gypsophila trichotoma* Wend., *Equisetum arvense* L. өсімдіктері құрайды. Бұл өсімдіктер қауымдастығынан жоғары сатыдағы өсімдіктердің 42 түрін кездестірдік.

Үшінші өсімдіктер қауымдастығын Іле өзенінің ескі жайылмасының жағалық бортына жақындау жердегі көтеріңкі ашық алаңқайдан кездестірдік. Бұл қауымдастықтың өсімдіктер жабыны жусанды-бұталы ассоциациядан (ass. *Berberis iliensis-Rosa Beggeriana-Rosa iliensis-Spiraea hypericifolia-Artemisia terrae-alba-Artemisia scoparia-Artemisia serotina*) тұрады. Өсімдіктер жабынында *Artemisia terrae-alba* Krasch., *Artemisia scoparia* Waldst. et Kit. сандық көрсеткіші жағынан айқын басымдыққа ие. Бұталар эдификатор болғанымен, сандық көрсеткіші жағынан жусандардан көп төмен. Бұл қауымдастықтың фонынан сирек те болса *Lasiagrostis splendens* (Trin.) Kunth., *Stipa capillata* L., *Gypsophylla paniculata* L., *Marrubium vulgare* L., *Onopordon acanthium* L. сияқты өсімдіктерді кездестірдік. Қауымдастықта 4 ярус айқын байқалады: I-ярусты биіктігі 200-220 см болатын *Berberis iliensis* M. Pop., *Rosa Beggeriana* Schrenk., *Rosa iliensis* Chrshan., II-ярусты 100-120 см болатын *Lasiagrostis splendens* (Trin.) Kunth., *Onopordon acanthium* L., III-ярусты 70-80 см болатын *Gypsophylla paniculata* L., *Euphorbia microcarpa* Prokh., IV-ярусты 10-15 см шамасында болатын *Arnebia decumbens* (Vent.) Stropf., *Ziziphora tenuior* L., *Alyssum desertorum* Stropf. өсімдіктері түзеді. Бұл қауымдастықтың флоралық құрамы айтарлықтай бай емес, бар-жоғы 26 түр ғана кездесті. Бұл заңды құбылыс. Өйткені үшінші ассоциация су жағасынан біршама қашықтау жерден сипатталып жазылды. Жалпы *Rosa iliensis* Chrshan. популяциясы аумағының флорасының систематикалық құрамы мына төмендегідей (Кесте 1).

Жоғары сатыдағы споралы *Equisetophyta* бөлімінде 1 түр *Equisetum arvense* L. кездессе, *Gymnospermatophyta* бөлімі де 1 түрден *Ephedra distachya* L. тұрады. Популяцияның флорасының басым бөлігін *Angiospermatophyta* бөлімінен 128 түрді құрайды, оның ішінде *Dicotyledoneae* класына 107 түр, ал *Monocotyledoneae* класына 21 түр жатады. Демек, *Rosa iliensis* Chrshan. популяциясы аумағынан біз 39 тұқымдасқа, 100 туысқа жататын түтікті өсімдіктердің 128 түрін тауып тіркедік. Жетекші тұқымдастарға *Compositae* Giseke, *Poaceae Gaertn.*, *Leguminosae* Juss., *Cruciferae* Juss. және *Caryophyllaceae* Juss. жатады. Осы 5 тұқымдастың өкілдері популяция

флорасының 44,5% құрайды. Бірінші орында *Compositae* Giseke 17 түрден тұрады немесе популяция флорасының 13,2% құрайды, *Poaceae* Gaertn. 15 түрден тұрады немесе популяция флорасының 11,7% құрайды. Екінші орында *Leguminosae* Juss. 10 түрден тұрады немесе 7,8% құрайды, үшінші

орында *Cruciferae* Juss. 8 түрден тұрады немесе 6,2% құрайды, төртінші орында *Caryophyllaceae* 7 түрден тұрады немесе 5,4% құрайды. Қалған тұқымдастардың әрқайсысында 3-тен, 2-ден, 1-ден түрлер бар. Олардың жиынтығы популяция флорасының 55,4% құрайды.

1-кесте – *Rosa iliensis* Chrshan. кездесетін өсімдіктер қауымдастығының флоралық құрамы

Бөлім: <i>Equisetophyta</i> – Хвоцевидные – Қырықбуындар			
Класс: <i>Equisetopsida</i>			
1	Тұқымдас: <i>Equisetaceae</i> Rich.		
	Өсімдік аты	Тіршілік формасы, экологиялық типі	Шаруашылық маңызы
1/1	<i>Equisetum arvense</i> L. – Хвощ полевой – Дала кырықбуын	көпжылдық, мезофит	дәрілік, арамшөп
Бөлім: <i>Gymnospermatophyta</i> – Голосеменные – Ашықтұқымдылар			
Класс: <i>Chlamydospermatopsida</i> – Оболочкосеменные – Қабықтытұқымдылар			
2	Тұқымдас: <i>Ephedraceae</i> Wettst. – эфедровые – қылшалар		
2/1	<i>Ephedra distachya</i> L.- Эфедра двуколосковая – Қос масақшалы қылша	бұта, ксерофит	дәрілік, дәрумендік
Бөлім: <i>Angiospermatophyta</i> – Покрытосеменные – жабықтұқымдылар			
Класс: <i>Monocotyledoneae</i> – Однодольные – даражарнақтылар			
3	Тұқымдас: <i>Poaceae</i> Gaertn. – Злаковые – Астықтар		
3/1	<i>Poa bulbosa</i> L.- Мятлик луковичный – Жуашықты қоңырбас	көпжылдық, ксерофит	малазықтық
4/2	<i>Lasiagrostis splendens</i> (Trin.) Kunth – Чий блестящий – Ақ ши	көпжылдық, мезофит	малазықтық, тоқыма, целлюлозалы қағазды
5/3	<i>Phragmites australis</i> Trin. – Тростник обыкновенный – Кәдімгі қамыс	көпжылдық, гидрофит	малазықтық, құрылыс материалы, целлюлозалы қағазды
6/4	<i>Calamagrostis epigeios</i> (L.) Roth. – Вейник наземный – Құрғақ айрауық	көпжылдық, псаммофит	малазықтық
7/5	<i>Stipa Richteriae</i> Kar.et Kir. – Ковыль Рихтеровский – Рихтер қау	көпжылдық, ксерофит	малазықтық
8/6	<i>Stipa capillata</i> L. – Ковыль волосатик -тырса, қылтан селеу, садақбоз қау	көпжылдық, ксерофит	малазықтық
9/7	<i>Bromus oxiodon</i> Schrenk – Костер остроzubый – Тісті арпабас	біржылдық, ксерофит	малазықтық
10/8	<i>Bromus tectorum</i> L.- Костер кровельный -Таракбоз, арпаған	біржылдық, псаммофит	малазықтық
11/9	<i>Hordeum crinitum</i> (Schreb.) Desf – Ячмень длинноволосый – Түкті арпа	біржылдық, петрофит	арамшөп, малазықтық
12/10	<i>Eremopyrum orientale</i> (L.) Jaub.et Spach – Моргук восточный – Шығыс мортық	біржылдық, ксерофит	малазықтық
13/11	<i>Eremopyrum triticeum</i> – Моргук пшеничный -бидай мортық	біржылдық, ксерофит	малазықтық
14/12	<i>Aegilops cylindrica</i> (Cesati) Host.- Эгилопе цилиндрический – Цилиндрлі қылтаншөп	біржылдық, псаммофит	малазықтық, арамшөп
15/13	<i>Elymus angustus</i> Trin.- Волоснец узкий – Жінішке қияқ	көпжылдық, ксерофит	малазықтық, эрозияға қарсы

16/14	<i>Elymus multicaulis</i> Kar. et Kir. -Волоснец многостебельный-Сарықияқ	біржылдық, ксерофит	малазықтық
17/15	<i>Setaria viridis</i> (L.) Beauv.- Щетинник зеленый – Көк итқонақ	біржылдық, мезофит	малазықтық, арамшөп
4	Тұқымдас: <i>Cyperaceae</i> Juss. – Осоковые – Қияқөлендер		
18/1	<i>Carex songorica</i> Kar. et Kir. - Осока джунгарская -Жоңғар қияқөлең	көпжылдық, мезофит	малазықтық
19/2	<i>Carex dimorphoteca</i> Stschegl. – Осока двуформенная – Қоспішін қияқөлең	көпжылдық, мезофит	малазықтық
5	Тұқымдас: <i>Lilaceae</i> Juss. – Лилейные – Лалагүлділер		
20/1	<i>Asparagus soongoricus</i> Hjin -Спаржа джунгарская -Жоңғар қасқыржем	көпжылдық, ксеромезофит	малазықтық
21/2	<i>Tulipa behmiana</i> Rge.- Тюльпан Бемовский -Бем қызғалдақ	көпжылдық, псаммофит	эндем, сәндік
6	Тұқымдас: <i>Iridaceae</i> Juss. – Касатиковые – Құртқашаштар		
22/1	<i>Iris Sogdiana</i> Bge. -Касатик согдийский – Тоқылдақ, Согдиана құртқашаш	көпжылдық, мезофит	сәндік
7	Тұқымдас: <i>Alliaceae</i> – Луковые – жуалар		
23/1	<i>Allium iliensis</i> Rgl. -Лук илийский – Іле жуа	көпжылдық, ксерофит	тағамдық
Класс: <i>Dicotyledoneae</i> – Двудольные – қосжарнақтылар			
8	Тұқымдас: <i>Salicaceae</i> Mirb. – Ивовые – Талдар		
24/1	<i>Salix michelsonii</i> Nas.- Ива Михельсона -Михельсон талы	бұта, мезофит	сәндік, медоносты
25/2	<i>Salix caspica</i> Pall.- Ива каспийская -Каспий талы	бұта, мезофит	сәндік, тоқыма, медоносты
26/3	<i>Populus pruinosa</i> Schrenk – Тополь сизолистый – Тораңғыл терегі	ағаш, мезоксерофит	сәндік, техникалық, целлюлозалы қағазды
27/4	<i>Populus diversifolia</i> Schrenk – Тополь разнолистый -Тораңғы, әртүрлі жапырақты терек	ағаш, ксеромезофит	сәндік, техникалық, отын, целлюлозалы қағазды
9	Тұқымдас: <i>Ulmaceae</i> Mirb. – Ильмовые – Қарағаштар		
28/1	<i>Ulmus pinnato-ramosa</i> Dieck. – Вязь перистоветвистая -Бұтақты қарағаш	ағаш, мезофит	сәндік, илік, отын
10	Тұқымдас: <i>Moraceae</i> Link. – Тутовые – Тұттар		
29/1	<i>Cannabis ruderalis</i> Janisch. - Конопля сорная -Арамшөп, қарасора кенепшөп	біржылдық, ксерофит	талшықты, майлы, арамшөп
11	Тұқымдас: <i>Urticaceae</i> Juss. – Крапивные – Қалақайлар		
30/1	<i>Urtica dioica</i> L. -Крапива двудомная -Қосүйлі қалақай	көпжылдық, мезофит	тағамдық, дәрілік, талшықты, малазықтық
31/2	<i>Urtica cannabina</i> L. -Крапива коноплевая -кенеп қалақай	көпжылдық, мезофит	арамшөп, дәрілік, талшықты
12	Тұқымдас: <i>Polygonaceae</i> Lindl. – Гречишные – Тарандар		
32/1	<i>Polygonum corrigioloides</i> Jaub.et Spach.- Горец спорышевидный -Қызыл тамыр өнімді таран	біржылдық, мезофит	арамшөп, малазықтық
33/2	<i>Polygonum acetosum</i> M.B. – Горец кислый -қышқыл таран	біржылдық, ксеромезофит	арамшөп
34/3	<i>Rumex halaczi</i> Rech. -Щавель галачи -Галачи кымыздық	бір-, екіжылдық, ксеромезофит	арамшөп

35/4	<i>Atraphaxis spinosa</i> L. -Курчавка шиповатая -Тікенді түйесіңір	бұта, ксерофит	эрозияға қарсы
13	Тұқымдас: <i>Chenopodiaceae</i> Vent – Маревые-Алабұталар		
36/1	<i>Chenopodium glaucum</i> L.- Марь сизая -Көкшіл алабұта	біржылдық, галофит	малазықтық, дәрілік (сапонин)
37/2	<i>Chenopodium album</i> L.- Марь белая -Ақ алабұта	біржылдық, галофит	дәрілік, тағамдық, малазықтық, бояулы, арамшөп
38/3	<i>Petrosimonia glaucescens</i> (Bge) Пјin- Петросимония сизоватая -Көкше соранша	біржылдық, галофит	малазықтық
39/4	<i>Suaeda altissima</i> (L.) Pall.- Сведа высокая – кара сора, ұзын ақсора	біржылдық, галофит	арамшөп
40/5	<i>Kochia prostrata</i> (L.) Schrad.- Кохия стелющаяся – жатаған изен	жартылай бұташық, ксерофит	малазықтық
41/6	<i>Ceratocarpus urticulosus</i> Bluk.- Рогач сумчатый – Қалталы ебелек	біржылдық, ксерофит	арамшөп, малазықтық
14	Тұқымдас: <i>Caryophyllaceae</i> Juss. – Гвоздичные – Қалампырлар		
42/1	<i>Melandrium viscosum</i> L. Селак – Дрема липкая -Жабысқақ желімбасақ	екіжылдық, ксерофит	арамшөп
43/2	<i>Gypsophila paniculata</i> L.- Качим метельчатый -Шашақбас аққанбақ	көпжылдық, ксеромезофит	арамшөп, улы, сабынды, сәндік
44/3	<i>Gypsophila trichotoma</i> Wend- Качим триждывильчатый -Үшқайыр аққанбақ	көпжылдық, ксерофит	арамшөп
45/4	<i>Silene nana</i> Kar. et Kir.- Смолевка карликовая -Ергежейлі сылдыршөп	біржылдық, псаммофит	малазықтық
46/5	<i>Saponaria officinalis</i> L.- Мыльнянка лекарственная – Дәрілік сабыншөп	көпжылдық, мезофит	сәндік, техникалық, дәрілік (сапонин)
47/6	<i>Cerastium caespitosum</i> Gilib. – Ясколка дернистая – Түбірлі мүйізшөп	көп-, екіжылдық, ксерофит	малазықтық
48/7	<i>Holosteum umbellatum</i> L.- Костенец зонтичный – Шатырлы қалампыршөп	біржылдық, ксерофит	арамшөп
15	Тұқымдас: <i>Ranunculacea</i> Juss. – Лютиковые – Сарғалдақтар		
49/1	<i>Clematis glauca</i> Willd- Ломонос сизый -Көкшіл жібілген	бұта, мезофит	улы
50/2	<i>Clematis orientalis</i> L.- Ломонос восточный -Шығыс жібілген	бұта, мезофит	улы
16	Тұқымдас: <i>Berberidaceae</i> Juss. – Барбарисовые – Бөріқарақаттар		
51/1	<i>Berberis iliensis</i> M.Pop.- Барбарис илийский -Ле бөріқарақат	бұта, мезофит	эндем бояулы, тағамдық, дәрілік, медоносты
17	Тұқымдас: <i>Papaveraceae</i> Juss. – Макоцветные – Көкнәрлер		
52/1	<i>Papaver pavoninum</i> Shrenk. – Мак павлиний – Тоты көкнәр	біржылдық, ксерофит	арамшөп, улы
18	Тұқымдас: <i>Cruciferae</i> Juss. – Крестоцветные – Крестгүлділер		
53/1	<i>Erysimum leucanthemum</i> (Steph)- Желтушник белоцветный -Ақшыл ақбасқурай	екіжылдық, ксерофит	малазықтық, арамшөп
54/2	<i>Alyssum desertorum</i> Stapf.- Бурачок пустынный -Шөл жауылша	біржылдық, ксерофит	малазықтық, арамшөп
55/3	<i>Tauscheria lasiocarpa</i> Fisch.- Таушерия опушенноплодная -Түкжемiс таушерия	біржылдық, ксерофит	арамшөп
56/4	<i>Thlaspi arvense</i> L.- Ярутка полевая -Егістік ярутка	біржылдық, ксерофит	арамшөп, улы, дәрілік

57/5	<i>Lepidium perfoliatum</i> L.- Клоповник пронзеннолистный -Тесікжапырақ шытырмақ	бір-, екіжылдық, галофит	улы, дәрілік
58/6	<i>Malcolmia scorpioides</i> (Bge.)- Малькольмия скарпионовидная -Шаянтәрізді аққайың	біржылдық, галофит	арамшөп
59/7	<i>Descurainia sophia</i> (L.) Schur.- Дескурайния софия -София сармала	біржылдық, ксерофит	арамшөп
60/8	<i>Sisymbrium brassiciforme</i> C.A. Mey- Гулявник капустовидный- Капуста сарбасқурай	екіжылдық, ксерофит	арамшөп
19	Тұқымдас: <i>Rosaceae</i> Juss. – Розоцветные -Раушангүлділер		
61/1	<i>Rosa Beggeriana</i> Schrenk – Шиповник Беггера -Беггер раушаны	бұта, мезофит	дәрумендік, сәндік
62/2	<i>Rosa iliensis</i> Chrshan – Шиповник илийский -Іле раушаны	бұта, мезофит	эндем дәрумендік, сәндік
63/3	<i>Potentilla reptans</i> L.- Лапчатка ползучая -Шырмауық қазтабан	бұта, мезофит	арамшөп
64/4	<i>Spiraea hypericifolia</i> L.- Таволга зверобоелистая – шайқурай тобылғы	бұта, ксеромезофит	сәндік
20	Тұқымдас: <i>Leguminosae</i> Juss. – Вобовые – Бұршақтар		
65/1	<i>Trigonella arcuata</i> C.A. Mey.- Пажитник дугобразный -Имек бойдана	біржылдық, ксерофит	малазықтық
66/2	<i>Trifolium pratense</i> L.- Клевер луговой -Қызылбас беде	көпжылдық, мезофит	малазықтық, медоносты
67/3	<i>Lotus tenuis</i> Kit – Лядвенец тонкий -Жіңішке лотус	көпжылдық, мезоксерофит	малазықтық
68/4	<i>Melilotus officinalis</i> (L.) Desg.- Донник лекарственный -Дәрі түйежоңышқа	екіжылдық, ксеромезофит	тағамдық, медоносты
69/5	<i>Halimodendron halodendron</i> (Pall.) Voss.- Чингил серебристый -Ақ шеңгел	бұта, ксеромезофит	сәндік, малазықтық, отын, бояу, медоносты
70/6	<i>Astragalus suidunensis</i> Bge.- Астрагал суидунекий -Сүйдін астрагал	көпжылдық, петрофит	малазықтық
71/7	<i>Astragalus paucijugus</i> C.A. Mey.- Астрагал малопарный -Түйесүйек астрагал	бұта, псаммофит	малазықтық, эрозияға қарсы
72/8	<i>Astragalus orbiculatus</i> Lab – Астрагал круглолистный -Тенгежапырақ астрагал	көпжылдық, мезофит	малазықтық
73/9	<i>Glycyrrhiza uralensis</i> Fisch – Солодка уральская -Орал миясы	көпжылдық, ксерофит	тағамдық, дәрілік, техникалық, эрозияға қарсы
74/10	<i>Medicago lupulina</i> L. – Люцерна хмелевидная -Құлмақ жоңышқа	біржылдық, мезофит	малазықтық
21	Тұқымдас: <i>Zigophyllaceae</i> R.Br. – Парнолистниковые – Түйетабарлар		
75/1	<i>Zigophyllum iliense</i> M. Pop.- Парнолистник илийский -Іле түйетабар	көпжылдық, мезофит	эндем арамшөп
76/2	<i>Nitraria schoberi</i> L.- Селитрянка Шобера -Шобер ақтікені	бұта, галофит	тағамдық, сабынды, бояулы
77/3	<i>Tribulus terrestris</i> L.- Якорцы стелющиеся – жатаған теміртікен	біржылдық, галофит	улы, арамшөп
22	Тұқымдас: <i>Rutaceae</i> Juss – Рутовые – Руталар		
78/1	<i>Haplophyllum multicaule</i> Vved.- Цельнолистник многостебельный -Көпсабақ тутасжапырақ	жартылай бұта, ксерофит	эндем арамшөп
23	Тұқымдас: <i>Euphorbiaceae</i> Juss – Молочайные – Сүттігендер		

79/1	<i>Euphorbia jaxartica</i> Prokh. - Молочай сырдарьинский -Сырдария сүттіген	көпжылдық, мезофит	арамшөп
80/2	<i>Euphorbia turkestanica</i> Rgl.- Молочай туркестанский -Түркістан сүттіген	біржылдық, галофит	арамшөп
80/3	<i>Euphorbia microcarpa</i> L.- Молочай мелкоплодный – ұсақ жеміс сүттіген	көпжылдық, ксерофит	эндем арамшөп
24	Тұқымдас: <i>Malvaceae</i> Juss – Мальвовые – Құлқайырлар		
81/1	<i>Malva neglecta</i> Wallr.- Просвирник пренебреженный -Жеке құлқайыр	көпжылдық, ксерофит	тағамдық, малазықтық
82/2	<i>Lavatera thuringiaca</i> L.- Хатьма тюрингенская -Тюринген хатьма	көпжылдық, ксерофит	талшықты, сәндік, медоносты, дәрілік
25	Тұқымдас: <i>Tamaricaceae</i> Link – Гребенщиковые – Жыңғылдар		
83/1	<i>Tamarix ramosissima</i> Ledeb- Гребенщик многоцветковый -Қызыл жыңғыл	бұта не кішігірім ағаш, мезоксерофит	көгалдандыру, илік
26	Тұқымдас: <i>Thymelaeaceae</i> Adans. – Волчниковые – Тимелеялар		
84/1	<i>Diarthron vesiculosum</i> (Fish.et Mey) С.А.Мей.- Двучленик пузырчатый – көбікше диартрон	біржылдық, ксерофит	арамшөп, улы
27	Тұқымдас: <i>Elaeagnaceae</i> Juss. – Лоховые – Жиделер		
85/1	<i>Elaeagnus oxycarpa</i> Schrenk. – Лох остроплодный -Үшкіркемісті жиде	ағаш, ксерофит	көгалдандыру, құм бекіту, топырақты құнарландыру, құрылыс материалы, тағамдық, малазықтық, дәрілік, дәрумендік, бояулы, илік, медоносты, парфюмериялы, целлюлозалы қағазды
28	Тұқымдас: <i>Onagraceae</i> Juss. – Кипрейные – Күреңоттар		
86/1	<i>Epilobium hirsutum</i> L.- Кипрей мохнатый -Түкті күреңот	көпжылдық, мезофит	дәрумендік, медоносты
87/2	<i>Epilobium adnatum</i> Griseb.- Кипрей сродный -Туыс күреңот	көпжылдық, мезофит	медоносты
29	Тұқымдас: <i>Umbelliferae</i> Juss. – Зонтичные – Шатыршагүлділер		
88/1	<i>Ferula ferulaeoides</i> (Steud.) Korov.- Ферула метельчатая -Сыпырғы сасыр	көпжылдық, монокарпты, ксерофит	малазықтық
89/2	<i>Scaligeria setacea</i> (Schrenk) Korov.- Скалигерия щетинковая – Тікенді скалигерия	көпжылдық, ксерофит	арамшөп
30	Тұқымдас: <i>Plumbaginaceae</i> Juss. – Свинчатковые – Қорғасыншөптер		
90/1	<i>Limonium gmelinii</i> (Willd.) Kuntze- Кермек Гмелина -Тамырбаяу кермек	көпжылдық, ксеромезофит	бояулы, дәрілік
91/2	<i>Goniolimon callicomum</i> (С.А.Мей.) Boiss.- Гониолимон красивокронный – Бұталы гониолимон	көпжылдық, ксерофит	сәндік, бояулы
31	Тұқымдас: <i>Aposynaceae</i> Lindl. – Кутровые – Кендірлер		
92/1	<i>Aposynum lancifolium</i> Russan.- Кендырь ланцетолистый – Қызыл кендір	көпжылдық, мезофит	талшықты
32	Тұқымдас: <i>Asclepiadaceae</i> Lindl. – Ластовневые – түйешырмауықтар		
93/1	<i>Synanchum sibiricum</i> Willd. – Цинанхум сибирский – Сібір цинанхум	көпжылдық, мезофит	улы
33	Тұқымдас: <i>Convolvulaceae</i> Vent.- Вьюнковые – Шырмауықтар		
94/1	<i>Convolvulus arvensis</i> L.- Вьюнок полевой, березка – Далалық шырмауық	көпжылдық, ксеромезофит	арамшөп, улы

95/2	<i>Calystegia sepium</i> (L.) R.Br. – Повой заборный -Арамшөп калистегия	көпжылдық, мезофит	арамшөп
34	Тұқымдас: Boraginaceae Juss. – Бурачниковые – Айлаулықтар		
96/1	<i>Nonnea caspica</i> (Willd.) G.Dop – Ноннея каспийская -Каспий ноннея	біржылдық, ксеросаммофит	арамшөп, бояулы
97/2	<i>Lapulla patula</i> (Lehm.) Aschers – Липучка пониклая – Имек кәрікыз	біржылдық, ксерофит	арамшөп
98/3	<i>Lapulla microcarpa</i> (Ledeb.) Gurke. – Липучка мелкоплодная – ұсақжемiс кәрікыз	екіжылдық, ксерофит	арамшөп
99/4	<i>Arnebia decumbens</i> (Vent.) Coss.et Krav. – Арнебия простертая -Жатаған арнебия	біржылдық, ксерофит	арамшөп
100/5	<i>Asperugo procumbens</i> L. - Асперуга простертая – Жатаған жабысқақ	біржылдық, ксерофит	арамшөп, дәрілік
35	Тұқымдас: Labiatae Juss. – Губоцветные – Ерінгүлділер		
101/1	<i>Ziziphora tenuior</i> L. - Зизифора тонкая -Нәзік киікот	біржылдық, ксерофит	дәрілік, эфирлі, медоносты
102/2	<i>Marrubium vulgare</i> L. - Шандра обыкновенная -Кәдімгі шандра	көпжылдық, ксерофит	медоносты, дәрілік
103/3	<i>Eremostachys molucelloides</i> Bge.- Пустынноколосник широколистный – жалпақтостағанша шөлмасақ	көпжылдық, ксерофит	арамшөп, медоносты
36	Тұқымдас: Solanaceae Juss. – Пасленовые – Алқалар		
104/1	<i>Datura stramonium</i> L.- Дурман обыкновенный -Нағыз сасық меңдуана	біржылдық, ксерофит	улы, дәрілік, арамшөп
105/2	<i>Lycium ruthenicum</i> Murr- Дереза русская -Орыс тікенбұта	бұта, ксерофит	улы
106/3	<i>Hyoscyamus pusillus</i> L.- Белена крошечная -Кішкене меңдуана	біржылдық, ксеромезофит	арамшөп, улы
107/4	<i>Hyoscyamus niger</i> L.- Белена черная -Қара меңдуана	екіжылдық, ксерофит	улы, дәрілік, арамшөп
37	Тұқымдас: Scrophulariaceae Lindl. – Норичниковые – Сабынкөктер		
108/1	<i>Verbascum songoricum</i> Schrenk. – коровяк джунгарский – Жоңғар аюқұлақ, сиырқұйрық	екіжылдық, ксеромезофит	арамшөп, медоносты
109/2	<i>Dodartia orientalis</i> L. – Додарция восточная – Шығыс текесақал	көпжылдық, ксерофит	дәрілік, арамшөп, улы, инсектицидті
38	Тұқымдас: Plantaginaceae Lindl. – Подорожниковые – Бақажапырақтар		
110/1	<i>Plantago major</i> L.- Подорожник большой – Үлкен бақажапырақ	екіжылдық, мезофит	дәрілік
111/2	<i>Plantago lanceolata</i> L.- Подорожник ланцетовидный – қандауыр бақажапырақ	көпжылдық, ксеромезофит	арамшөп
39	Тұқымдас: Rubiaceae Juss. – Мареновые – Рияндар		
112/3	<i>Galium palustre</i> L.- Подмаренник болотный -Батпақ қызылбояу	көпжылдық, мезофит	бояулы
40	Тұқымдас: Caprifoliaceae Vent. – Жимолостные – Үшқаттар		
113/4	<i>Lonicera iliensis</i> Rojark.- Жимолость илийская – Іле үшқат	бұта, ксеромезофит	сирек сәндік, эфирлі
41	Тұқымдас: Compositae Giseke – Сложноцветные – Күрделігүлділер		
114/1	<i>Helichrysum arenarium</i> L. Moench- Бессмертник песчаный -Құмдық салаубас	көпжылдық, ксерофит	дәрілік

115/2	<i>Xanthium strumarium</i> L. - Дурнишник обыкновенный -Кәдімгі сарысою	біржылдық, ксерофит	дәрілік, бояулы
116/3	<i>Acroptilon repens</i> (L.) DC.- Горчак ползучий -Жатаған уекіре	көпжылдық, ксерофит	улы, арамшөп
117/4	<i>Cichorium intybus</i> L.- Цикорий обыкновенный -Кәдімгі цикорий	көпжылдық, ксерофит	тағамдық, медоносты, дәрілік, малазықтық, арамшөп
118/5	<i>Centaurea squarrosa</i> Willd- Василек растопыренный -Тарбиған гүлкекіре	екіжылдық, ксерофит	арамшөп
119/6	<i>Lactuca tatarica</i> (L.) С.А.Мей. – Латук татарский – татар асүтіген	көпжылдық, мезофит	арамшөп
120/7	<i>Artemisia vulgaris</i> L.- Полынь обыкновенная- Ермен, қара жусан	көпжылдық, ксерофит	дәрілік, арамшөп, эфирлі, майлы
121/8	<i>Artemisia scoparia</i> Waldst.et Kit- Полынь метельчатая -Шашақты жусан	бір-, екіжылдық, ксерофит	малазықтық, арамшөп, эфирлі
122/9	<i>Artemisia serotina</i> Bge.- Полынь осенняя -Күздік жусан	көпжылдық, ксерофит	малазықтық, арамшөп, эфирлі
123/10	<i>Artemisia heptapotamica</i> Poljak.- Полынь семиреченская -Жетісу жусан	көпжылдық, ксерофит	эндем эфирлі, майлы
124/11	<i>Artemisia terrae-albae</i> Krasch.- Полынь белоземельная -Тамыр жусан	жартылай бұташық, ксерофит	малазықтық, эфирлі
125/12	<i>Artemisia dracunculus</i> L.- Полынь эстрагон -Шыралшын жусан	көпжылдық, ксерофит	тағамдық, арамшөп, эфирлі, дәрумендік
126/13	<i>Artemisia nitrosa</i> Web. – Полынь селитряная – Кебір жусан	көпжылдық, галофит	малазықтық
127/14	<i>Artemisia leucodes</i> Schrenk.- Полынь беловатая – Ақшыл жусан	бір-, екіжылдық, ксерофит	дәрілік, эфирлі
128/15	<i>Artemisia lessingiana</i> Bess. – Полынь Лессинговская – Лессинг жусан	көпжылдық, ксерофит	малазықтық, эфирлі, майлы
129/16	<i>Amberboa turanica</i> Pjin.- Амбербоа туранская -Тұран амбербоа	біржылдық, ксерофит	арамшөп
130/17	<i>Onopordon acanthium</i> L. – Татарник колючий – Тікенді шағыртікен	екіжылдық, ксерофит	арамшөп, майлы, тағамдық

Өсімдіктердің тіршілік формаларынан гемикриптофиттер, яғни көпжылдық шөптесін өсімдіктер басым келеді 54 түр (41,5%). Екінші орында даму циклы қысқа бір- және екіжылдық өсімдіктерден тұрады 53 түр (40,8%). Хамефиттер, яғни бұталар және жартылай бұталар 18 түрмен (13,8%), үшінші орынды иемденеді. Нано- және микрофанерофиттер 2 түрді (1,5%) құрайды. Макрофанерофиттердің 5 түрі кездеседі: *Populus pruinosa* Schrenk., *Populus diversifolia* Schrenk., *Ulmus pinnato-ramosa* Dieck., *Tamarix ramosissima* Ledeb., *Elaeagnus oxycarpa* Schrenk. Іле өзені бойындағы ағаштардың қазіргі кездегі жағдайы еш сын көтермейді. Жыл өткен сайын олар қурап, шіріп, сиреп барады. Тіптен *Phragmites australis* Trin. сияқты биік болып өсетін өсімдіктердің өзі аласарып, тырбиып на-

шар өседі. Көп жерлерде бұларды арамшөптер ығыстырып барады.

Өсімдіктердің экологиялық типтерінен мезофиттер және мезоксерофиттер басымдылық көрсетеді. Олар популяция флорасының 36,2% құрайды. Ксерофиттердің үлесіне популяция флорасының 47,7% тиісті. 1 ғана түр *Phragmites australis* Trin. гидрофит болып табылады. 6 түр псаммофит (4,6%), 2 түр петрофит (1,5%), галофиттердің 10 түрі: *Chenopodium glaucum* L., *Ch. album* L., *Petrosimonia glaucescens* (Bge.) Pjin. және *Suaeda altissima* (L.) Pall., *Lepidium perfoliatum* L., *Malcolmia scorpioides* (Bge.), *Nitraria schoberi* L., *Tribulus terrestris* L., *Euphorbia turkestanica* Rgl., *Artemisia nitrosa* Web. кездеседі.

Популяция аумағында кездесетін өсімдіктерді шаруашылықтағы маңызына қарай Н.П. Пав-

ловтың (1942) классификациясы бойынша 14 топқа бөлікті [25]. Олардың ішінде эрозияға қарсы тұратын өсімдіктер ерекше басымдық көрсетеді. Жалпы топырақты желден және тасқын судан болатын эрозиядан қорғауға өсімдіктердің барлығы қатысады. Дей тұрғанмен де ағаштардың, бұталардың және көпжылдық шөптесін өсімдіктердің әсіресе тамырсабақты өсімдіктердің топырақты бекітудегі рөлі орасан зор. Олардың тамырлары терең кетеді және бір-бірімен матасып қалың тор түзеді, сөйтіп топырақтың жоғарғы горизонттарын эрозиядан қорғайды. Екінші орында арамшөптер (57 түр немесе 43,8%), үшінші орында малазықтық (46 түр немесе 35,4%), төртінші орында дәрілік (26 түр немесе 20%). Әрі қарай кему реті бойынша сәндік пен улы (16 түрден немесе 12,3%), медоносты (15 түр немесе 11,5%), тағамдық (12 түр немесе 9,2%), эфир майлы (10 түр немесе 7,7%), бояулы (7 түр немесе 5,4%), дәрумендік (6 түр немесе 4,6%), целлюлозалы-қағазды, талшықты, майлы (5 түрден немесе 3,8%), техникалық (4 түр немесе 3,1%) өсімдіктер кездеседі. Қалғандары тоқыма, құрылыс материалы, илік, отын, сабынды, көгалдандырушы, топырақты құнарландырушы, инсектицидті 1, 2, 3 түрлердің санымен сипатталады.

Пайдалы өсімдіктердің бірқатары кешенді қызмет атқарады. Мысалы, *Glycyrrhiza uralensis* Fisch. дәрілік, тағамдық, (халва жасауда, сыра ашытуда), техникалық және эрозияға қарсы тұратын өсімдік ретінде аса құнды. *Phragmites australis* Trin. целлюлоза-қағаз өндірісінде, құрылыс материалы ретінде қолданысқа ие. Сонымен бірге малазықтық және эрозияға қарсы тұратын өсімдік ретінде де маңызды. *Populus pruinosa* Schrenk. және *Populus diversifolia* Schrenk. өсімдіктері целлюлозалы-қағаз өндірісінде, құрылыс материалы ретінде қолданысқа ие. Сонымен бірге бұл өсімдіктерді сіріңкенің шиін, фанера жасауға пайдаланады, илік заттар, бояу алынады, сәндік және эрозияға қарсы тұратын өсімдік ретінде де маңызды. *Rosa Beggeriana* Schrenk., *Rosa iliensis* Chrshan. өсімдіктерінен С дәрумені және дәрілік препараттар алынады. Жемісінен және тамырынан илік заттар мен бояу алынады. Итмұрынның түрлері сәндік және эрозияға қарсы тұратын өсімдіктер ретінде де аса маңызды.

Сондай-ақ Іле өзені жайылмасында бірқатар сирек және эндемдік өсімдік түрлері кездеседі. Оларға *Tulipa behmiana* Rge., *Berberis iliensis* M.Pop., *Lonicera iliensis* Pojark., *Rosa iliensis* Chrshan., *Populus pruinosa* Schrenk.,

Populus diversifolia Schrenk, *Zigophyllum iliense* M.Pop., *Haplophyllum multicaule* Vved., *Euphorbia microcarpa* L., *Artemisia heptapotamica* Poljak. жатады. Бұлардың барлығының популяцияларының қазіргі кездегі жағдайы қанағаттанарлық емес. Сондықтан да оларға мониторинг жүргізіп, тұрақты түрде бақылауда ұстау қажет. Мүмкіндігінше бұл өсімдіктерді популяциялық деңгейде терең зерттеп, олардың қазіргі кездегі жағдайына ғылыми тұрғыдан баға беру керек. Сонда ғана бұл өсімдіктерді қорғауға қатысты нақты ұсыныстар берудің мүмкіндігі туады. Бұл кезек күттірмейтін мәселе. Себебі Іле өзенінің Қапшағай су электростанциясынан төменгі ағасында жыл өткен сайын шөлдену процесі қарқын алып келеді.

Қорытынды

Қорыта айтқанда Іле өзенінің Қапшағай су электростанциясынан төменгі ағысы жайылмасының, тіптен тұтастай Оңтүстік Балқаш аумағының экологиялық жағдайы соңғы 40-45 жылдың ішінде үлкен өзгеріске ұшырады. Оның басты себебі, Іле өзеніне Қапшағай су электростанциясының салынуына байланысты, оның төменгі ағысында өзен суының деңгейінің күрт төмендеуі, өзен жайылмасын жылма-жыл бұрынғыдай су баспауы, өзен бойындағы үлкенді-кішілі көліктердің суының тартылуы және т.б. Осылардың барлығы Іле өзенінің төменгі ағысында ну болып өсетін бұрынғы қамысты-қоғалы қопалардың жойылуына, тоғай ағаштарының, бұталарының құрап сиреуіне, топырағының физикалық-химиялық құрамының өзгеруіне және жер асты суының деңгейінің төмендеуіне әкеліп соқтырады. Нәтижесінде Оңтүстік Балқаш өңірінде ауаның ылғалдылығы төмендеп, шөлдену процесі орын ала бастады. Өзен жайылмасының өсімдіктер жабыны мен флорасының трансформациялануы осының басты көрінісі болып табылады. Шөлдену процесі ең алдымен осы аймақта кездесетін сирек және эндемдік өсімдік түрлерінің ареалдарының тарылып, популяцияларының азаюына әкеліп соқтыруда.

Бұлардың барлығының қазіргі кездегі жағдайы қанағаттанарлық емес. Сондықтан да олардың популяциялары терең зерттеуді қажет етеді. *Rosa iliensis* Chrshan. өсімдігіне келсек, оның Іле өзенінің Қапшағай су электростанциясынан төменгі ағысындағы популяциясы өте нашар жағдайда. Бұл жерден оның

бірінші жылғы өскіндерін, имматурлық, тіптен вергинильдік жастық күйіндегі дарактарын кездестірмедік. Тек аздаған генеративтік, сенильдік және субсенильдік жастық күйіндегі өсімдіктерді кездестірдік. *Rosa iliensis* Chrshan. тамырсабақтары арқылы және тұқымымен көбейетін өсімдік. Қазіргі қалыптасқан экологиялық жағдайда оның тұқымы арқылы көбеюі жоқтың қасында. Бұл мына себептерге байланысты болса керек: біріншіден *Rosa iliensis* Chrshan. өсімдігінің жемісімен құстар (торғайлар, қырғауылдар) және ұсақ кеміргіш сүтқоректі жануарлар қоректенеді; екіншіден, тұқымның өнуіне қажетті ылғал жетіспейді; үшіншіден, тұқым өніп шыққанымен, олар бірден малдың таптауынан жойылады. Өйткені көктемнен күзге дейін бұл аймақта Талғар, Іле және Балқаш аудандарының малдары жайылады. Өзен бойына күн сайын бірнеше отар қой, үйір-үйір жылқы және мүйізді ірі қара малдар суға келеді. Олар жаздың аптаған ыстығында өзен жайылмасындағы ағаштардың көлеңкесін паналайды, осында жайылады. Нәтижесінде ағаштардың, бұталардың жас өскіндерін жейді, әрі таптайды. Бұл аймаққа жаз айларында де-

малушылар мен балық аулаушылар жиі келеді. Олар өздерінен соң тау-тау қоқыстар қалдырады, от жағып оны өшірмей кетеді. Осының салдарынан өзен бойындағы тоғайда өрт орын алады. Бұл әр кезде болып тұратын жағдай. Сондықтан да *Rosa iliensis* Chrshan. өсімдігін жоғалтып алмайық десек, оның популяциясын жан-жақты зерттеп, оны қорғаудың жолдарын қарастырып, нақты ұсыныстар беруіміз керек. Біріншіден, *Rosa iliensis* Chrshan. өсімдігінің популяциясына тұрақты түрде мониторинг жүргізу керек; екіншіден, орман шаруашылығы жағынан бұл жерлерге қатаң бақылау керек; үшіншіден, бұл аймаққа демалушыларға және балық аулаушыларға қатаң ескертулер жасап, олардың жүрісін шектеу керек, әсіресе өрттің шығуына жол бермеу қажет; төртіншіден, бұл өсімдікті Қазақстанның ботаникалық бақтарында интродукцияға ендіру қажет. Осы тұрғыдан алғанда Іле эксперименталдық ботаникалық бағы және Алматы қаласындағы бас ботаникалық бақтар аса тиімді мекемелер болып табылады. Өйткені бұл бақтардың орналасқан жерлері, климаты және топырағы *Rosa iliensis* Chrshan. өсімдігін өсіруге бірден-бір қолайлы.

Әдебиеттер

- 1 Злобин Ю.А., Скляр В.Г., Клименко А.А. Популяции редких видов растений. Теоретические основы и методика изучения. Монография. – 2013. – 440 с.
- 2 Mukhitdinov N.M., Karasholakova L.N., Kurmanbayeva M.S. // The number and the age structure of rare endemic species cenopopulation *Lonicera iliensis* Pojark. Life Science Journal 11(6):459-463 January 2014.
- 3 Ydyrys A., Ametov A.A., Mukhitdinov N.M., Abidkulova K.T., Almerikova S. // Characteristics of some plant communities with participation narrowly endemic species *Oxytropis almaatensis* Bajt. in Trans-Ili Alatau mountains. Eurasian Journal of Ecology, [S.1.], v. 49, n. 4, p. 86-96, nov.2018.
- 4 Schnabel A., Krutovskii K.V. // Conservation genetics and evolutionary history of *Gleditsia caspica*: inferences from allozyme diversity in populations from Azerbaijan: Conservation Genetics. – 2004. – 5(2), pp.195-204.
- 5 Флора Казахстана. Алма-Ата. – Т. 4. – 1961. – 288 с.
- 6 Хржановский В. Г. Розы. Филогения и систематика. Спонтанные виды европейской части СССР, Крыма и Кавказа. Опыт и перспективы использования / Отв. ред. чл.-корр. Азерб. АН И. И. Карягин. – М.: Сов.наука, – 1958. – 497 с.
- 7 Dobreva A., Velcheva A., Bardarov A., Bardarov K. // Chemical composition of different genotypes oil-bearing roses. Bulgarian Journal of Agricultural Science, 19 (No 6) 2013, 1213-1218 Agricultural Academy.
- 8 Zimmermann H, SM Ritz, H Hirsch, D Renison, K Wesche, I Hensen. Highly reduced genetic diversity of *Rosa rubiginosa* L. populations in the invasive range. Int J Plant Sci., 2010. – 171:435– 446.
- 9 Даников Н.И. Целебный шиповник. Фитотерапия. Пособие. Издательство: «Эксмо». – 2013. – 256 с.
- 10 Ozgelik H., Korkmaz M., Ozgokge F., Unal M., Sakgali S. Ecological and Geographical Characteristics of Turkish Roses (*Rosa L. Spp.*) // SDU journal of Science (E-Journal), 2013, 8(1):9-21
- 11 Щибря, Г.И. Селекционные работы по шиповнику / Г.И. Щибря, Е.М.Степанова, А.И.Каланова // Сб. науч. тр. / ВИЛР-. М., 1974.- Вып. 4,- 316 с.
- 12 Полевая геоботаника. М.; Л. Изд-во АН СССР, 1959. Т.1. с.32. 1960, Т.2, 1964.Т.3. 1972. Т.4. 1976. Т.5.
- 13 Работнов Т.А. Жизненный цикл многолетних травянистых растений в луговых ценозах. Тр.Бот.инст.АН СССР. Геоботаника. М.: Изд-во АН СССР. 1950. Серия 3. Вып.6. С.8-30.
- 14 Работнов Т.А. Структура и методы изучения ценопопуляций многолетних травянистых растений. Экология. – 1978. №27 С.75-13.
- 15 Уранов А.А. Жизненное состояние вида в растительном сообществе // Бюл.МОИП. Отд. биол. 1960. Т. 65, вып. 3. С.77-92.

- 16 Уранов А. А. Онтогенез и возрастной состав популяций // Онтогенез и возрастной состав популяций цветковых растений. М., 1967. С.3-8.
- 17 Уранов А.А. Большой жизненный цикл и возрастной спектр ценопопуляций цветковых растений // Тез. докл.5 делегат.съезда ВБО. Киев, 1973. С.74-76.
- 18 Abidkulova K., Mukhitdinov N., Ametov A., Ydyrys A., Kudajbergenova N. // 7th Planta Europa Conference. The Age Structure of the Coenopopulations of Rare Endemic Plant *Ikonnikovia Kaufmanniana* from Kazakhstan. – 2015. – Horizon Research Publishing All rights reserved.
- 19 Скворцов А.К. Гербарий. Пособие по методике и технике. – М.:Наука», 1977. – 199 с.
- 20 Флора Казахстана: В 9 томах. – Алма-Ата. – Т. 1-9. – 1956-1966.
- 21 Иллюстрированный определитель растений Казахстана Т.1, Т.2. Алматы: «Наука» Казахской ССР, 1969-1972.
- 22 Абдулина С.А. Список сосудистых растений Казахстана. – М.: «Наука». – 1998. – 187 с.
- 23 Черепанов С.К. Сосудистые растения России и сопредельных государств / Университет Кэмбридж. – 1995. – 516 с.
- 24 Chao Yu, Le Luo, and Hui-tang Pan, Yun-ji Sui and Run-hua Guo, Jin-yao Wang and Qi-xiang Zhang // Karyotype Analysis of Wild Rosa Species in Xinjiang, Northwestern China. Journal of the American Society for Horticultural Science. American Society for Horticultural Science 139(1):39-47 • January 2014 with 256 Reads.
- 25 Павлов Н.В. Дикие полезные и технические растения СССР. – М., 1942. – 642 с.

References

- 1 Abdulina S.A. (1998) Spisok sosudistyxh rasteniy Kazakhstana [List of Vascular Plants Kazakhstan] М.: "Science". 187 p.
- 2 Abidkulova K., Mukhitdinov N., Ametov A., Ydyrys A., Kudajbergenova N. (2015) 7th Planta Europa Conference. The Age Structure of the Coenopopulations of Rare Endemic Plant *Ikonnikovia Kaufmanniana* from Kazakhstan. Horizon Research Publishing All rights reserved. P.58-62.
- 3 Chao Yu, Le Luo, and Hui-tang Pan, Yun-ji Sui and Run-hua Guo, Jin-yao Wang and Qi-xiang Zhang (2014) Karyotype Analysis of Wild Rosa Species in Xinjiang, Northwestern China. Journal of the American Society for Horticultural Science. American Society for Horticultural Science 139(1):39-47 January with 256 Reads.
- 4 Cherepanov S.K. (1995) Sosudistyye rasteniya Rossii i sopredelennykh gosudarstv [Vascular rastenii of Russia and state agencies / University of Cambridge] 516 p.
- 5 Danikov N.I. (2013) TSelebnyj shipovnik. Fitoterapiya. Posobie. [Healing Rose. Phytotherapy. Study guide.] Publisher: Eksmo. 2013. 256 p.
- 6 Dobрева A., Velcheva A., Bardarov A., Bardarov K.. (2013) Chemical composition of different genotypes oil-bearing roses. Bulgarian Journal of Agricultural Science, 19 (No 6). 1213-1218 Agricultural Academy.
- 7 Flora kazakhstan [Flora Kazakhstan] In 9 Tomahs. Alma-Ata. T. 1-9. (1956-1966).
- 8 Flora kazakhstan [Flora of Kazakhstan] (1961) Alma-Ata. Vol. 4. 288 p.
- 9 Illustrirovannyi opredelitel rastenii Kazakhstana [Illustrated determinant of plants of Kazakhstan] T.1, T.2. Almata: "Science" of the Kazakh SSR. (1969-1972).
- 10 Khrzhanovsky V.G. (1958) Rozy. Filogeniya i sistematika. Spontannyye vidy evropeyskoy chasti SSSR. Kryma i Kavkaza. Opyt i perspektivy ispolzovaniya http://herba.msu.ru/shipunov/school/books/hrzhanovskij1958_rozy.djvu [Roses. Phylogeny and taxonomy. Spontaneous views of the European part of the USSR, Crimea and the Caucasus. Experience and prospects of use] Ed. ed. Corr. Azerb. AN I. I. Karyagin. M.: Soviet science. 497 p.
- 11 Mukhitdinov N.M., Karasholakova L.N., Kurmanbayeva M.S. (2014) The number and the age structure of rare endemic species cenopopulation *Lonicera iliensis* Pojark. Life Science Journal 11(6):459-463 January.
- 12 Ozgelik H., Korkmaz M., Ozgokge F., Unal M., Sakgali S. (2013) Ecological and Geographical Characteristics of Turkish Roses (*Rosa L. Spp.*) // SDU journal of Science (E-Journal), 8(1):9-21 January.
- 13 Pavlov N.V. (1942) Dikiye poleznyye i tekhnicheskiye rasteniya SSSR [Wild useful and technical plants of the USSR] М., 642 p.
- 14 Poleyaya geobotanika [Field geobotany] М.; L. Publishing House of the Academy of Sciences of the USSR, 1959. V.1. p.32. 1960. Vol. 2, 1964. Vol. 3. 1972. T.4. 1976. V. 5.
- 15 Rabotnov T.A. (1950) Zhiznennyi tsikl mnogoletnikh travyanistykh rasteniy v lugovykh tsenozakh. [Life cycle of perennial herbaceous plants in meadow census] Tr. Bot. Inst. AN USSR. Geobotany. М.: Publishing House of the Academy of Sciences of the USSR. Series 3. Issue 6. P.8-30.
- 16 Rabotnov T.A. (1978) Struktura i metody izucheniya tsenopopulyatsiy mnogoletnikh travyanistykh rasteniy. Ekologiya [Structure and methods of studying the cohomopopulations of perennial herbaceous plants. Ecology]. №27 P.75-13.
- 17 Schibrya G.I. (1974) Seleksionnyye raboty po shipovniku [Seed works on dogrose] G.I. Shibrya, EM Stepanova, A.I. Kalanova. Sat. scientific tr. WILR. M. Vol. 4. 316 p.
- 18 Schnabel A., Krutovskii K.V. (2004) Conservation genetics and evolutionary history of *Gleditsia caspica*: inferences from allozyme diversity in populations from Azerbaijan: Conservation Genetics. 5(2), pp.195-204.

- 19 Skvortsov A.K. (1977) Gerbarii. Posobiye po metodike i technike [Herbarium. Manual on the method and technique] M.: Science. 199 p.
- 20 Uranov A.A. (1960) Zhiznennoye sostoyaniye vida v rastitelnom soobshchestve [The life status of the species in the plant community] Bul. MOIP. Separate biol. T. 65, no. 3. P.77-92.
- 21 Uranov A.A. (1967) Ontogenez i vozrastnoy sostav populyatsiy. Ontogenez i vozrastnoy sostav populyatsiy tsvetkovykh rasteniy [Ontogenesis and age composition of populations. Ontogenesis and age composition of populations of flowering plants]. M., P.3-8.
- 22 Uranov A.A. (1973) Bolshoy zhiznenny tsikl i vozrastnoy spektr tsenopopulyatsiy tsvetkovykh rasteniy [The large life cycle and age range of cenopopulations of flowering plants] Proc. report 5 delegate. Kiev. P.74-76.
- 23 Ydyrys A, Ametov A.A., Mukhitdinov N.M., Abidkulova K.T., Almerkova S. (2018) Characteristics of some plant communities with participation narrowly endemic species *Oxytropis almaatensis* Bajt. in Trans-Ili Alatau mountains. Eurasian Journal of Ecology, [S.l.], v. 49, n. 4, p. 86-96, nov.
- 24 Zimmermann H, CM Ritz, H Hirsch, D Renison, K Wesche, I Hensen (2010) Highly reduced genetic diversity of *Rosa rubiginosa* L. populations in the invasive range. Int J Plant Sci 171:435– 446.
- 25 Zlobin Yu.A., Sklyar V.G., Klimenko A.A. (2013) Populyatsii redkikh vidov rasteniy. Teoreticheskiye osnovy i metodika izucheniya. Monografiya [Populations of rare plant species. Theoretical foundations and methods of study. Monograph]. 440 p.

2-бөлім
БИОТЕХНОЛОГИЯ

Section 2
BIOTECHNOLOGY

Раздел 2
БИОТЕХНОЛОГИЯ

**Нурабаев С.Ш.¹, Волгин Е.С.¹, Оразалиев Д.М.², Исмагамбетов Б.М.¹,
Кондибаева Ж.Б.¹, Оразымбетова Н.К.¹, Сапаргалиева Н.С.³,
Закарья К.Д.¹, Кошеметов Ж.К.¹**

¹РГП «НИИ проблем биологической безопасности» КН МОН РК,
Казахстан, Жамбылская область, Кордайский район, п.г.т. Гвардейский, e-mail: sergazy-75@mail.ru

²Казахский национальный аграрный университет, Казахстан, г. Алматы

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

**ОПТИМИЗАЦИЯ УСЛОВИЙ ПОСТАНОВКИ ИФА
ДЛЯ ДИАГНОСТИКИ ВИРУСА ЯЩУРА ТИПА А**

Путем концентрирования ПЭГ-6000 и очистки хлороформом штамма «Таласский» вируса ящура типа А приготовлены очищенные антигены, активность которых составила в РСК 1:32-1:64. Для получения диагностических сывороток антигены подвергались дополнительной очистке через 30% сахарозную подушку при 35000 об/мин в течение 2 часов. После очистки активность антигена составила 1:16-1:32. Используя очищенный антиген вируса ящура типа А, были получены антисыворотки на овцах, свиньях и кроликах, с активностью 1:8-1:64. Из антисывороток методом Кона выделен иммуноглобулин, активность которого в РДП составила 1:32, а концентрация белка в пределах от 41,84 мг/мл до 60,2 мг/мл.

Используя периодатный метод М.В.Вилсона, Р.К.Наканы на основе специфического свиного глобулина, приготовлен конъюгат для оптимизации условий постановки ИФА.

Приготовленные диагностические препараты использованы для оптимизации условий постановки ИФА для диагностики ящура типа А.

Оптимизированный вариант ИФА оказался чувствительным и эффективным при исследовании гетерогенных и гомогенных биоматериалов.

Ключевые слова: ящур типа А, иммуноферментный анализ, иммуноглобулин, иммунизация, антиген.

Nurabaev S.Sh.¹, Volgin E.S.¹, Orazaliev D.M.², Ismagambetov B.M.¹, Kondibaeva Zh.B.¹,
Orazymbetova N.K.¹, Sapargaliev N.S.³, Zakar'ya K.D.¹, Koshemetov Zh.K.¹

¹RSE "Research Institute for Biological Safety Problems" CS MES RK,
Kazakhstan, Zhambyl region, Korday district, Gvardeyskiy, e-mail: sergazy-75@mail.ru

²Kazakh National Agrarian University, Kazakhstan, Almaty

³Al-Farabi Kazakh National University, Kazakhstan, Almaty

**Optimization of the conditions of ELISA for the diagnosis
of FMD virus type A**

By concentration of PEG-6000 and purification with chloroform, strain "Talasskiy" of FMD virus type A is prepared with purified antigens, the activity of which was in CBR 1:32-1:64. For diagnostic sera antigens were subjected to additional purification after 30% sucrose cushion at 35,000 rpm for 2 hours. After purification, the antigen activity was 1:16-1:32. Using purified antigen of FMD virus type A antisera on sheep, pigs and rabbits with activity 1:8-1:64 were obtained. From antisera by Kohn isolated immunoglobulin, whose activity in the DPR was 1:32, and the protein concentration ranging from 41.84 mg/ml to 60.2 mg/ml.

Periodate using the method of M. B. Wilson, P. K. Nakane on the basis of specific porcine globulin conjugate prepared to optimize the conditions of production ELISA.

The prepared diagnostic preparations are used to optimize the conditions for the formulation of ELISA for the diagnosis of FMD type A.

The optimized version of ELISA proved to be sensitive and effective in the study of heterogeneous and homogeneous biomaterials.

Key words: FMD type A, immunoassay, immunoglobulin, immunization, antigen.

Нурабаев С.Ш.¹, Волгин Е.С.¹, Оразалиев Д.М.², Исмагамбетов Б.М.¹, Кондибаева Ж.Б.¹,
Оразымбетова Н.К.¹, Сапарғалиева Н.С.³, Закарья К.Д.¹, Кошеметов Ж.К.¹

¹ҚР БҒМ ҒК «Биологиялық қауіпсіздік проблемаларының ғылыми-зерттеу институты МЕК,
Қазақстан, Жамбыл облысы, Қордай ауданы, Гвардейский қалашығы, e-mail: sergazy-75@mail.ru

²Қазақ ұлттық аграрлық университеті, Қазақстан, Алматы қ.

³Әл-Фараби атындағы Қазақ ұлттық университеті, Қазақстан, Алматы қ.

Аусылдың А түрін баламалау үшін ИФТ қоюдың тиімді жағдайын жасау

Аусылдың А түрінің “Таласский” штамын ПЭГ-6000 қоюландырып және хлороформмен тазалау арқылы белсенділігі КБР 1:32-1:64 болатын таза антиген алынды. Диагностикалық қан сарысуын алу мақсатында антиген 30% сахароздық қабаттан 35000 айналым/мин 2 сағат ішінде қосымша тазалаудан өткізілді. Тазаланғаннан кейін антиген белсенділігі 1:16-1:32 құрады. Аусылдың А түрінің тазаланған антигенін пайдалана отырып қойдан, доңыздан, қояндардан сарысу алынды, белсенділігі 1:8-1:64 құрады. Қарсы сарысудан Кон әдісі арқылы иммуноглобулин бөлініп алынды, ДПР белсенділігі 1:32 құраса, ал алынған ақуыздардың қоюлылығы 41,84 мг/мл бастап 60,2 мг/мл дейін болды.

ИФТ әдісін қоюдың тиімді жағдайын жасау үшін доңыздың қан сарысуынан алынған тәнді иммуноглобулин негізінде периодаттық М.В. Wilson, Р.К. Nakane әдісімен конъюгат дайындалды.

Дайындалған диагностикалық препараттар аусылдың А түрін балау үшін ИФТ тиімді жағдайын қоюды жасап шығару кезінде пайдаланды.

Гетерогендік және гомогендік биоматериалдарды тексеру кезінде жасалынып шығарылған ИФТ варианты тиімді және сезімтал болды.

Түйін сөздер: аусылдың А түрі, иммуноферменттік талдау, иммуноглобулин, иммундеу, антиген.

Сокращения и обозначения

ИФА – иммуноферментный анализ; МЭБ – Международное эпизоотическое бюро; ФАО – Продовольственная и сельскохозяйственная организация; РСК – реакция связывания комплемента; БСА – бычий сывороточный альбумин; ПЭГ – полиэтиленгликоль; РДП – реакция диффузионной преципитации; СПЭВ – перевиваемая линия культуры клеток почки свиней; ВНК-21 – перевиваемая линия культуры клеток почки хомяка; ГОА – гидроокись алюминия; ЧКРС – чума крупного рогатого скота; ПЯ – почка ягненка; ЧМЖЖ – чума мелких жвачных животных

Введение

Выбор быстрых и надежных диагностических методов выявления и идентификации вируса ящура является важным фактором программы эффективной борьбы с этим заболеванием. В настоящее время диагностика ящура выполняется в ведущих референс-лабораториях МЭБ и ФАО, таких как Всемирная ящурная референс-лаборатория в Пирбрайте, Сюррей, Великобритания и Плам-Айлендский центр болезней животных,

Гринпорт, Нью-Йорк, США, путем комбинированного использования серологических методов и методов выделения вируса. Эти методики требуют наличия специальной лаборатории и наличия приспособлений для отбора проб и транспортировки [1-4]. Также для диагностики ящура не потерял своей актуальности метод твердофазного ИФА, разработанный в 70-х годах прошлого века [5-11].

Основное преимущество твердофазного ИФА состоит в методической простоте проведения многостадийных и многокомпонентных иммунохимических реакций, а широкое применение ИФА объясняется его высокой чувствительностью и специфичностью [12-17].

При испытании метода ИФА для титрования ящурных антигенов было установлено, что этот метод эффективен как при обнаружении антигенов в вирусосодержащей культуральной суспензии, так и в патологических материалах животных. Чувствительность непрямого «сэндвич»-метода ИФА оказалась в 50-100 раз выше, чем метод РСК, а специфичность метода позволила применить его для дифференциации подтипов вируса ящура [18-21].

Поэтому, оптимизация условий постановки чувствительных вариантов ИФА на основе ак-

туальных для Республики Казахстан штаммов вируса ящура, позволяющих в короткие сроки обнаружить заболевание животных, остается актуальной задачей ветеринарной науки. Также ИФА по чувствительности является незаменимым инструментом для установления иммунологического статуса восприимчивых к ящуру животных.

Материалы и методы исследований

Вирусы. В работе использовали вирус ящура, тип А₂₂, штамм «Галасский» с титром инфекционности не менее 7,5 lg ЛД₅₀/см³.

Контрольно-испытываемые пробы. Лапинизированные вирусосодержащие суспензии вируса ящура типов А и О. Культуральные вирусосодержащие материалы вируса ящура типа А. Органо-тканевые вирусосодержащие суспензии типов А, О, С и Азия-1. 10-20%-ные нормальные органо-тканевые суспензии.

Растворы и их приготовление

При проведении исследований применяли следующие растворы:

Раствор для ИФА: к 1 дм³ физиологического раствора добавляли 1 см³ твина-80. Раствор применяли для разбавления компонентов и промывания плашек при постановке ИФА.

Наполнитель для ИФА: к раствору для ИФА добавляли БСА до концентрации 1%.

Раствор субстрата для ИФА: в 10 см³ 0,01 М раствора уксуснокислого натрия, рН 4,3-4,4, растворяли 2,2 мг АБТС и 0,1 см³ 1%-ной перекиси водорода.

Получение культурального антигена для серологических реакций

На первом этапе работы вирусосодержащую суспензию замораживали при минус 40°С, оттаивали и осветляли центрифугированием при 2000 об/мин в течение 30 мин. Суспензию инактивировали теплом при 58-60°С в течение 3-5 ч.

Концентрирование антигена проводили с использованием ПЭГ-6000 в концентрации 10%.

Для осаждения вирусного белка в инактивированную суспензию добавляли выбранные концентрации ПЭГ-6000 и оставляли при 4°С на 16 – 18 ч. Перед внесением ПЭГ в суспензию добавляли NaCl до конечной концентрации 0,2 М. Осадок собирали центрифугированием при 6000 об/мин в течение 30 мин, ресуспендировали в физиологическом раствором (до 1/20 исходного объема).

Для очистки антигена использовали хлороформ в 10% конечной концентрации. Смесь су-

спензии с хлороформом перемешивали на гомогенизаторе в течение 5-7 мин при 8-11 тыс. об/мин. Для более полной очистки смесь суспензии с хлороформом обрабатывали ультразвуком интенсивностью 100 Вт/см³ в течение 30 сек. Затем смесь центрифугировали при 6000 об/мин в течение 30 мин.

Активность антигена в РСК составила 1:32 – 1:64.

Для получения антигена, предназначенного для гипериммунизации животных вирусосодержащую суспензию дополнительно очищали методом ультрацентрифугирования через 30% сахарозную подушку при 35000 об/мин в течение 2 ч. Осадок ресуспендировали в ЗФР до 1/200 исходного объема.

Активность полученного антигена в РСК составила 1:16 – 1:32.

Получение вирусспецифических сывороток

В нашем опыте антисыворотки к вирусу ящура типа А получали на кроликах, свиньях и овцах. Гипериммунизации животных антигенами вируса ящура между собой отличались подбором схем иммунизации, объемом и концентрацией вводимого очищенного антигена вируса ящура, сроками между введениями материалов и использованием различных адьювантов.

На свиньях и кроликах антисыворотки получали по двум схемам, а на овцах по одной схеме. В результате активность полученных от свиней антисывороток к вирусу ящура типа А в РСК составила 1:8 – 1:32, от кроликов – 1:32 – 1:64, овечьих – 1:32.

Получение вирусспецифических иммуноглобулинов

Иммуноглобулиновые фракции из антисывороток свиней, кроликов и овец к вирусу ящура типа А выделяли ступенчатым осаждением альбумина и иммунных глобулинов, различными концентрациями этилового спирта по методу Кона [22-24].

У полученных иммуноглобулинов определяли концентрацию белка ультрафиолетовым методом на спектрофотометре при длинах волн D₂₈₀ и D₂₆₀. В результате концентрация и активность иммуноглобулинов в РДП расположились в следующем порядке: из сывороток овец 42,64 мг/мл, 1:32, кролика – 41,84 мг/мл, 1:32 и свиньи – 60,2 мг/мл, 1:32.

Получение вирусспецифических иммунопероксидазных конъюгатов

Концентрация белка в иммуноглобулинах из свиных сывороток была выше, чем в овечьих и

кроличьих, поэтому их использовали для получения вирусспецифических конъюгатов.

Для получения конъюгатов использовали периодатный метод *M.B. Wilson, P.K. Nakane* [25].

Результаты исследований

С целью оптимизации условий постановки прямого «сэндвич»-варианта ИФА нами были проведены исследования по определению оптимальной концентрации специфического иммуноглобулина и рабочей дозы иммунопероксидазного конъюгата, а также влияние различных условий постановки ИФА на его чувствительность.

Определение оптимальной дозы для сенсibilизации специфических иммуноглобулинов осуществляли методом их шахматного титрования со специфическим ящурным антигеном типа А и буфером для ИФА в «сэндвич»-варианте ИФА. В качестве твердой фазы использовали полистироловые плоскодонные планшеты с 96 лунками. Для этого 96 луночную полистироловую плашку делили на две части и сенсibilизировали каждую половину иммуноглобулином в двукратном разведении начиная с 1:25. Затем к одной половине плашки добавляли буфер для ИФА, а к другой – специфический антиген в двукратных разведениях, начиная с 1:10. Для сенсibilизации планшетов были испытаны все варианты полученных иммуноглобулинов.

Для проверки определения рабочего титра вирусспецифических иммунопероксидазных конъюгатов ставили ИФА с использованием двукратных разведений конъюгатов, начиная с 1:25.

Результаты исследований по выбору оптимальной концентрации свиного иммуноглобулина для сенсibilизации планшетов с различными разведениями конъюгата представлены на рисунке 1.

Как видно из рисунка, предельным титром в ИФА для полученного свиного иммуноглобулина, является разведение 1:200. В дальнейшей работе для сенсibilизации лунок планшетов использовали двукратный оптимальный титр иммуноглобулина 1:100.

Вирусспецифический конъюгат также имеет активность в ИФА 1:200, таким образом, рабочее разведение конъюгата – 1:50 (1/4).

Результаты исследований по выбору оптимальной концентрации овечьего иммуноглобулина для сенсibilизации планшетов с различными разведениями конъюгата представлены на рисунке 2.

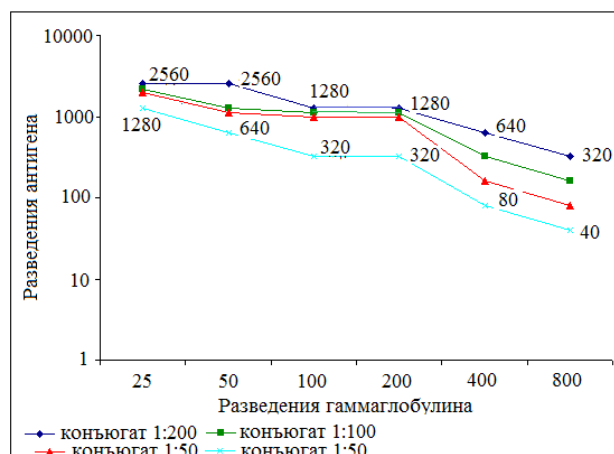


Рисунок 1 – Выбор оптимальных разведений свиного иммуноглобулина и конъюгата

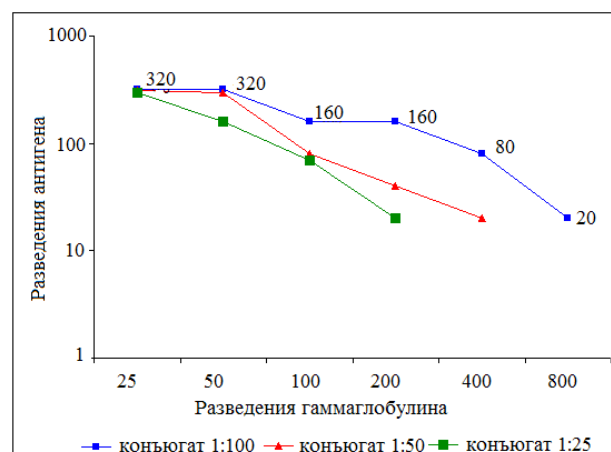


Рисунок 2 – Выбор оптимальных разведений овечьего иммуноглобулина и конъюгата

Как видно из рисунка активность овечьего иммуноглобулина гораздо ниже, чем свиного. В дальнейшей работе использовали рабочее разведение иммуноглобулина для сенсibilизации планшетов 1:50.

Рабочим разведением вирусспецифического конъюгата для постановки ИФА с использованием овечьего иммуноглобулина является 1:25.

Кроличий иммуноглобулин давал неспецифическое фоновое окрашивание до разведения 1:200, что объясняется, по-видимому, тем, что при получении сыворотки нами использовался недостаточно очищенный от балластных белков антиген вируса ящура типа А.

Перед внесением антигенов мы использовали инкубацию планшетов с 1% БСА в течение 1 часа при 37°C для устранения неспецифического

фонового связывания антигена с иммуноглобулином, но видимого улучшения результатов это нам не дало.

Результаты исследований представлены на рисунке 3.

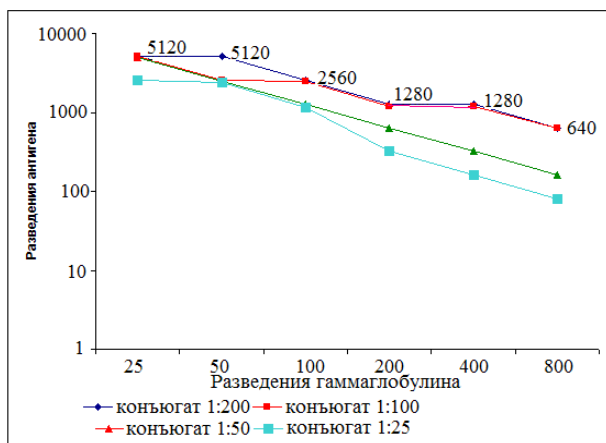


Рисунок 3 – Выбор оптимальных разведений кроличьего иммуноглобулина и конъюгата

Как видно из рисунка и, принимая во внимание неспецифичность, рабочим разведением в ИФА кроличьего иммуноглобулина является 1:200, вирусспецифического конъюгата 1:50.

Данные параметры совпадают с разведениями, используемыми при постановке ИФА со свиным иммуноглобулином, который не проявил в реакции неспецифических свойств, поэтому в дальнейшем использование кроличьего иммуноглобулина посчитали нецелесообразными.

Для того чтобы получить стабильные результаты в ИФА, необходимо было предварительно отработать оптимальные условия постановки этого метода, то есть выбрать оптимальные буферные растворы для разбавления компонентов реакции, время и температурный режим их взаимодействия с твердой фазой. Отработку оптимальных условий постановки «сэндвич»-варианта ИФА проводили поэтапно. На первом этапе отработывали оптимальные условия сенсibilизации твердой фазы специфическими иммуноглобулинами, взятыми в рабочей концентрации. Для этого сенсibilизированные плашки выдерживали в двух температурно-временных режимах:

1. Сенсibilизация плашек при 3 – 4°C.
2. Сенсibilизация плашек при 37 – 38°C.

Холодовой режим сенсibilизации проводили в течение 16-18 часов, при использовании теплового метода исследовали временные режимы сенсibilизации в течение 1, 2 и 3 – 4 часов.

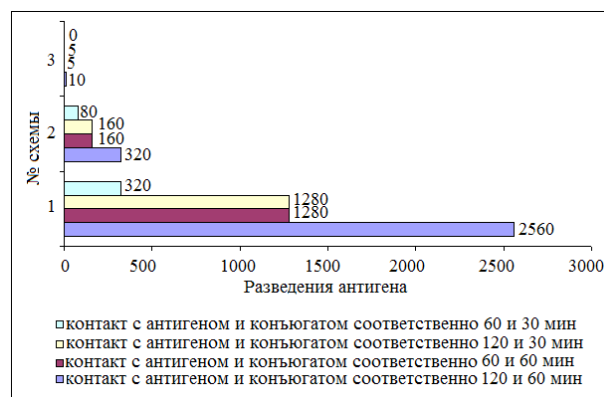
Также испытывали время контакта антигена и конъюгата с сенсibilизированными иммуноглобулинами. Специфический антиген, взятый в разведении 1:100 оставляли на контакте при температуре 37 – 38°C в течение 60 и 120 минут, а конъюгата в разведении 1:50 – в течение 30 и 60 минут. Результаты представлены на рисунках 4 и 5.

Оба метода (холодовой и тепловой) режима сенсibilизации оказались пригодными для обнаружения специфического антигена вируса ящура типа А. При этом оптимальное время тепловой сенсibilизации свиного иммуноглобулина составляет 3 ч.

Время контакта с антигеном и конъюгатом также влияло на качество реакции. Оптимальное время контакта с антигеном – 60 мин, контакт с конъюгатом – 30 мин.

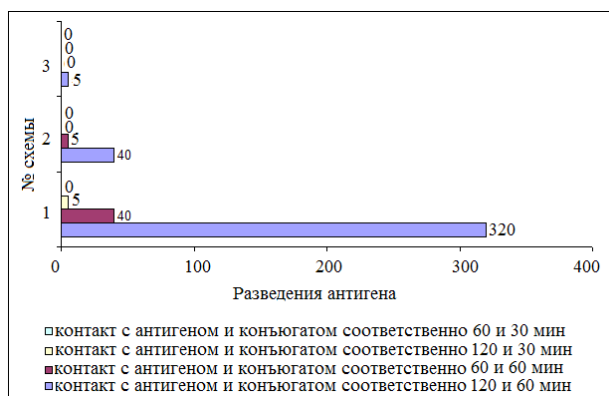
Как видно из рисунка 5 оптимальный температурно-временной режим сенсibilизации совпадает с таким же при использовании свиного иммуноглобулина и составляет при 3 – 4°C в течение 16 – 18 ч, а при 37 – 38°C в течение 3 ч.

Оптимальное время контакта с антигеном – 60 мин, контакт с конъюгатом – 30 мин.



1. Сенсibilизация при 3 – 4°C в течение 16 – 18 ч;
2. Сенсibilизация при 37 – 38°C в течение 3 ч;
3. Сенсibilизация при 37 – 38°C в течение 2 ч;
4. Сенсibilизация при 37 – 38°C в течение 1 ч.

Рисунок 4 – Результаты опытов постановки ИФА для обнаружения антигена вируса ящура типа А с использованием иммуноглобулина свиный при различных температурно-временных режимах



Сенсибилизация при 3 – 4°С в течение 16 – 18 ч;
 Сенсибилизация при 37 – 38°С в течение 3 ч;
 3. Сенсибилизация при 37 – 38°С в течение 2 ч;
 4. Сенсибилизация при 37 – 38°С в течение 1 ч.

Рисунок 5 – Результаты опытов постановки ИФА для обнаружения антигена вируса ящура типа А с использованием овечьего иммуноглобулина при различных температурно-временных режимах

Из результатов, представленных в данном разделе можно заключить, что все полученные иммуноглобулины пригодны для постановки ИФА, однако предельный титр свиного иммуноглобулина в опытах был выше, чем овечьего, что объясняется меньшей активностью последнего. Также была определена активность специфического конъюгата при использовании в ИФА различных иммуноглобулинов.

В результате обработки оптимальных условий постановки ИФА с использованием свиного и овечьего иммуноглобулинов установлены параметры реакции, позволяющие определить разведения ящурного антигена до 1:2560 и 1:320 соответственно.

Исследованиями по обработке оптимальных условий постановки твердофазного ИФА («сэндвич»-вариант) показано, что наибольшей чувствительности метод достигает при следующих параметрах постановки реакции:

1. Сенсибилизация лунок полистироловых планшетов вирусспецифическим иммуноглобулином, взятым в рабочей концентрации, в течение 16-18 ч при температуре плюс 3 – 4°С или в течение 3 – 4 ч при температуре плюс 37 – 38°С.

2. Время контакта испытуемых и контрольных антигенов с иммуноглобулинами в течение 120 мин при температуре плюс 37 – 38°С.

3. Взаимодействие вирусспецифического конъюгата с антигенами в течение 60 мин при температуре 37-38°С, а затем с субстратом в течение 30-60 мин при комнатной температуре.

4. Учет результатов реакции на фотометре марки «Мультискан» при длине волны 405 нм.

5. Результат считать положительным, если оптическая плотность испытуемого антигена в 2 и более раз превышает оптическую плотность контрольного (нормального) антигена.

В следующей серии опытов определяли активность и специфичность в ИФА полученных иммуноглобулинов и конъюгата. Для проверки активности свиного иммуноглобулина использовали стандартные лапинизированный и культуральный антигены, ящурную ГОА-вакцину, культуральные суспензии СПЭВ, ВНК-21, а также 10% и 20% лапинизированную суспензию вируса ящура. Стандартные антигены добавляли в двукратных разведениях, начиная с 1:5, вакцину, культуральные суспензии СПЭВ, ВНК-21 и лапинизированную суспензию вируса ящура добавляли в двукратных разведениях, начиная с 1:2. Схемы постановки реакции представлены в таблицах 1 и 2.

Таблица 1 – Постановка ИФА для обнаружения антигена вируса ящура с использованием свиного иммуноглобулина

n=3

Антигены	Разведения антигенов										
	1:5	1:10	1:20	1:40	1:80	1:160	1:320	1:640	1:1280	1:2560	1:5120
Буфер для ИФА	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Культуральный ящурный антиген	+	+	+	+	+	+	+	+	+	-	-
Лапинизированный ящурный антиген	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	-

Примечания: 1. «+» – положительный результат. 2. «-» – отрицательный результат.

Как видно из данных таблиц 1 и 2, используя полученные свиной иммуноглобулин и конъюгат в ИФА можно обнаружить антиген вируса ящура до следующих разведений: концентрированный культуральный стандартный антиген до разведения 1:640, концентрированный лап-

низированный антиген – 1:2560, в ГОА-вакцине и 10% лапинизированной суспензии годовой давности – 1:2, в неконцентрированной 20% лапинизированной суспензии – 1:128. Фонового связывания с буфером для ИФА и нормальными культурами клеток не происходило.

Таблица 2 – Постановка ИФА для обнаружения антигена вируса ящура с использованием свиного иммуноглобулина

n=3

Антигены	Разведения антигенов										
	1:2	1:4	1:8	1:16	1:32	1:64	1:128	1:256	1:512	1:1024	1:2048
Буфер для ИФА	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
ГОА-вакцина	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
10% ящурная суспензия типа А, сер №1	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
20% ящурная суспензия типа А, сер №2	+	+	+	+	+	+	+	-	-	-	-
Культура клеток ВНК-21	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Культура клеток СПЭВ	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Примечания: 1. «+» – положительный результат. 2. «-» – отрицательный результат.

Для проверки специфичности свиного иммуноглобулина в ИФА использовали буфер для ИФА, чистые культуры клеток ВНК-21, ПЯ, нормальный лапинизированный антиген, стандартный лапинизированный антиген типа О, стандартный культуральный антиген типа О, стандартный антиген типа С, стандартный анти-

ген типа Азия-1, специфический антиген чумы КРС, специфический антиген чумы мелких жвачных животных. Культуры клеток добавляли в двукратных разведениях, начиная с 1:2, антигены добавляли в двукратных разведениях, начиная с 1:10. Схемы постановки реакции представлены в таблицах 3 и 4.

Таблица 3 – Постановка ИФА для проверки специфичности свиного иммуноглобулина

n=3

Антигены	Разведения антигенов										
	1:2	1:4	1:8	1:16	1:32	1:64	1:128	1:256	1:512	1:1024	
Буфер для ИФА	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
Культура клеток ПЯ	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
Культура клеток ВНК-21	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	

Примечание – «-» – отрицательный результат.

Из данных таблиц 3 и 4 видно, что полученный свиной иммуноглобулин дает неспецифическое фоновое окрашивание, связываясь с лапинизированным ящурным антигеном типа О и ящурным антигеном типа С до разведения 1:10. С нормальными культурами клеток, ящурным

антигеном типа Азия-1, антигеном ЧКРС и антигеном ЧМЖЖ неспецифического связывания не происходит.

Для проверки активности и специфичности овечьего иммуноглобулина в ИФА использовали буфер для ИФА, чистые культуры клеток

ВНК-21, ПЯ, нормальный лапинизированный антиген, стандартный лапинизированный антиген типа О, стандартный культуральный антиген типа О, стандартный антиген типа С, стандартный антиген типа Азия-1, биоматериал №1 и биоматериал №2. Биоматериалы, использованные для постановки реакции типизированы в РДП и РСК как тип О. Овечий иммуноглобулин брали в разведении 1:50. После сенсibilизации

плашку промывали 3 раза и добавляли в каждую лунку по 0,2 мл 1% БСА, инкубировали при 37°C в течение часа, после БСА плашку не отмывали. Культуры клеток и биоматериал добавляли в двукратных разведениях начиная с цельного вида, нормальные и специфические антигены добавляли в двукратных разведениях начиная с 1:10. Схемы постановки реакции представлены в таблицах 5 и 6.

Таблица 4 – Постановка ИФА для проверки специфичности свиного иммуноглобулина

n=3

Антигены	Разведения антигенов									
	1:10	1:20	1:40	1:80	1:160	1:320	1:640	1:1280	1:2560	1:5120
Буфер для ИФА	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Антиген ящурный типа А лапинизированный	+	+	+	+	+	+	+	+	+	-
Антиген ящурный типа А культуральный	+	+	+	+	+	+	+	+	-	-
Антиген ящурный типа О лапинизированный	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Антиген ящурный типа О культуральный	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Антиген С	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Антиген Азия-1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Антиген ЧКРС	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Антиген ЧМЖЖ	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Примечания: 1. «+» – положительный результат. 2. «-» – отрицательный результат.

Таблица 5 – Постановка ИФА для проверки специфичности бараньего иммуноглобулина

n=3

Антигены	Разведения антигенов										
	цельный	1:2	1:4	1:8	1:16	1:32	1:64	1:128	1:256	1:512	1:1024
Буфер для ИФА	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Культура клеток ПЯ	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Культура клеток ВНК-21	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Антиген нормальный	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Биоматериал №1	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Биоматериал №2	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Примечания: 1. «+» – положительный результат. 2. «-» – отрицательный результат.

Как видно из данных таблиц 5 и 6 овечий иммуноглобулин не дает неспецифического фонового связывания с нормальным антигеном в разведении 1:10 и со специфически-

ми антигенами типов О и С, но связывается в цельном виде с пробами биоматериала, типизированными в серологических реакциях как тип О. Связи с этим в дальнейших работах

по постановке метода ИФА для обнаружения антигена вируса ящура типа А, биоматериалы и культуры клеток необходимо использовать в двукратных разведениях начиная с 1:2. Ак-

тивность овечьего иммуноглобулина со стандартными антигенами типа А составила 1:320 с лапинизированным антигеном и 1:40 с культуральным антигеном.

Таблица 6 – Постановка ИФА для проверки специфичности бараньего иммуноглобулина

n=3

Антигены	Разведения антигенов									
	1:10	1:20	1:40	1:80	1:160	1:320	1:640	1:1280	1:2560	1:5120
Буфер для ИФА	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Антиген ящурный типа А лапинизированный	+	+	+	+	+	+	-	-	-	-
Антиген ящурный типа А культуральный	+	+	+	-	-	-	-	-	-	-
Антиген ящурный типа О лапинизированный	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Антиген ящурный типа О культуральный	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Антиген С	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Антиген Азия-1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Антиген ЧКРС	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Антиген ЧМЖЖ	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Примечания: 1. «+» – положительный результат. 2. «-» – отрицательный результат.

Выводы

Эпизоотическая ситуация по ящуру в мире в 2001-2016 годах характеризовалась определенной напряженностью. По некоторым данным в сопредельных с Республикой Казахстан странах (Китай, Монголия, Россия) были зарегистрированы вспышки вируса ящура. По филогенетическим анализам изоляты вируса ящура были схожи [26].

Своевременная диагностика ящура, изучение выделенных изолятов, срочное изготовление диагностических препаратов с использованием новых штаммов и их оперативное применение в очаге эпизоотий позволяет своевременно типировать и ликвидировать ящурные очаги.

В связи с этим по результатам нашего опыта по оптимизации метода ИФА для диагностики ящура типа А на основе актуального штамма «Таласский» были получены активные и специфические очищенные антигены, антисыворотки на разных видах животных, выделены иммуноглобулины из полученных сывороток, на основе иммуноглобулинов приготовлены конъюгаты.

Приготовленные диагностические препараты использованы для оптимизации условий постановки ИФА для диагностики вируса ящура типа А.

Оптимизированный вариант ИФА пригоден для обнаружения антигенов вируса ящура типа и высоко специфичен с антигенами других типов ящура в двукратном разведении.

Конфликт интересов

Все авторы прочитали и ознакомлены с содержанием статьи и не имеют конфликта интересов.

Источник финансирования

Финансирование предоставлено Министерством сельского хозяйства Республики Казахстан в рамках бюджетной программно-целевого финансирования «Ветеринарная безопасность территории Республики Казахстан: эпизоотологический мониторинг, испытание, внедрение и коммерциализация средств специфической профилактики и диагностики особо опасных инфекционных заболеваний» (ИРН BR06249226), по проекту: «Испытание, внедрение и коммерциализация тест-систем для серологической диагностики особо опасных инфекционных болезней животных» на 2018-2020 годы.

Литература

- 1 Reid S.M., Ferris N.P., Hutchings G.H., Zhang Z., Belsham G.J., Alexandersen S. Detection of all seven serotypes of foot-and-mouth disease virus by real-time, fluorogenic reverse transcription polymerase chain reaction assay // *J. Virol. Meth.* – 2002. – Vol. 105. – PP. 67-80.
- 2 Foot And Mouth Disease Virus/Manual of Standards for Diagnostic Tests and Vaccines – Paris: OIE.- 1996.- PP. 47 – 57.
- 3 Kitching R. P. Barnett P. V. Donaldson A. I. Mackay D. K. J. Foot and mouth disease. Manual of standards for diagnostic tests and vaccines: Lists A and B diseases of mammals, birds and bees Paris: OIE.- 2001.- PP. 77-92.
- 4 Nagendrakumar S.B., Reddy G.S., Chandran D., Thiagarajan D., Rangarajan P.N., Srinivasan V.A. Molecular characterization of foot-and-mouth disease virus type C of Indian origin // *J. Clinical Microbiol.* – 2005. – Vol. 43. N. 2. – PP. 966-969.
- 5 Have P., Lei J. C., Schjerning-Thiesen K. “An enzyme linked immunosorbent assay (ELISA) for the primary diagnosis of foot-and-mouth disease: characterization and comparison with complement fixation” // *Acta Veterinaria Scandinavica. Supplementum.* – Vol. 25. – No. 2. – PP. 280–296. – 1984.
- 6 Ferris N. P., Dawson M. “Routine application of enzyme-linked immunosorbent assay in comparison with complement fixation for the diagnosis of foot-and-mouth and swine vesicular diseases” // *Veterinary Microbiology.* – Vol. 16. – No. 3. – PP. 201–209. – 1988.
- 7 Abu Elzein E. M. E., Crowther J. R. “Enzyme-labelled immunosorbent assay techniques in foot-and-mouth disease virus research” // *Journal of Hygiene.* – Vol. 80. – No. 3. – PP. 391–399. – 1978.
- 8 Crowther J. R., Abu Elzein E. M. E. “Application of the enzyme linked immunosorbent assay to the detection and identification of foot-and-mouth disease viruses” // *Journal of Hygiene.* – Vol. 83. – No. 3. – PP. 513–519. – 1979.
- 9 Ouldrige E. J., Barnett P., Rweyemamu M. M. “The relative efficiency of two ELISA techniques for the tritration of FMD antigen” // *Current Topics in Veterinary Medicine and Animal Science.* – Vol. 22. – PP. 142–151. – 1982.
- 10 Abu Elzein E. M. E., J. R. Crowther. “The specific detection of foot-and-mouth disease virus whole particle antigen (140S) by enzyme labelled immunosorbent assay” // *Journal of Hygiene.* – Vol. 83. – No. 1. – PP. 127–134. – 1979.
- 11 Rai A., Lahiri D. K. “A micro-enzyme-labelled immunosorbent assay (MICROELISA) for the detection of foot-and-mouth disease virus antigen and antibody” // *Acta Virologica.* – Vol. 25. – No. 1. – PP. 49–52. – 1981.
- 12 Hamblin C., Armstrong R. M., Hedger R. S. “A rapid enzyme-linked immunosorbent assay for the detection of foot-and-mouth disease virus in epithelial tissues” // *Veterinary Microbiology.* – Vol. 9. – No. 5. – PP. 435–443. – 1984.
- 13 Ouldrige E. J., Barnett P. V., Hingley J., Rweyemamu M. M. “The differentiation of foot and mouth disease virus strains using an indirect sandwich enzyme-linked immunosorbent assay saturation model” // *Journal of Biological Standardization.* – Vol. 12. – No. 4. – PP. 367–377. – 1984.
- 14 Roeder P. L., Le Blanc Smith P. M. “Detection and typing of foot-and-mouth disease virus by enzyme-linked immunosorbent assay: a sensitive, rapid and reliable technique for primary diagnosis” // *Research in Veterinary Science.* – vol. 43. – No. 2. – PP. 225–232. – 1987.
- 15 Pattnaik B., Venkataramanan R. “Indirect enzyme linked immunosorbent assay for the detection of FMDV antigen” // *Indian Journal of Animal Sciences.* – Vol. 59. – PP. 317–322. – 1989.
- 16 Pattnaik B., Venkataramanan R. “A sandwich enzyme linked immunosorbent assay for subtype analysis of foot-and-mouth disease virus isolate” // *Indian Journal of Animal Sciences.* – Vol. 59. – PP. 1363–1368. – 1989.
- 17 Сюрин В.Н., Белоусова Р.В, Фомина Н.В. Диагностика вирусных болезней животных // М., "Агропромиздат"- 1991г. – С. 434 – 463.
- 18 Paiba G. A., Anderson J., Paton D. J. “Validation of a foot-and-mouth disease antibody screening solid-phase competition ELISA (SPCE)” // *Journal of Virological Methods.* – Vol. 115. – No. 2. – PP. 145–158. – 2004.
- 19 Bhattacharya S., Pattnaik B., Venkataramanan R. “Development and application of a sandwich enzyme-linked immunosorbent assay (ELISA) for type identification of foot-and-mouth-disease (FMD) virus in direct field materials” // *Indian Journal of Animal Sciences.* -Vol. 66. – No. 12. – PP. 1201–1209. – 1996.
- 20 Grubman M. J., Baxt B. “Foot-and-mouth disease” // *Clinical Microbiology Reviews.* – Vol. 17. – No. 2. – PP. 465–493. – 2004.
- 21 Мищенко В.А. Иммуноферментный метод в диагностике ящура // *Вопр. вирусол.* – 1991. – №4. – С. 341 -342.
- 22 Cohn E., Strong L., Hughes W. Fractionation of proteins from plasma // *J. Amer. Chem. Soc.*- 1946. – V.68. – 459 p.
- 23 Oncley J., Melin M., Richert D. The separation of the antibodies // *J. Amer. Chem. Soc.*, 1949. – V.71. – PP. 541-550.
- 24 Kistler P., Nitschman H. Production of proteins from plasma // *Vox. Sang.*, 1962. – V.7. – P. 414– 424.
- 25 Мищенко В.А., Шажко Ж.А., Базаров М.А., Конюшкина Т.Б., Смирнов А.Б., Атаев Э.А. Сравнительная оценка методов конъюгации антител к вирусу ящура с пероксидазой хрена // *Акт. пробл. вет. вирусологии. Тез. докл. науч. конф. ВНИИИ,* – Владимир, 1987.- 2.- С. 49 – 50.
- 26 Щербаков А.В. Молекулярная эпизоотология ящура в России (филогенетический анализ российских изолятов вируса ящура) // *Ветеринария сегодня.* 2015.- (3).- С. 30-36.

References

- 1 Abu Elzein E. M. E., Crowther J. R. "Enzyme-labelled immunosorbent assay techniques in foot-and-mouth disease virus research" // *Journal of Hygiene*. – Vol. 80. – No. 3. – PP. 391–399. – 1978.
- 2 Abu Elzein E. M. E., J. R. Crowther. "The specific detection of foot-and-mouth disease virus whole particle antigen (140S) by enzyme labelled immunosorbent assay" // *Journal of Hygiene*. – Vol. 83. – No. 1. – PP. 127–134. – 1979.
- 3 Bhattacharya S., Pattnaik B., Venkataramanan R. "Development and application of a sandwich enzyme-linked immunosorbent assay (ELISA) for type identification of foot-and-mouth-disease (FMD) virus in direct field materials" // *Indian Journal of Animal Sciences*. -Vol. 66. – No. 12. – PP. 1201–1209. – 1996.
- 4 Crowther J. R., Abu Elzein E. M. E. "Application of the enzyme linked immunosorbent assay to the detection and identification of foot-and-mouth disease viruses" // *Journal of Hygiene*. – Vol. 83. – No. 3. – PP. 513–519. – 1979.
- 5 Cohn E., Strong L., Hughes W. Fractionation of proteins from plasma // *J. Amer. Chem. Soc.* - 1946. – V.68. – 459 p.
- 6 Foot And Mouth Disease Virus/Manual of Standards for Diagnostic Tests and Vaccines – Paris: OIE.- 1996.- P. 47 – 57.
- 7 Ferris N. P., Dawson M. "Routine application of enzyme-linked immunosorbent assay in comparison with complement fixation for the diagnosis of foot-and-mouth and swine vesicular diseases" // *Veterinary Microbiology*. – Vol. 16. – No. 3. – PP. 201–209. – 1988.
- 8 Grubman M. J., Baxt B. "Foot-and-mouth disease" // *Clinical Microbiology Reviews*. – Vol. 17. – No. 2. – PP. 465–493. – 2004.
- 9 Have P., Lei J. C., Schjerning-Thiesen K. "An enzyme linked immunosorbent assay (ELISA) for the primary diagnosis of foot-and-mouth disease: characterization and comparison with complement fixation" // *Acta Veterinaria Scandinavica. Supplementum*. – Vol. 25. – No. 2. – PP. 280–296. – 1984.
- 10 Hamblin C., Armstrong R. M., Hedger R. S. "A rapid enzyme-linked immunosorbent assay for the detection of foot-and-mouth disease virus in epithelial tissues" // *Veterinary Microbiology*. – Vol. 9. – No. 5. – PP. 435–443. – 1984.
- 11 Kitching R. P. Barnett P. V. Donaldson A. I. Mackay D. K. J. Foot and mouth disease. Manual of standards for diagnostic tests and vaccines: Lists A and B diseases of mammals, birds and bees Paris: OIE.- 2001.- PP. 77-92.
- 12 Kistler P., Nitschman H. Production of proteins from plasma // *Vox. Sang.*, 1962. – V.7. – P. 414– 424.
- 13 Mishchenko V. V. enzyme immunoassay in the diagnosis of FMD // *Vopr. virusol.* – 1991. – №4. – P. 341 -342.
- 14 Mishchenko V. A., Sajko J. A., Bazarov M. A., Konushkina T. B., Smirnov A. B., Ataev E. A. Comparative estimation of methods of conjugation of antibodies to FMD virus with horseradish peroxidase // *Act. Probl. vet. virologies. Texas. Doc. scientific. Conf. VNEI, Vladimir, 1987.- 2.- P. 49 – 50.*
- 15 Nagendrakumar S.B., Reddy G.S., Chandran D., Thiagarajan D., Rangarajan P.N., Srinivasan V.A. Molecular characterization of foot-and-mouth disease virus type C of Indian origin // *J. Clinical Microbiol.* – 2005. – Vol. 43. N. 2. – P. 966-969.
- 16 Ouldrige E. J., Barnett P., Rweyemamu M. M. "The relative efficiency of two ELISA techniques for the titration of FMD antigen" // *Current Topics in Veterinary Medicine and Animal Science*. – Vol. 22. – PP. 142–151. – 1982.
- 17 Ouldrige E. J., Barnett P. V., Hingley J., Rweyemamu M. M. "The differentiation of foot and mouth disease virus strains using an indirect sandwich enzyme-linked immunosorbent assay saturation model" // *Journal of Biological Standardization*. – Vol. 12. – No. 4. – PP. 367–377. – 1984.
- 18 Oncley J., Melin M., Richert D. The separation of the antibodies // *J. Amer. Chem. Soc.*, 1949. – V.71. – P. 541-550.
- 19 Pattnaik B., Venkataramanan R. "Indirect enzyme linked immunosorbent assay for the detection of FMDV antigen" // *Indian Journal of Animal Sciences*. – Vol. 59. – PP. 317–322. – 1989.
- 20 Pattnaik B., Venkataramanan R. "A sandwich enzyme linked immunosorbent assay for subtype analysis of foot-and-mouth disease virus isolate" // *Indian Journal of Animal Sciences*. – Vol. 59. – PP. 1363–1368. – 1989.
- 21 Syurin V. N., Belousova R., Fomina N. In. Diagnostics of viral animal diseases // M., "Agropromizdat"- 1991. – PP. 434 – 463.
- 22 Paiba G. A., Anderson J., Paton D. J. "Validation of a foot-and-mouth disease antibody screening solid-phase competition ELISA (SPCE)" // *Journal of Virological Methods*. – Vol. 115. – No. 2. – PP. 145–158. – 2004.
- 23 Reid S.M., Ferris N.P., Hutchings G.H., Zhang Z., Belsham G.J., Alexandersen S. Detection of all seven serotypes of foot-and-mouth disease virus by real-time, fluorogenic reverse transcription polymerase chain reaction assay // *J. Virol. Meth.* – 2002. – Vol. 105. – PP. 67-80.
- 24 Rai A., Lahiri D. K. "A micro-enzyme-labelled immunosorbent assay (MICROELISA) for the detection of foot-and-mouth disease virus antigen and antibody" // *Acta Virologica*. – Vol. 25. – No. 1. – PP. 49–52. – 1981.
- 25 Roeder P. L., Le Blanc Smith P. M. "Detection and typing of foot-and-mouth disease virus by enzyme-linked immunosorbent assay: a sensitive, rapid and reliable technique for primary diagnosis" // *Research in Veterinary Science*. – Vol. 43. – No. 2. – PP. 225–232. – 1987.
- 26 Shcherbakov A.V. Molecular epizootology of FMD in Russia (phylogenetic analysis of Russian FMD virus isolates) // *Veterinary medicine today*. 2015.- (3).- P. 30-36.

3-бөлім
**ӨСІМДІКТЕР ФИЗИОЛОГИЯСЫ
МЕН БИОХИМИЯСЫ**

Section 3
**PLANTS PHYSIOLOGY
AND BIOCHEMISTRY**

Раздел 3
**ФИЗИОЛОГИЯ И БИОХИМИЯ
РАСТЕНИЙ**

**Амангелдиева А.А.^{1,2}, Даниярова А.К.¹, Альчимбаева П.А.¹,
Анапияев Б.Б.², Дидоренко С.В.¹, Ержебаева Р.С.¹**

¹ТОО «Казахский научно-исследовательский институт земледелия и растениеводства»,

Казахстан, п. Алмалыбак, e-mail: seidinabieva_aigul@mail.ru

²НАО «Казахский национальный исследовательский технический университет им. К.И. Сатпаева», Казахстан, г. Алматы

ОЦЕНКА КОЛЛЕКЦИОННЫХ ОБРАЗЦОВ СОИ ПО АНАТОМО-МОРФОЛОГИЧЕСКИМ И ФИЗИОЛОГО-БИОХИМИЧЕСКИМ ПРИЗНАКАМ ЗАСУХОУСТОЙЧИВОСТИ

Для большого разнообразия почвенно-климатических условий Казахстана требуются сорта сои, устойчивые к различным стрессам, и прежде всего сорта, устойчивые к засухе. Необходимым условием эффективной селекции на засухоустойчивость является правильная оценка засухоустойчивости. Использование физиологических, анатомо-морфологических и биохимических признаков засухоустойчивости в совокупности с оценкой урожайности семян при засухе позволяет проводить более достоверную оценку. Целенаправленное использование комплекса фенотипических маркеров позволит селекционерам отобрать из коллекции ценные генотипы сои, которые могут быть использованы в различных схемах скрещиваний по созданию продуктивных и засухоустойчивых форм. В работе оценена коллекция сои с использованием анатомо-морфологических и физиолого-биохимических методов оценки засухоустойчивости в контрастных условиях орошения и богары (не поливной участок) научного стационара КазНИИЗиР в фазу налива бобов и яркого проявления недостатка влаги. Выделены образцы по высокой опушенности, хорошо развитому устьичному аппарату, интенсивному накоплению пролина, повышенному уровню квантового выхода фотосистемы (QY). Выделены 3 сорта – Гессенска, Кыз-шуан, Комет как засухоустойчивые по двум и трем фенотипическим маркерам засухоустойчивости. Продемонстрирована возможность использования современного флуориметра для оценки физиологического состояния растений, в период стресса, вызванного засухой. Образцы, выделенные как засухоустойчивые, будут использованы в гибридизации для создания ценных гибридных популяций и в дальнейшем отечественных засухоустойчивых сортов, адаптированных к условиям безполивного земледелия РК.

Ключевые слова: соя, засухоустойчивость, признак, ксероморфизм, опушенность, свободный пролин, устьице, квантовый выход фотосистемы.

Amangeldiyeva A.A.^{1,2}, Daniyarova A.K.¹, Alchimbaeva P.A.¹,
Anapiyayev B.B.¹, Didorenko S.V.¹, Erzhebaiyeva R.S.¹

¹LLC "Kazakh scientific research institute of agriculture and plant growing",
Kazakhstan, Almalybak village, e-mail: seidinabieva_aigul@mail.ru

²K.I. Satpaev Kazakh national technical research university, Kazakhstan, Almaty

Assessment of soybean collection samples by anatomical, morphological, physiological and biochemical characteristics of drought tolerance

Soybean varieties, resistant to various stresses, and especially varieties resistant to drought, are required for a wide variety of soil and climatic conditions of Kazakhstan. A necessary condition for effective selection for drought resistance is the correct assessment of drought resistance. Together with the assessment of seed yield in drought, the use of physiological, anatomical, morphological and biochemical traits of drought resistance allows to conduct more comprehensive assessment. The targeted use of phe-

notypic markers will allow the breeders to select valuable soybean genotypes from the collection, which can be used in various crossbreeding schemes to develop productive and drought-resistant forms. In this article, soybean collections were assessed using anatomic-morphological and physiological-biochemical methods for the drought tolerance assessment by contrasting conditions of irrigation and nonirrigated in scientific field station of KazSRIA&PG during the phase of bean filling and striking manifestations of moisture deficiency. Samples were identified according to high pubescence, well-developed stomatal apparatus, intensive proline accumulation, elevated level of the quantum yield of the photosystem (QY). 3 varieties such as Gessenska, Kye-Shuang, Comet were identified as drought-resistant types by two and three phenotypic markers of drought resistance. The possibility of using a modern fluorometer to assess the physiological state of plants during periods of stress caused by drought was demonstrated. The samples selected as drought-resistant will be used in hybridization to develop valuable hybrid populations and further domestic drought-resistant varieties adapted to conditions non-irrigated agriculture of Kazakhstan.

Key words: soybean, drought tolerance, trait, xeromorphism, pubescence, free proline, stomata, quantum yield of the photosystem.

Амангелдиева А.А.^{1,2}, Даниярова А.К.¹, Альчимбаева П.А.¹,
Анапияев Б.Б.², Дидоренко С.В.¹, Ержебаева Р.С.¹

¹«Қазақ егіншілік және өсімдік шаруашылығы ғылыми зерттеу институты» ЖШС,
Қазақстан, Алматы бақ аул., e-mail: seidinabieva_aigul@mail.ru

²«Қ.И. Сәтбаев атындағы Қазақ ұлттық техникалық зерттеу университеті», Қазақстан, Алматы қ.

Қытайбұршақтың коллекциялық үлгілерін анатомо-морфологиялық, физиологиялық, биохимиялық белгілері бойынша құрғақшылыққа төзімділігін бағалау

Қазақстанның топырақ-климаттық жағдайларының алуан түрлілігі үшін әртүрлі стресстерге төзімді соя сорттары қажет, ең алдымен құрғақшылыққа төзімді сорттар. Құрғақшылыққа төзімді селекцияның ең негізгі қажетті шарты құрғақшылыққа төзімділікті дұрыс бағалау болып табылады. Физиологиялық, анатомо-морфологиялық және биохимиялық белгілері бойынша құрғақшылыққа төзімділікті және тұқымдардың құрғақшылыққа төзімділігін бағалауды бірге қолдану кешенді бағалауды жүргізуге мүмкіндік береді. Селекционерлердің мақсатты түрде фенотиптік маркерлерді пайдалануы коллекциядан бағалы қытайбұршақ генотиптерін анықтауға, өнімділігі жоғары, құрғақшылыққа төзімді әр түрлі бағыттағы будандастыру жүргізу кезінде қолданылуы мүмкін. Қазақ егіншілік және өсімдік шаруашылығы ҒЗИ-дың ғылыми далалық стационарында суғарылатын және суғарылмайтын аймақта бұршаққаптың толықсу кезеңіне, ылғалдың жетіспеушілігіне, қытайбұршақтың коллекциялық үлгілерінің анатомо-морфологиялық және физиологиялық, биохимиялық белгілері бойынша құрғақшылыққа төзімділігін бағалау бойынша жұмыстар жүргізілді. Жоғарғы түктілік, жақсы дамыған саңылау аппараты, пролиннің қарқынды жиналуы, фотосистеманың кванттық шығуының жоғарғы деңгейі (QY) бойынша үлгілер бөлінген. Екі және үш фенотиптік маркерлер бойынша қуаңшылыққа төзімді 3 сорт – Гессенска, Кыэ-шуан, Комет анықталды. Құрғақшылықтан туған күйзеліс жағдайында өсімдіктердің физиологиялық жағдайын бағалау үшін заманауи флуориметрді пайдалану мүмкіндігі көрсетілген. Құрғақшылыққа төзімді ретінде бөлінген үлгілер бағалы гибридті популяцияларды құру үшін және одан әрі ҚР суғарылмайтын егіншілік жағдайына бейімделген отандық құрғақшылыққа төзімді сорттарды будандастыруда пайдаланылатын болады.

Түйін сөздер: қытайбұршақ, құрғақшылыққа төзімділік, белгі, ксерморфизм, түктілік, бос пролин, саңылау, фотосистеманың кванттық шығуы.

Сокращения и обозначения

КазНИИЗиР – Казахский научно-исследовательский институт земледелия и растениеводства, РК – Республика Казахстан, ФАО – Продовольственная и сельскохозяйственная организация, °С – градус Цельсия, % – процент, мл – миллилитр, мг – миллиграмм, мм – миллиметр, нм – нанометр, м³/га – метр куб на гектар, шт – штук

Введение

Соя относится к роду *Glicine*, семейству *Leguminosae*, подсемейству *Papilionoideae* [1]. Она входит в первую десятку наиболее широко выращиваемых культур в мире. Общее производство сои составило 334,8 миллионов тонн в 2016 году (данные ФАО). Площадь возделывания сои занимает больше чем 120 миллионов гектаров во всем мире, основная

доля, которой приходится на США, Бразилию и Аргентину (данные ФАО) (Статистические данные продовольственной и сельскохозяйственной организации Объединенных наций [2].

Для роста, развития и размножения растений требуется достаточно большое количество воды. Приблизительно, 1/3 часть земли относится к засушливым и полусушливым, при этом периодически неожиданные климатические изменения (засуха) часто создают неблагоприятные условия для сельскохозяйственных насаждений. Дефицит воды может быть смертельным для растений и привести к огромным социальным проблемам и экономическим потерям. Развитие современной науки и техники, значительно увеличила наши возможности в изучении природных ресурсов, которые улучшает человеческую жизнь, с другой стороны, постоянно растущее население мира, обширное загрязнение воды и непредсказуемое изменение климата, еще больше усугубляет проблему дефицита воды [3]. Подсчитано, что общее глобальное потребление воды утроилось за последние 50 лет по данным организации Национального доклада о развитии водных ресурсов [4].

Как растение муссонного климата соя на формирование урожая расходует значительное количество воды. Общий расход воды посевом сои за вегетацию может достигать 5 – 6, а иногда и свыше 7 тысяч м³/га [5]. Наиболее интенсивное водопотребление у сои происходит в фазах цветения, формирования и налива бобов [6]. В исследованиях по влиянию засухи на урожайность семян в различные фазы роста сои было установлено, что наиболее высокий урон наносит воздействие стресса недостатка воды в период развития семян сои (R5-R7), которое приводит к снижению урожайности на 45 – 88% [7, 8].

В современном представлении соя является относительно засухоустойчивой культурой. В начальные периоды развития она может относительно легко переносить дефицит влаги, но в период наиболее интенсивного водопотребления, а также в фазу налива бобов при недостаточном водопотреблении ежегодно теряется 60 – 70 кг/га урожая семян сои [9].

При обширном возделывании сельскохозяйственных культур вода является основным лимитирующим абиотическим фактором, глобально влияющим на урожайность. Полевые исследования и испытания в моделируемых условиях засухи в теплице показали, что засуха привела к значительному сокращению количества выхода

семян (24 ~ 50%) большинства сельскохозяйственных культур [10, 11].

Растения сои используют различные механизмы для борьбы с засухой, которые регулируются сочетанием различных факторов [12].

Ответ растения на засуху очень сложен и включает в себя взаимодействие между различными молекулярными, биохимическими и физиологическими процессами. Одним из таких ответов является стремление растения поддерживать высокий уровень воды в период стресса. Вырабатываются адаптивные приспособления, включающие высокую водопоглощающую способность корней, формирование более длинного стержневого корня, который помогает достичь нижних слоев грунта, снижение испаряемости от надземных органов при формировании листьев меньшего размера, высокая эффективность транспирации, регулировка частичного закрытия устьиц, наличие опушения, которое защищает лист от перегрева и интенсивной солнечной радиации.

Другим механизмом засухоустойчивости, является поддержание тургора и обмена веществ даже при низком водопотреблении, например через протоплазматическую толерантность и синтез осмолитов [13, 14].

Целью нашего исследования являлась оценка коллекционных образцов сои по морфологическим, физиологическим и биохимическим маркерам засухоустойчивости для выделения засухоустойчивых образцов в качестве источников для целенаправленных скрещиваний.

Материал и методика исследований

Материалом исследований служили 30 сортов коллекции сои (*Glycine max L.*) отечественной и зарубежной селекции, подобранных по литературным источникам как засухоустойчивые и выписанные из мировой коллекции Всероссийского НИИ Растениеводства им. Н.И. Вавилова.

Был заложен опыт по выращиванию изучаемых сортов на научном полевом стационаре зернобобовых культур Казахского НИИ земледелия и растениеводства (КазНИИЗиР) на двух стационарах – орошаемый и богарный (не поливной участок). Делянки при изучении коллекции размером 1 погонный метр, по 25 семян. Посев рандомизированный в трехкратной повторности. Вегетационные поливы на поливном стационаре осуществлялись трижды (в третьей декаде июня, второй декаде июля и второй декаде августа). На богарном стационаре не производился.

Растительные образцы для анатомического и биохимического исследования были отобраны в период, когда растения находились в генеративном возрастном состоянии R4 (фаза образования бобов) и яркого проявления недостатка влаги (июль-август).

Учитывая сильную фенотипическую вариабельность структуры и функциональной активности листа, для анатомических исследований были выбраны типичные фенотипы из опыта. Все наблюдения выполняли на листьях среднего яруса завершивших рост и дифференцировку. По каждому сорту проанализировано по 5 листьев с разных растений. Были приготовлены анатомические препараты нижнего эпидермиса листа – методом «реплик». При подсчете устьиц и волосков использовали не менее 10-ти полей зрения микроскопа. Опушенность листьев оценивали при увеличении $\times 100$, оценку количества устьичных отверстий на единицу листовой поверхности при увеличении $\times 1000$ на Микроскопе Meiji Techno серии MT4000 (*Japan*). При изготовлении и описании препаратов использовались общепринятые в анатомии растений методики [15].

Количественный метод определения содержания пролина в листьях сои определяли по методу Bates et. al. (1973) [16]. К 0,5 грамм сырой зеленой массы приливали 10 мл 3% раствора сульфосалициловой кислоты $[\text{HO} \cdot \text{C}_6\text{H}_4(\text{SO}_3\text{H}) \cdot \text{COOH}]$ и растирали в ступке до однородной массы. Гомогенат фильтровали через плотный фильтр. К 2 мл фильтрата добавляли 2 мл реагента (1,25 нингидрина, растворенного в смеси 30 мл ледяной уксусной кислоты ± 20 мл 6М фосфорной кислоты) и 2 мл ледяной уксусной кислоты, тщательно перемешивали, помещали на водяную баню (100%) на 1 час, а затем охлаждали до $+4^\circ\text{C}$. К реакционной смеси добавили 4 мл толуола. Краситель переходит в верхний слой толуола и окрашивание его будет в зависимости концентрации пролина, слабо-разового до пурпурного. Интенсивность окраски определяли на светофильтре при 520 нм (светофильтр №4-синий) в 5 мм кюветах, в сравнение с толуолом. Содержание пролина определяли по калибровочной кривой, построенной по содержанию пролина в 2 мл от 0,0215 до 0,175 мг.

Оценка физиологического состояния растений сои на поливном и не поливном стационарах была проведена с использованием флуоресцентного анализа на импульсно-модулированном приборе серии FluorPen 100. По каждому сорту проанализировано по 3 листа с разных растений.

Были произведены измерения среднего значения QY (квантовый выход – параметр, определяющий эффективность работы фотосистемы) растений сои на орошаемом и богарном участках. Измерения проводили каждые 10 дней в период яркого проявления недостатка влаги (июль-август) [17].

Статистическая обработка выполнена с использованием программы *Statistica 10 (Professional)*. Проведен Basic statistics анализ с использованием графической статистики для наглядного изображения основных характеристик выборки Graph Type Box-Whiskers.

Результаты исследований

Морфологические и физиологические приспособления листьев к стрессу засухи позволяют уменьшить потерю воды и повысить эффективность ее использования. При сильном дефиците воды листья растений теряют свою упругость, становятся мягкими, это явление называется увяданием [18].

Одним из морфологических приспособлений листьев к борьбе с засухой является плотное опушение листа. Опушение листа это общая особенность ксерофитных растений, а также некоторых сельскохозяйственных культур, в том числе сои. Волоски создают экран, защищающий листья от перегрева [19].

Для оценки присутствия признаков ксероморфизма у сортов сои все образцы были оценены по степени опушенности. Оценка опушенности листьев сортов сои показала, что в поле зрения микроскопа при увеличении 10×10 насчитывается в среднем на образцах собранных с орошаемого опытного участка от 4,55 до 16,45 штук волосков, на образцах собранных с богарного участка 4,33 -19,22 штук волосков (рисунок 1г, таблица 1). Наибольшее опушение 19,22 штук волосков отмечено на листьях сорта Нхат 10, собранных с богарного участка. При значении этого признака на листьях поливного фона 9,33 штук. По высокой опушенности листьев в условиях засухи выделены образцы из коллекции: Нхат 10 (19,22 шт), Кыэ-шуан (18,6 шт), Ситора (16,33 шт).

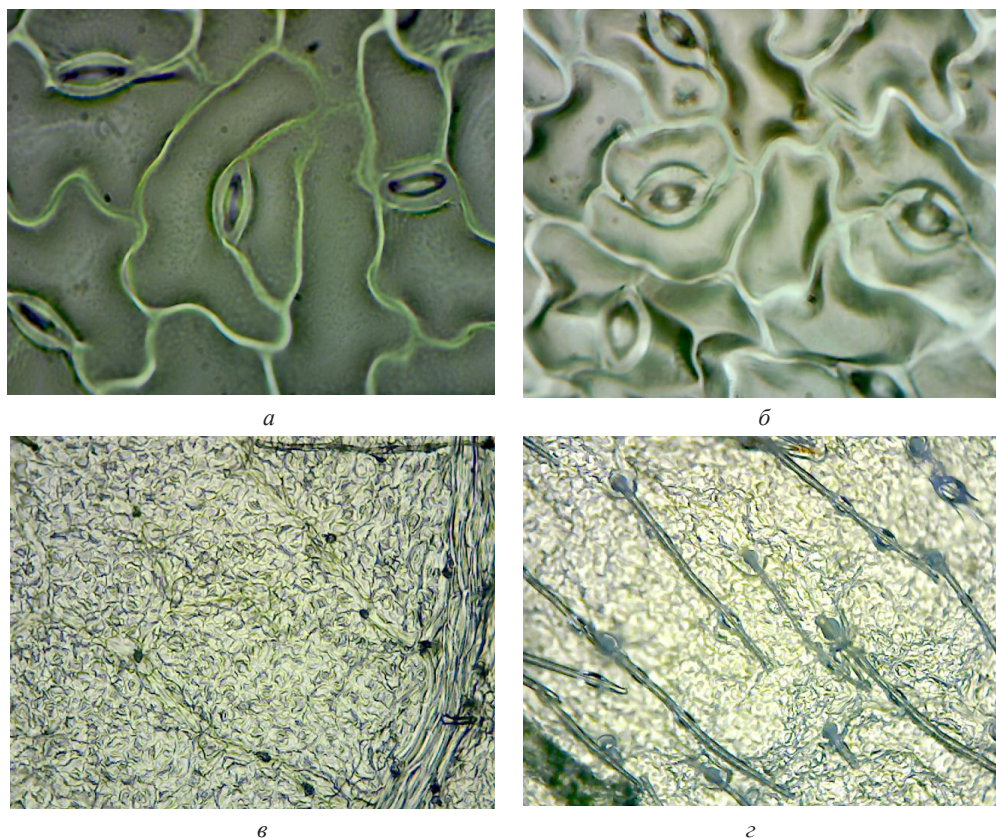
Отмечены 2 образца без опушения листьев (0 шт волосков): Ичийо Гавари, Схимизу 1-8-1 (рисунок 1в).

Вторым не менее важным признаком высокотранспирирующих тонколистных ксерофитов является большое количество устьиц и сеть жилок. В связи с этим, была проведена оценка со-

ртов по количеству устьичных отверстий на единицу листовой поверхности. Результаты оценки количества устьиц в поле зрения микроскопа при увеличении на $\times 1000$ показали, что в среднем они колебались у разных генотипов сои в пределах 6,67 – 14,67 штук на орошении и 6,65-18,0 штук на засухе (рисунок 1 а,б). Выделены образцы с большим количеством устьиц на еди-

ницу поверхности в условиях засухи – Кыэ-шуан (18,00 шт), Гессенска (12,6 шт), Вилана (12,33 шт), таблица 1.

Проведены работы по изучению физиолого-биохимических признаков засухоустойчивости коллекции сои на контрольном варианте и в провокационном фоне в фазу налива бобов и яркого проявления недостатка влаги (июль-август).



а – устьицы эпидермиса листа сорта Гессенска (богарный участок),
б – сорт Гессенска (орошаемый участок); в – эпидермис без волосков сорта Ичийо Гавари, увеличение микроскопа $\times 100$; г – волоски эпидермиса сорта Хуанг бао жу, увеличение $\times 1000$

Рисунок 1 – Анатомическое исследование листьев сои при возделывании на орошении и богарном участках

Оценка данных уровня свободного пролина в листьях сои по значению медианы показала, что в наборе образцов с полива ее показатель составляет 38,08 мг/%, тогда как для тех же образцов, возделывавшихся без полива – 46,77 мг/%, что свидетельствует о более высоком уровне свободной аминокислоты в листьях растений, находящихся под влиянием более сильного стрессового фактора – засухи (таблица 1). Полученные данные согласуются с данными исследований механизмов засухоустойчивости растений по-

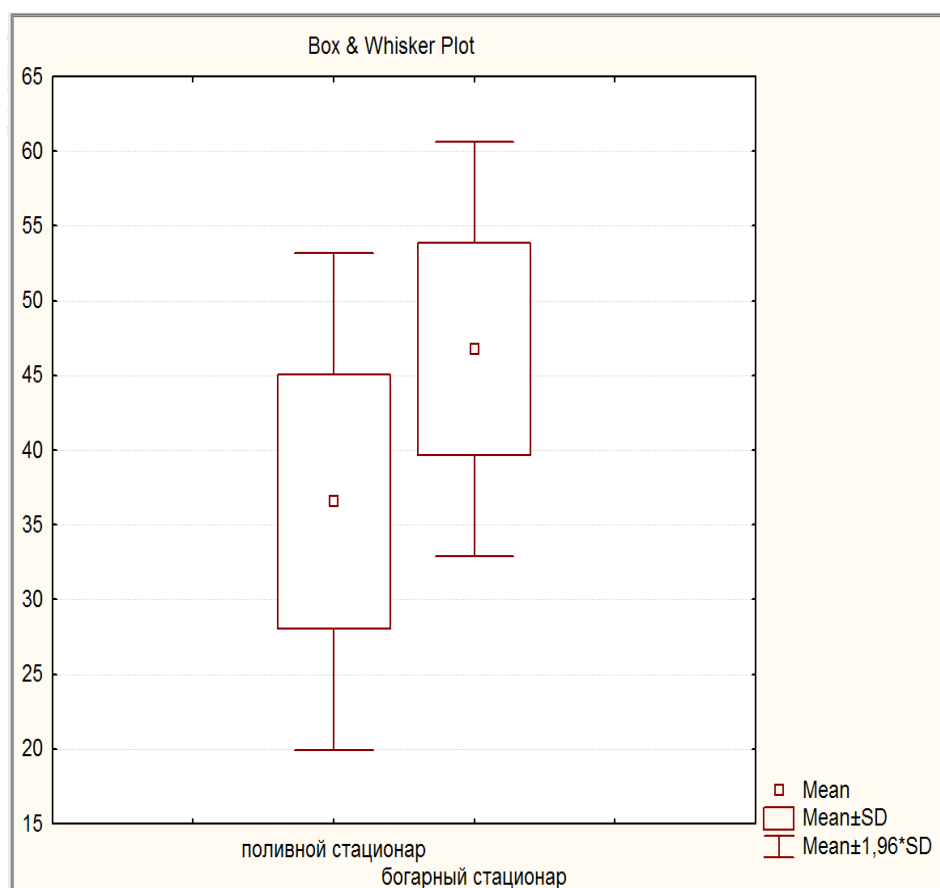
зволяющих поддерживать тургор и продолжать обмен веществ даже при низком водопотреблении, через протоплазматическую толерантность и синтез осмолитов [12,20]. Однако в некоторых исследованиях при сравнении засухоустойчивых и чувствительных к засухе сортов сои не выявлено повышение уровня пролина при стрессе, при этом уровень пролина толерантного сорта был выше, чем у чувствительного [21].

Интенсивное накопление свободного пролина в листьях сои в условиях стационара на

богаре (засушливом участке) по сравнению с поливом отмечено у следующих коллекционных образцов: Память ЮКГ (62,48 мг/%), Д-60-5186 (62,13 мг/%), Комет (57,25 мг/%), Григنون 5 (55,81 мг/%), Гессенска (54,23 мг/%), Виелнска Брунатна (53,84 мг/%).

Проведенный анализ по описательной статистике с построением специализированного ста-

тистического графика позволяет более наглядно визуализировать разницу между средними и граничными значениями максимума (54,1 мг/%) и минимума (18,0 мг/%) накопления свободного пролина у растений поливного и богарного стационаров (максимум – 62,4 мг/%) и минимум 35,7 мг/%) соответственно (рисунок 2, таблица 1).



Mean – среднее значение; SD – стандартное отклонение;
Mean±1.96*SD –максимальные и минимальные значения

Рисунок 2 – Разброс значений свободного пролина (мг/%) в коллекционных образцах сои при возделывании на поливном и богарном стационарах

Стресс от засухи влияет на основные физиологические процессы, такие как газообмен, транспирация, а также фотосинтез [22].

Хлорофилл один из главных компонентов хлоропласта для фотосинтеза. Уменьшение содержания хлорофилла под стрессом засухи считается типичным симптомом пигментного фотоокисления и деградации хлорофилла. Снижение содержания хлорофилла во время засухи зависит от продолжительности и ее степени. Уменьше-

ние общего содержания хлорофилла в условиях засухи подразумевает понижения сбора урожая [23].

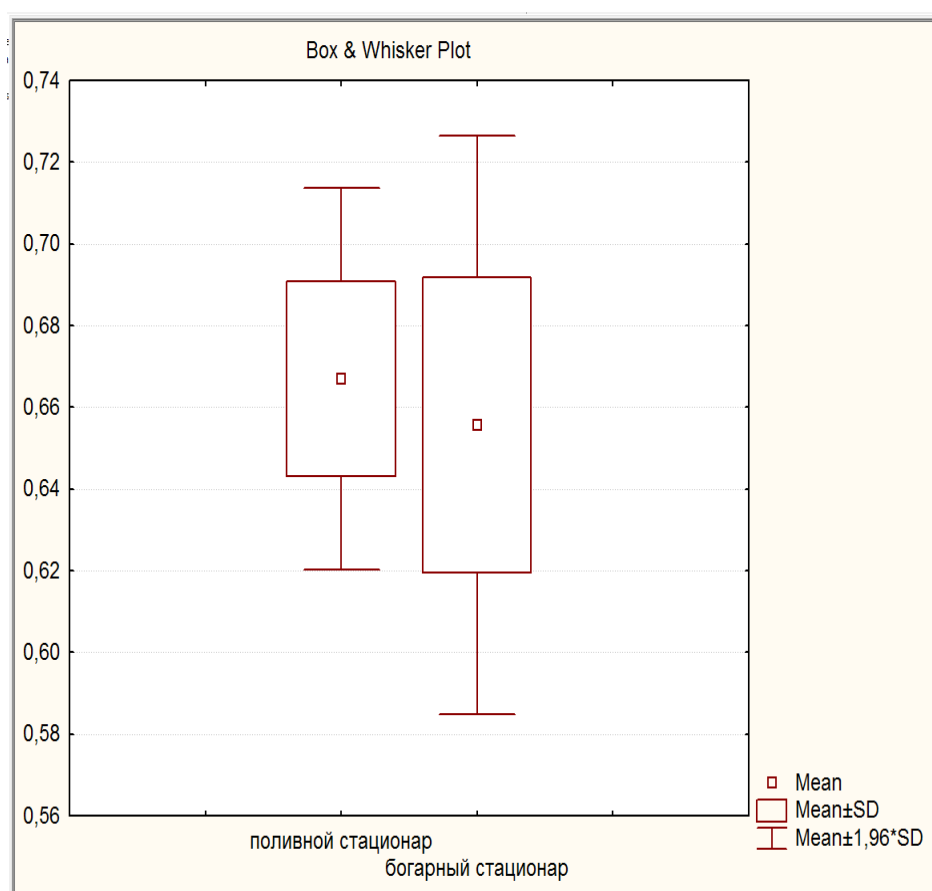
Оценка физиологического состояния растений сои на орошаемом и богарном стационарах (не поливной участок) с использованием флуоресцентного анализа на импульсно-модулированном приборе серии FluorPen 100 в фазе цветения и в фазе налива бобов показала, более низкие значения медианы QY растений сои в

стрессовых условиях (0,655 отн.ед.) богарного участка, при сравнении с поливом (0,677 отн.ед.), таблица 1.

Визуализация разброса значений квантового выхода с использованием статистического графика позволило установить, что наиболее широкий разброс значений был зафиксирован на растениях богарного стационара (минимальное -0,58 отн.ед., максимальное -0,74 отн.ед.), при значениях на поливном стационаре – минимальное – 0,63 отн.ед., максимальное-0,73 отн.ед. Где наиболее низкие значения QY (ниже 0,64 отн.ед) зафиксированы только

у растений провакационного фона (богарный стационар).

Выделены сорта (Хуанг бао жу, Схимизу 1-8-1, Ичийо Гавари, Гессенска) имеющие повышенный уровень QY в период недостатка влаги, по сравнению растениями поливного фона опыта, что свидетельствует о том, что в стрессовых условиях недостатка влаги растения способны продолжать стабильный режим фотосинтеза. Генотипические отличия в способности продолжать фотосинтез и держать устьица открытыми, несмотря на недостаток воды, были отмечены так же в ряде исследований [24, 25].



Mean – среднее значение; SD – стандартное отклонение;
Mean±1.96*SD –максимальные и минимальные значения

Рисунок 3 – Разброс значений квантового выхода QY(отн.ед.) в коллекционных образцах сои при возделывании на поливном и богарном стационарах

По данным комплексного анализа по анатомо-морфологическим, физиолого-биохимическим маркерам засухоустойчивости уста-

новлено, что больший стресс от недостатка влаги испытывали сорта Диндоне, Вавилов 63-17, Ажма, Колхида 4.

Таблица 1 – Результаты оценки коллекции сои по анатомо-морфологическим, физиолого-биохимическим маркерам засухоустойчивости

Наименование	Квантовый выход QU, отн.ед.		Содержание свободного пролина, мг/%		Среднее количество волосков, шт		Среднее количество устьиц, шт	
	полив	Засуха	полив	Засуха	Полив	Засуха	полив	засуха
Машлеарроу	0,68±0,027	0,66±0,030	38,08±2,24	43,61±1,60	16,45±2,060	7,45±2,114	10,00±1,632	8,89±1,099
Аксагара	0,67±0,031	0,68±0,031	45,13±0,46	46,81±1,98	4,55±1,165	4,33±0,942	8,22±1,030	7,89±0,993
Диндоне	0,68±0,060	0,65±0,052	36,69±2,05	41,09±1,98	13,56±4,003	10,56±1,422	8,55±0,831	7,55±1,165
Кыз-шуан	0,67±0,054	0,63±0,029	23,25±0,00	-	8,55 ±1,065	18,6±2,408	10,44±0,955	18,00±1,571
Комет	0,65±0,016	0,68±0,094	18,00±0,23	57,35±0,66	10,00±1,054	12,22±2,298	8,66±0,942	9,22±1,227
Цзи-пи4	0,7±0,061	0,69±0,063	26,44±1,82	43,07±1,32	15,00±1,154	11,67±2,108	9,22±1,396	9,78±1,474
Виелнска Брунатна	0,63±0,042	0,62±0,030	19,60±0,46	53,84±1,10	12,22±3,424	9,11±0,993	9,78±1,396	10,00±1,154
Григнон 5	0,65±0,016	0,64±0,038	40,57±2,73	55,81±0,44	7,89±0,737	9,67±0,816	9,67±1,563	11,00±1,490
Колхида 4	0,66±0,029	0,58±0,041	33,50±0,68	46,81±2,42	9,89±3,071	9,78±2,346	7,22±0,785	8,76±1,314
Д-60-5186	0,69±0,074	0,65±0,033	43,76±1,82	62,13±1,54	8,33±1,699	11,22±3,614	8,33±0,942	8,99±1,054
Фискейб 4	0,64±0,310	0,65±0,301	28,26±1,37	44,57±0,22	7,44±0,955	5,00±1,333	7,33±0,471	6,65±0,831
Скълтня	0,65±0,049	0,66±0,009	31,91±0,00	52,25±0,44	9,33±0,816	12,89±1,968	12,89±1,369	9,56±1,065
Гессенска	0,63±0,310	0,68±0,033	34,19±0,00	54,23±1,98	12,78±1,930	11,11±1,728	10,55±1,257	12,6±2,362
Сигора	0,65±0,013	0,6±0,004	38,29±1,82	43,03±2,63	14,78±1,396	16,33±1,154	8,78±0,628	10,45±1,257
Ажма	0,63±0,291	0,59±0,294	38,07±1,11	37,54±2,41	15,00±1,632	12,44±2,216	10,22±1,227	9,33±1,414
Соусей	0,68±0,500	0,68±0,055	32,28±1,11	41,97±1,54	9,22±1,685	6,56±2,165	8,67±1,154	8,33±1,154
Нхаг10	0,66±0,044	0,66±0,025	47,19±1,78	37,36±1,32	9,33±0,666	19,22±1,314	10,88±2,282	9,78±0,785
Вавилов 63-17	0,7±0,035	0,6±0,112	54,09±1,56	38,89±1,54	8,11±2,024	10,78±1,547	11,56±1,640	10,11±1,286

Продолжение таблицы 1

Наименование	Квантовый выход QU, отн.ед.		Содержание свободного пролина, мг/%		Среднее количество волосков, шт		Среднее количество устьиц, шт	
	полив	Засуха	полив	Засуха	Полив	Засуха	полив	засуха
Жансая	0,69±0,044	0,65±0,024	40,57±0,46	42,41±1,98	10,00±1,154	10,89±0,993	9,33±1,490	9,78±0,916
Спонсор	0,68±0,015	0,68±0,021	44,60±0,61	44,40±1,86	8,33±1,632	10,22±1,133	9,89±0,993	9,78±1,133
Вилана	0,68±0,038	0,69±0,051	34,01±2,24	50,52±2,13	9,33±0,942	10,56±1,422	14,67±2,260	12,33±1,333
Черемш	0,68±0,021	0,68±0,053	46,03±0,81	45,73±2,13	9,33±1,054	9,00±1,369	9,87±1,728	9,11±1,369
Малпеамбер	0,68±0,027	0,66±0,030	38,08±2,24	43,61±1,60	16,45±2,060	7,45±2,114	10,00±1,632	8,89±1,099
Гармония	0,63±0,048	0,63±0,303	30,14±0,41	52,91±0,27	7,78±1,133	7,78±1,812	10,00±1,414	8,22±1,133
Красивая мечта	0,65±0,312	0,65±0,301	35,03±2,44	43,07±0,53	14,00±1,414	11,67±2,309	11,56±1,422	10,11±1,91
Ичйю Гавари	0,66±0,0369	0,71±0,030	41,35±3,06	35,70±2,35	0	0	8,44±2,165	11,00±1,825
Схимизу 1-8-1	0,68±0,051	0,7±0,085	48,24±2,30	48,14±3,52	0	0	6,67±1,030	8,33±0,942
Янгарная	0,66±0,045	0,65±0,301	41,34±1,43	40,95±2,66	12,11±2,024	8,44±0,955	9,78±1,617	8,22±1,547
Память ЮГК	0,67±0,020	0,63±0,035	28,31±0,20	62,48±0,80	7,67±1,333	8,89±2,282	9,67±1,563	11,89±1,448
Хуанг бао жу	0,73±0,053	0,74±0,036	40,29±2,00	45,93±1,54	15,22±2,042	14,67±3,299	9,44±0,831	8,78±1,617
Медиана	0,670	0,655	38,08	44,57	9,33	10,39	9,73	9,45
Сред. знач.	0,677	0,656	36,57	46,77	10,12	9,95	9,68	9,78
Станд.откл.	0,023	0,036	8,49	7,08	4,12	4,32	1,6	2,05
Мин.знач.	0,63	0,58	18,0	35,7	0,0	0,0	6,67	6,65
Максим.знач.	0,73	0,74	54,1	62,4	16,45	19,22	14,67	18,0

Выводы

Изучение 30 коллекционных сортов сои по анатомо-морфологическим, физиолого-биохимическим маркерам засухоустойчивости на двух фонах (орошение и богара) позволило выделить образцы с признаками ксероморфизма. По высокой опушенности листьев в условиях засухи выделены сорта: Нхат 10 (19,22 шт), Кыэ-шуан (18,6 шт), Ситора (16,33 шт). По наличию высокого числа устьиц в условиях засухи выделены образцы – Кыэ-шуан (18 шт), Гессенска (12,6 шт), Вилана (12,33 шт). По интенсивному накоплению свободного пролина в листьях сои в богарном участке выделены сорта – Память ЮКГ (62,48 мг/%), Д-60-5186 (62,13 мг/%), Комет (57,25 мг/%), Григнон 5 (55,81 мг/%), Гессенска (54,23 мг/%), Виелнска Брунатна (53,84 мг/%). По повышенному уровню QY в период недостатка влаги, по сравнению с растениями поливного фона опыта выделены сорта – Хуанг бао жу, Схимизу 1-8-1, Ичийо Гавари, Гессенска.

По данным комплексного анализа по анатомо-морфологическим, физиолого-биохими-

ческим маркерам засухоустойчивости установлено, что больший стресс от недостатка влаги испытывали сорта Диндоне, Вавилов 63-17, Ажма, Колхида 4.

Выделены сорта Гессенска, Кыэ-шуан, Комет как засухоустойчивые по двум и трем фенотипическим маркерам засухоустойчивости.

Конфликт интересов

Все авторы прочитали и ознакомлены с содержанием статьи и не имеют конфликта интересов.

Финансирование

Работа выполнена в рамках финансирования Комитета науки МОН РК по бюджетной программе 217 «Развитие науки», подпрограмме 102 «Грантовое финансирование научных исследований» проекту ИРН AP05131562 «Поиск и применение фенотипических и молекулярных маркеров для оценки рабочей коллекции и в селекции сои на засухоустойчивость»

Литература

- 1 Бородычев В.В., Лытов М.Н., Диденко А.А., Пахомов Д.А. Капельное орошение сои. – Волгоград: Панорама, 2006. – 168с.
- 2 Статистические данные продовольственной и сельскохозяйственной организации Объединенных наций (ФАО) <http://www.fao.org/faostat>.
- 3 Trenberth K.E., Dai A., van der Schrier G., Jones P.D., Barichivich J., Briffa K.R., Sheffield J. Global warming and changes in drought // *Nat. Clim. Change* – 2014. – № 4. – P.17–22
- 4 Hussain M., Mumtaz S. Climate change and managing water crisis: Pakistan's perspective // *Rev Environ Health*. – 2014. – № 29. – P. 71–77.
- 5 Снеговой П.С. Водопотребление орошаемой сои // *Зерновые и кормовые культуры на орошаемых землях: сб.статей.* – Кишинев, 1972. – С.25.
- 6 Балакай Г.Т. Влияние влагообеспеченности на урожай сои. // *Мелиорация и водное хозяйство.* – 2003. №4. – С. 6-9.
- 7 Eck H.V., Mathers A.C., Musick J.T. Plant water stress at various growth stages and growth and yield of soybeans // *Field Crops Research*. – 1987. – Vol. 17(1). – P.1-16.
- 8 Desclaux D., Huynh T.T., Roumet P. Identification of soybean plant characteristics that indicate the timing of drought stress // *Crop Science*. – 2000. – Vol.40(3). – P. 716-722.
- 9 Яков Лев. Капельное орошение // *Шфаим.* – 2003. – С.2.
- 10 Frederick J.R., Camp C.R., Bauer P.J. Drought-stress effects on branch and main stem seed yield and yield components of determinate soybean // *Crop Science*. – 2001. – Vol. 41(3). – P.759-763.
- 11 Sadeghipour O., Abbasi S. Soybean response to drought and seed inoculation. *World // Applied Sciences Journal*. – 2012. – Vol.17(1). – P. 55-60.
- 12 Manavalan L.P., Guttikonda S.K., Tran L.S.P., Nguyen H.T. Physiological and molecular approaches to improve drought resistance in soybean // *Plant and Cell Physiology*. – 2009. – Vol. 50 (7). – P. 1260-1276.
- 13 Ku Y.Sh., Au-Yeung W.K., Yung Y.L., Li M., Wen Ch.Q., Liu X. Lam H.M. Drought Stress and Tolerance in Soybean // *Licensee InTech*. – 2013. – Chapter 10 – P.209-237 DOI.org/10.5772/52945/
- 14 Ли Т., Дидоренко С., Оразбаева У., Спанкулова З., Ташкенова А., Биримжанова З. Биохимические индексы засухоустойчивости сои // *Биотехнология. Теория и практика.* – 2013. – №3. – С. 35-40 DOI: 10.11134/btp.3.2013.5 1
- 15 Прозина М.Н. Ботаническая микротехника. – М.: Наука, 1960. – 260 с.
- 16 Bates L.S., Waldren R.P., Teare I.D. Rapid Determination of Free Proline for Water-Stress Studies // *Plant Soil*. – 1973. – Vol. 39. – P. 205–207.
- 17 Орехов Д.И., Калабин Г.А. Флуоресцентный анализ как инструмент оценки физиологического состояния деревьев в различных условиях загрязнения в г. Москве // *Вестник РУДН, серия Экология и безопасность жизнедеятельности.* – 2013. – № 5. – 5-17.

- 18 Poorter L., Markesteijn L. Seedling traits determine drought tolerance of tropical tree species // *Biotropica*. – 2008. – № 40. – P. 321–331.
- 19 Garay , A.F. and Wilhelm , W.W. Root system characteristics of two soybean isolines undergoing water stress conditions // *Agron . J.* – 1983. – Vol.75 – P. 973 – 977 .
- 20 Nguyen H.T., Babu R.C., Blum A. Breeding for drought resistance in rice: physiology and molecular genetics considerations // *Crop Science*. – 1997. – Vol. 37. – P. 1426-1434.
- 21 Silvente S., Sobolev A.P., Lara M. Metabolite adjustments in drought tolerant and sensitive soybean genotypes in response to water stress // *PLoS ONE*. – 2012. – Vol. 7(6) e38554.
- 22 Ashraf M., Harris P. Photosynthesis under stressful environments: an overview // *Photosynthetica*. – 2013. – 51. – P.163–190.
- 23 Kocheva K., Lambrev P., Georgiev G., Goltsev V., Karabaliiev M. Evaluation of chlorophyll fluorescence and membrane injury in the leaves of barley cultivars under osmotic stress // *Bioelectrochemistry*. – 2004. – № 63. – P. 121–124.
- 24 Liu , F. , Anderson , M.N. , Jacobson , S.E. and Jensen , C.R. Stomatal control and water use efficiency of soybean (*Glycine max L. Merr.*) during progressive soil drying // *Environ . Exp . Bot.* – 2005. – Vol.54. – P. 33 – 40 .
- 25 Vignes , D. , Djekoun , A. and Planchon , C. Responses de differents genotypes de soja au defi cit hydrique. // *Can . J. Plant Sci.* – 1986. – Vol.66. – P. 247 – 255 .

References

- 1 Ashraf M., Harris P.(2013) Photosynthesis under stressful environments: an overview. *Photosynthetica*, no. 51, pp. 163–190.
- 2 Balakay G.T.(2003) Vliyaniye vlogoobespechennosti na urozhay soi. [The effect of water supply on yield of soybean]. *Melioratsiya i vodnoye khozyaystvo*, no. 4, pp. 6-9.
- 3 Bates L.S., Waldren R.P., Teare I.D.(1973) Rapid Determination of Free Proline for Water-Stress Studies. *Plant Soil*, vol 39, pp. 205–207.
- 4 Borodychev V.V., Lytov M.N., Didenko A.A., Pakhomov D.A. (2006) Kapelnoye orosheniye soi [Drip irrigation of soybean]. *Volgograd.: Panorama*, pp. 168.
- 5 Desclaux D., Huynh T.T., Roumet P. (2000) Identification of soybean plant characteristics that indicate the timing of drought stress. *Crop Science*, vol. 40, no.3, pp. 716-722.
- 6 Eck H.V., Mathers A.C., Musick J.T. (1987) Plant water stress at various growth stages and growth and yield of soybeans. *Field Crops Research*, vol. 17, no.1, pp. 1-16.
- 7 Frederick J.R., Camp C.R., Bauer P.J. (2001) Drought-stress effects on branch and main stem seed yield and yield components of determinate soybean. *Crop Science*, vol. 41, no.3, pp. 759-763.
- 8 Garay , A.F. and Wilhelm , W.W. (1983) Root system characteristics of two soybean isolines undergoing water stress conditions . *Agron . J.*, vol.75, pp. 973 – 977.
- 9 Hussain M., Mumtaz S. (2014) Climate change and managing water crisis: Pakistan’s perspective. *Rev Environ Health.*, no. 29, pp.71–77.
- 10 Ku Y.Sh., Au-Yeung W.K., Yung Y.L., Li M., Wen Ch.Q., Liu X. Lam H.M. (2013) Drought Stress and Tolerance in Soybean. *Licensee InTech*, Chapter 10, pp. 209-237. DOI.org/10.5772/52945/
- 11 Li T., Didorenko S., Orazbaeva U., Spankulova Z., Tashkenova A., Birimzhanova Z. (2013) Biohimicheskie indeksy zasuhostoychivosti soi [Biochemical indices of drought resistance of soybean]. *Biotehnologiya. Teoriya i praktika*, no.3, pp. 35-40. DOI: 10.11134/btp.3.2013.5 1
- 12 Liu , F. , Anderson , M.N. , Jacobson , S.E. and Jensen , C.R. (2005) Stomatal control and water use efficiency of soybean (*Glycine max L. Merr.*) during progressive soil drying. *Environ . Exp . Bot.*, vol.54, pp.33 – 40.
- 13 Manavalan L.P., Guttikonda S.K., Tran L.S.P., Nguyen H.T. (2009) Physiological and molecular approaches to improve drought resistance in soybean. *Plant and Cell Physiology*, vol. 50, no.7, pp.1260-1276.
- 14 Nguyen H.T., Babu R.C., Blum A. (1997) Breeding for drought resistance in rice: physiology and molecular genetics considerations . *Crop Science.*, vol. 37, pp.1426-1434.
- 15 Orehov D.I., Kalabin G.A.(2013) Fluorestsentyy analiz kak instrument otsenki fiziologicheskogo sostoyaniya derev v razlichnykh usloviyakh zagryazneniya v g. Moskve [Fluorescent analysis as a tool for assessing the physiological state of trees in different pollution conditions in Moscow]. *Vestnik RUDN, seriya Ekologiya i bezopasnost zhiznedeyatel'nosti*, no. 5, pp. 5-17.
- 16 Poorter L., Markesteijn L.(2008) Seedling traits determine drought tolerance of tropical tree species. *Biotropica*, no. 40, pp.321–331.
- 17 Prozina M.N.(1960) *Botanicheskaya mikrotehnika* [Botanical microtechnology]. M.: Nauka, pp. 260.
- 18 Sadeghipour O., Abbasi S. (2012) Soybean response to drought and seed inoculation. *World. Applied Sciences Journal*, vol. 17, no.1, pp.55-60.
- 19 Silvente S., Sobolev A.P., Lara M.(2012) Metabolite adjustments in drought tolerant and sensitive soybean genotypes in response to water stress. *PLoS ONE.*, vol. 7(6) e38554
- 20 Snegovoy P.S. (1972) Vodopotrebleniye oroshayemoy soi [Water consumption of irrigated soybean]. *Zernovyye i kormovyye kultury na oroshayemykh zemlyakh: sb.statey*. Kishinev, pp. 25.
- 21 Statisticheskie dannye prodovolstvennoy i sel'skhozaystvennoy organizatsii Ob'edinennykh natsiy (FAO) [Statistics of the food and agriculture organization of the United Nations (FAO)].
- 22 Trenberth KE., Dai A., van der Schrier G., Jones PD., Barichivich J., Briffa KR., Sheffield J. (2014) Global warming and changes in drought. *Nat Clim Change.*, no. 4, 17–22pp.
- 23 Vignes , D. , Djekoun , A. and Planchon , C. (1986) Responses de different genotypes de soja au defi cit hydrique. *Can . J. Plant Sci.*, vol.66, pp. 247 – 255 .
- 24 Yakov Lev.(2003) Kapelnoye orosheniye [Drip irrigation]. *Shfaim*, pp. 2.

4-бөлім
**МОЛЕКУЛАЛЫҚ
БИОЛОГИЯ ЖӘНЕ ГЕНЕТИКА**

Section 4
**MOLECULAR
BIOLOGY AND GENETICS**

Раздел 4
**МОЛЕКУЛЯРНАЯ
БИОЛОГИЯ И ГЕНЕТИКА**

IRSTI 31.27.31; 34.15.23; 34.15.25; 76.03.31; 76.29.49

**Atambayeva S.A., Niyazova R.E., Ivashchenko A.T.,
Yurikova O.Y., Mukushkina D.D.**

Scientific Research Institute of Biology and Biotechnology Problems,
Al-Farabi Kazakh National University, Kazakhstan, Almaty,
e-mail: shara.atambaeva@kaznu.kz

CHARACTERISTICS OF MIRNA INTERACTION WITH 5'UTR, CDS, 3'UTR MRNA CANDIDATE GENES OF METABOLIC SYNDROME DISEASE

Studying of the pathogenesis of metabolic syndrome is one of the most topical because of the widespread of this pathology. The study of genetic nature of cardiovascular diseases is one of the most promising areas of molecular medicine worldwide. Identification of a group of individual genetic markers allows early diagnosis and optimization of primary and secondary prevention of metabolic syndrome. Therefore, the process of biomarkers discovery should improve the therapy and assessment of the risk of cardiovascular disease. The search for effective markers is the subject of ongoing research. The miRNAs interaction with mRNAs of candidate genes were predicted using the MirTarget program. The genes responsible for the development of metabolic syndrome, regulated by miRNAs were selected by searching in the PubMed database. ADRA2A and SCAP genes are regulated by 12 and 15 miRNAs through 5'UTR with the highest binding energy is -144 kJ/mole and -151 kJ/mole, respectively. AR, CEBPA, IGFBP2, KL and SIRT1 genes are regulated through CDS by 7, 19, 11, 13 and 6 miRNAs, with the highest binding energy is -134 kJ / mole, -142 kJ/mole, -140 kJ/mole, -142 kJ/mole and -138 kJ/mole, respectively. Clusters of miRNA binding sites with overlapping nucleotide sequences were detected in mRNA of several genes. Several associations of miRNA and genes are proposed as biomarkers for developing methods for diagnosing the metabolic syndrome.

Key words: miRNA, mRNA, metabolic syndrome, candidate genes.

Атамбаева Ш.А., Ниязова Р.Е., Иващенко А.Т., Юрикова О.Ю., Мукушкина Д.Д.

Биология және биотехнология мәселелерінің ғылыми-зерттеу институты,
әл-Фараби атындағы Қазақ ұлттық университеті, Қазақстан, Алматы қ.,
e-mail: shara.atambaeva@kaznu.kz

miRNA-дың метаболитикалық синдром ауруы кандидатты гендерінің mRNA-дың 5'UTR, CDS және 3'UTR-мен өзара әрекетінің сипаттамалары

Метаболитикалық синдромының кең таралғандығынан оның патогенезін зерттеуі ең маңыздысы болып табылады. Әлемдік молекулалық медицинада перспективті түрде және жан-жақты қарастырылып жатқан аурулардың бірі – жүрек-қан тамыр ауруының генетикасын зерттеу. Бөлек генетикалық маркерлерді анықтау – метаболитикалық синдромның біріншілік және екіншілік профилактикасының оптимизациясы мен ерте диагностикасына мүмкіндік береді. Осылайша, биомаркерлер арқылы жүрек-қан тамыр ауруларының қауіп-қатерлерін бағалау және терапиясын жақсартуға болады. Жұмыстың мақсаты – эффективті маркерлерді табу болып табылады. miRNA-лар және кандидатты гендер mRNA-дың арасындағы өзара әрекеттесулері MirTarget бағдарлама арқылы табылды. miRNA-мен реттелінетін метаболитикалық синдромға жауапты гендер PubMed деректер қорынан іздестірілді. ADRA2A және SCAP гендері 5'UTR-де 12 және 15 miRNAs-мен байланысады, жоғары байланысу энергиясы 144 кДж/моль және 151 кДж/моль құрайды. AR, CEBPA, IGFBP2, KL және SIRT1 гендері CDS-те, 7, 19, 11, 13 және 6 miRNAs-мен байланысады, жоғары байланысу энергиясы -134 кДж/моль, -142 кДж/моль, -140 кДж/моль, -142 кДж/моль және 138 кДж/мольді құрайды. Бұл гендерде miRNA-мен байланысатын көптеген

сайттары бар және де осы байланысу кластерлер метаболитикалық синдром диагностикасында биомаркерлер ретінде бола алады.

Түйін сөздер: miRNA, mRNA, метаболитикалық синдром, кандидатты гендер.

Атамбаева Ш.А., Ниязова Р.Е., Иващенко А.Т., Юрикова О.Ю., Мукушкина Д.Д.

Научно-исследовательский институт проблем биологии и биотехнологии,
Казахский национальный университет имени аль-Фараби, Казахстан, г. Алматы,
e-mail: shara.atambaeva@kaznu.kz

Характеристики взаимодействия miRNA с 5'UTR, CDS и 3'UTR mRNA кандидатных генов метаболического синдрома

Изучение генетической природы метаболического синдрома является одной из наиболее перспективных областей молекулярной медицины во всем мире. Выявление генетических маркеров позволяет разработать раннюю диагностику заболевания и оптимизировать профилактику метаболического синдрома. Обнаружение биомаркеров должно улучшить терапию и оценку риска сердечно-сосудистых заболеваний. Поиск эффективных маркеров метаболического синдрома является предметом текущих исследований. Взаимодействие miRNA с mRNA кандидатных генов было предсказано с помощью программы MirTarget. Гены, ответственные за развитие метаболического синдрома, регулируемые микроРНК, были отобраны путем поиска в базе PubMed. Гены ADRA2A и SCAP регулируются 12 и 15 miRNAs в 5'UTR, наибольшая энергия связывания составляет -144 кДж/моль и -151 кДж/моль соответственно. В CDS mRNA генов AR, SEVPA, IGFBP2, KL и SIRT1 связываются с 7, 19, 11, 13 и 6 miRNA со свободной энергией взаимодействия равной -134 кДж/моль, -142 кДж/моль, -140 кДж/моль, -142 кДж/моль и -138 кДж/моль, соответственно. В mRNA нескольких генов выявлены кластеры сайтов связывания miRNA с наложением нуклеотидных последовательностей. Несколько ассоциаций miRNA и генов предлагаются в качестве биомаркеров для разработки методов диагностики метаболического синдрома.

Ключевые слова: miRNA, mRNA, метаболический синдром, гены кандидаты.

Introduction

Cardiovascular diseases are the leading cause of death worldwide. Essential hypertension is a major risk factor for the development of other cardiovascular diseases and is caused by a combination of environmental and genetic factors, with up to 50% of blood pressure variance currently attributed to an individual's genetic makeup. [1]. Metabolic syndrome is a cluster of various combinations of metabolic abnormalities associated with an increased risk of cardiovascular disease and type 2 diabetes mellitus (DM) [2, 3]. Efforts to date have identified several candidate genes involved in primary hypertension, including *ADD1*, *ABCBI*, *CYP3A5*, *AGT*, *GRK4*, *GNB3* and *NOS3* [4-7]. Genes *ACACB*, *APOA1*, *APOA2*, *APOB*, *APOC1*, *APOC3*, *APOD* and *APOE* are associated with metabolic syndrome [8]. MiRNAs are small noncoding RNAs that have emerged as important regulators of many biological and pathological processes, including those relevant to the development of the heart and cardiovascular disease, such as metabolic syndrome. There are still several interesting reviews about recent progress on miRNAs and cardiovascular disease, which discusses the relationship between miRNAs and cardiac development, myocardial

regeneration, and cardiovascular disease [9-21]. The search for effective markers of the risk of metabolic syndrome is the subject of this research.

Materials and methods

The nucleotide sequences of candidate genes of the metabolic syndrome (MS) were downloaded from GenBank [<http://www.ncbi.nlm.nih.gov>]. 3701 miRNAs were taken from the publication of Londin E. et al. [22]. The miRNAs binding sites in 5'-untranslated regions (5'UTRs), coding domain sequences (CDSs) and 3'-untranslated regions (3'UTRs) of several genes were predicted using the MirTarget program [23]. This program defines the following features of binding: a) the origin of the initiation of miRNA binding to mRNAs; b) the localization of miRNA binding sites in the 5'UTRs, CDSs and the 3'UTRs of the mRNAs; c) the free energy of hybridization (ΔG , kJ/mole); and d) the schemes of nucleotide interactions between miRNAs and mRNAs. The ratio $\Delta G/\Delta G_m$ (%) was determined for each site (ΔG_m equals the free energy of miRNA binding with its perfect complementary nucleotide sequence). The miRNA binding sites located on the mRNAs had $\Delta G/\Delta G_m$ ratios of 90% or more. The program identifies the positions of the

binding sites on the mRNA, beginning from the first nucleotide of the mRNA's 5'UTR. The MirTarget program found hydrogen bonds between adenine (A) and uracil (U), guanine (G) and cytosine (C), G and U, and A and C. The distances between A and C were equal to those between G and C, A and U, and G and U [24-25]. The numbers of hydrogen bonds in the G-C, A-U, G-U and A-C interactions were found to be 3, 2, 1 and 1, respectively.

Results and Discussion

miRNAs bound with the high $\Delta G/\Delta G_m$ value in 5'UTR, CDS and 3'UTR of mRNAs genes participating in MS. 41 target genes were associated with 70 miRNAs in 5'UTR (Table 1).

mRNA of *ADRA2A* gene had binding sites for miR-19-33623-3p, miR-1-2121-3p, miR-19-21199-

3p, miR-17-41168-3p, miR-4-11421-3p, miR-22-16963-5p, miR-8-24509-3p and miR-20-22562-3p located in a cluster from 256 nt to 288 nt. The total length of the miRNAs is 180 nt, which would sequentially take 965 nt of the 5'UTR of this gene. Thus, such arrangement of nine sites in a cluster of 32 nt in length makes sense to reduce the proportion of binding sites.

30 binding sites for miR-19-37933-5p, miR-1-2121-3p, miR-3-8100-5p, miR-19-21199-3p, miR-19-33623-3p, miR-1-155-3p, miR-1-1714-3p, miR-17-40348-5p, miR-2-3313-3p, miR-15-32047-5p, miR-9-28523-5p, miR-2-4453-3p and miR-19-43966-3p were detected in mRNA of *SCAP* gene forming a cluster of 39 nt in length from 96 to 135 nt. Without overlapping sites, their length would be 294 nt, which exceeds the 5'UTR size of 259 nt.

Table 1 – Characteristics of miRNAs interaction in the 5'UTR of mRNA of metabolic syndrome candidate gene

Gene	miRNA	Position, nt	ΔG , kJ/mole	$\Delta G/\Delta G_m$, %	Length, nt
<i>ACSL1</i>	miR-19-42639-3p	81	-115	90	22
<i>ACVR1C</i>	miR-5-15435-5p	9	-108	93	20
	miR-22-46172-3p	207	-121	90	22
<i>ADRA2A</i>	miR-2-3578-5p	36	-110	96	18
	miR-17-38379-3p	496	-119	89	23
	miR-11-29838-3p	871	-121	89	23
	miR-4-13479-5p	913	-106	93	20
<i>ALDH2</i>	miR-21-16482-3p	8	-123	92	21
<i>APLN</i>	miR-6-16211-3p	263	-123	89	23
<i>AR</i>	miR-19-41434-3p	621	-115	95	21
<i>BRAP</i>	miR-X-44865-3p	162	-115	92	20
<i>CAPN10</i>	miR-6-16793-3p	105	-115	95	20
<i>CAV1</i>	miR-19-41383-3p	311	-115	90	23
	miR-16-39450-3p	779	-117	89	23
<i>CXCL16</i>	miR-2-7122-3p	88	-119	93	21
	miR-17-35758-5p	439	-117	93	22
<i>EPO</i>	miR-12-31979-3p	12	-121	89	23
<i>ESR2</i>	miR-17-38870-3p	41	-117	92	22
<i>FAAH</i>	miR-5-15548-3p	19	-129	92	23
<i>FGF19</i>	miR-12-31701-3p	151	-115	90	22
	miR-11-28201-3p	163	-127	88	24
	miR-13-32816-5p	298	-115	90	22
<i>H6PD</i>	miR-6-16847-3p	58	-121	92	22
<i>HMGAI</i>	miR-22-46516-3p	350	-117	92	21
<i>HMOX1</i>	miR-16-22443-3p	75	-113	95	20

Continuation of table 1

Gene	miRNA	Position, nt	ΔG , kJ/mole	$\Delta G/\Delta G_m$, %	Length, nt
<i>HNF4A</i>	miR-9-26042-5p	53	-125	92	22
<i>HSD11B1</i>	miR-9-26506-3p	24	-115	93	22
<i>HTR2A</i>	miR-1-2136-3p	600	-104	91	21
<i>HTR2C</i>	miR-4-10151-3p	424	-119	90	22
<i>ICAM1</i>	miR-1-1109-3p	106	-117	89	23
<i>IGFBP2</i>	miR-17-39570-5p	65	-123	91	22
	miR-19-34424-3p	84	-113	95	20
	miR-8-22971-3p	86	-117	92	21
<i>IL6R</i>	miR-19-30988-5p	329	-129	90	23
	miR-10-13751-3p	336	-121	92	21
	miR-7-15849-3p	341	-110	96	18
<i>INPPL1</i>	miR-3-7790-3p	96	-121	93	21
<i>INSIG1</i>	miR-4-11181-3p	5	-115	93	20
	miR-11-14307-3p	53	-115	92	21
<i>MMP2</i>	miR-2-6328-5p	264	-117	89	23
<i>MTMR9</i>	miR-18-41332-3p	281	-125	91	23
	miR-2-6530-5p	288	-119	92	22
	miR-2-5888-3p	290	-125	91	23
<i>NEDD4L</i>	miR-5-12460-5p	56	-129	90	24
<i>NOS3</i>	miR-3-8846-5p	200	-123	88	24
<i>NPY2R</i>	miR-7-20689-3p	903	-96	92	20
<i>PDK4</i>	miR-11-12657-3p	47	-108	91	21
	miR-19-34424-3p	216	-110	93	20
<i>PLTP</i>	miR-17-12804-3p	108	-113	93	20
<i>PTEN</i>	miR-20-43459-5p	75	-115	92	20
	miR-5-15564-3p	486	-125	91	22
	miR-17-41310-3p	708	-110	96	18
	miR-3-9461-3p	790	-121	89	23
<i>SCAP</i>	miR-12-30825-5p	22	-115	92	22
	miR-12-31721-3p	23	-108	91	21
<i>SERPINE1</i>	miR-16-38458-3p	30	-123	88	24
<i>SH2B1</i>	miR-11-23098-5p	225	-110	91	21
<i>STEAP4</i>	miR-14-33186-5p	49	-129	88	24
<i>TGFB1</i>	miR-20-43381-5p	1	-121	92	21
	miR-5-8853-5p	6	-115	92	20
	miR-9-13610-3p	6	-121	92	21
	miR-12-30416-5p	186	-117	92	22
	miR-10-13655-3p	209	-129	95	22
	miR-11-29785-3p	232	-108	91	21
	miR-11-29785-5p	232	-108	91	21
	miR-9-26506-3p	237	-113	91	22
miR-17-38733-3p	241	-119	89	24	
<i>TPM1</i>	miR-19-8151-3p	168	-117	92	21

Continuation of table 1

Gene	miRNA	Position, nt	ΔG , kJ/mole	$\Delta G/\Delta G_m$, %	Length, nt
<i>TRIB1</i>	miR-2-3313-3p	233	-142	89	25
	miR-17-40348-5p	239	-127	94	23
	miR-1-155-3p	245	-127	92	22
	miR-2-7252-3p	303	-123	88	24
	miR-4-7472-5p	360	-110	91	21

Binding sites for five miRNAs were identified in mRNA of *MMP2* gene in the region from 110 nt to 125 nt, the miRNAs lengths without sites overlapping would be 114 nt.

Four binding sites in the mRNA of *TGFBI* gene formed a 33 nt long cluster from 232 nt to 265 nt, without overlapping miRNAs lengths would be equal to 88 nt.

mRNAs of *MTMR9* and *TRIB1* genes had three miRNA binding sites formed in the cluster. Four miRNA binding sites were found in mRNAs of *PTEN* and *TGFBI* genes in the cluster from 531 to 558 nt and from 232 to 265, respectively. In the mRNA of *PNPLA3* gene, binding sites of miR-X-13195-3p, miR-1-265-3p, miR-19-33623-3p, miR-17-41168-3p, and miR-1-1714-3p are located in a

cluster from 148 nt to 172 nt, the total length of the miRNAs is 109 nt.

The average free energy of miRNAs binding with all target mRNAs in 5'UTR was equal to $-122,4 \pm -10,5$ kJ/mole. There were 69 associations of miRNAs with mRNAs having a free energy of binding of more than -120 kJ/mole.

The following miRNAs and gene pairs were established as effective associations: miR-2-3313-3p and *TRIB1*, miR-2-3313-3p and *SCAP*, miR-1-2121-3p and *SCAP*, miR-19-21199-3p and *SCAP*, miR-1-2121-3p and *ADRA2A*, miR-19-21199-3p and *ADRA2A* with free interaction energy of -140 kJ/mole and more.

Of the 66 miRNAs target genes in CDS, their mRNA was associated with 133 miRNAs (Table 2).

Table 2 – Characteristics of miRNAs interaction in the CDS of mRNA of metabolic syndrome candidate gene

Gene	miRNA	Position, nt	ΔG , kJ/mole	$\Delta G/\Delta G_m$, %	Length, nt
<i>ABCA1</i>	miR-11-21109-3p	6416	-110	90	23
<i>ACE</i>	miR-10-27065-3p	60	-117	93	21
	miR-11-28656-5p	62	-125	89	23
	miR-2-3313-3p	63	-138	87	25
	miR-3-8100-5p	64	-132	90	24
<i>ACVR1C</i>	miR-17-39672-3p	278	-113	91	21
<i>ADIPOR1</i>	miR-6-16717-3p	1092	-121	93	22
<i>ADRA1A</i>	miR-17-34996-5p	1761	-113	91	23
<i>ADRA2A</i>	miR-7-20411-3p	1064	-123	91	23
	miR-X-44737-3p	1526	-123	89	24
	miR-19-43342-3p	1535	-119	90	22
	miR-5-15733-3p	1536	-132	89	24
	miR-16-38088-5p	1842	-123	89	23
	miR-13-32613-3p	2006	-125	88	24
	miR-19-43736-3p	2049	-119	90	22
<i>ADRA2B</i>	miR-15-36451-5p	455	-121	89	23
	miR-22-44023-3p	465	-121	92	21
	miR-12-32603-3p	882	-115	92	23
	miR-19-43065-3p	889	-113	90	22

Gene	miRNA	Position, nt	ΔG , kJ/mole	$\Delta G/\Delta G_m$, %	Length, nt
<i>ADRB3</i>	miR-21-45808-3p	1138	-115	95	20
	miR-2-4736-5p	1306	-121	92	21
	miR-1-654-3p	1312	-115	92	20
	miR-5-8853-5p	1312	-115	92	20
<i>AGTR1</i>	miR-6-3109-5p	102	-117	92	22
<i>ALDH2</i>	miR-1-3575-5p	1559	-119	89	23
<i>ANGPTL4</i>	miR-19-43315-5p(2)	258÷259	-121÷-134	90÷100	23
	miR-9-26025-3p	567	-113	90	22
<i>ANGPTL6</i>	miR-19-43342-3p	433	-121	92	22
	miR-7-20142-5p	526	-119	89	23
	miR-19-42224-5p	535	-117	95	21
	miR-6-18047-5p	599	-100	94	19
	miR-16-37839-3p	855	-117	90	23
<i>APOA1</i>	miR-10-13655-3p	841	-123	91	22
<i>APOB</i>	miR-13-36375-5p	179	-119	90	23
	miR-19-25731-3p	2054	-93	92	20
	miR-19-25731-5p	2054	-93	92	20
<i>APOE</i>	miR-X-45440-5p	643	-121	95	22
	miR-9-23547-5p	766	-115	93	20
	miR-9-24355-5p	768	-115	93	20
<i>AR</i>	miR-10-26714-5p	1363	-127	94	24
	miR-17-35260-3p	1517	-115	90	22
	miR-17-40389-5p	1744	-113	95	20
	miR-5-15733-3p	2514	-134	90	24
	miR-1-1819-3p(2)	2515÷2518	-123÷-125	89÷91	23
<i>BTN2A1</i>	miR-10-26815-5p	280	-121	88	24
<i>CAPN10</i>	miR-22-45441-3p	474	-115	89	23
	miR-2-5634-5p	1114	-104	89	24
<i>CDH13</i>	miR-2-7128-3p	1089	-102	89	23
<i>CEBPA</i>	miR-19-28028-5p	233	-132	89	24
	miR-21-23994-3p	236	-113	91	21
	miR-20-40417-3p	777	-113	96	19
	miR-22-16963-5p	782	-127	91	22
	miR-6-16525-3p	885	-119	89	23
<i>CLOCK</i>	miR-3-11123-5p	1181	-98	90	22
<i>CUL7</i>	miR-11-1939-5p	124	-115	92	20
	miR-19-42999-3p	832	-110	90	22
	miR-22-45904-3p	3313	-115	92	22
	miR-17-38391-3p	4439	-119	93	23
	miR-13-35476-3p	4443	-117	90	22
	miR-9-25099-3p	4444	-115	90	22
<i>CYP46A1</i>	miR-1-527-3p	1469	-106	93	20
<i>DYRK1B</i>	miR-5-15058-5p	1562	-113	93	20
	miR-9-25558-3p	1810	-125	88	24

Continuation of table 2

Gene	miRNA	Position, nt	ΔG , kJ/mole	$\Delta G/\Delta G_m$, %	Length, nt
<i>ENPPI</i>	miR-X-44972-5p	32	-119	93	20
<i>EPO</i>	miR-3-8171-3p	741	-110	93	22
<i>ESR1</i>	miR-5-4100-5p	409	-106	91	22
	miR-4-5310-3p	1852	-115	90	23
<i>FAAH</i>	miR-17-38856-3p	108	-115	93	20
	miR-15-36321-3p	901	-115	90	22
<i>FADS2</i>	miR-16-33426-5p	1447	-110	90	22
<i>FGF23</i>	miR-2-7679-5p	301	-102	91	22
<i>GCKR</i>	miR-10-26109-5p	820	-119	92	22
<i>GPX1</i>	miR-5-15733-3p	98	-134	90	24
	miR-5-16634-3p	338	-121	90	22
<i>H6PD</i>	miR-4-12982-5p	519	-110	91	21
	miR-7-20135-3p	1080	-110	90	22
<i>HMGA1</i>	miR-19-43704-3p	550	-115	90	23
<i>HNF1A</i>	miR-4-12346-5p	1463	-108	89	23
	miR-8-24124-3p	1825	-113	90	22
<i>HP</i>	miR-1-3943-5p	1178	-98	92	20
<i>IGFBP2</i>	miR-15-39164-3p	214	-121	97	20
<i>IL6R</i>	miR-2-4533-3p	483	-125	89	23
<i>INPPL1</i>	miR-5-14202-5p	161	-123	91	22
	miR-20-42676-3p	161	-127	91	23
	miR-22-45334-5p	169	-123	92	23
	miR-10-26505-5p	1162	-119	89	23
<i>INS</i>	miR-16-38416-3p	402	-115	90	22
<i>INSIG1</i>	miR-8-23775-5p	339	-117	95	21
	miR-14-14807-5p	414	-110	91	21
	miR-11-28905-3p	601	-117	89	23
<i>INSR</i>	miR-4-11316-5p	127	-132	89	24
<i>IRS1</i>	miR-3-7886-3p	412	-127	88	24
	miR-8-23997-5p	1418	-102	94	19
	miR-22-45452-5p	2084	-102	92	20
	miR-10-26714-5p	2085	-121	89	24
	miR-19-37450-3p	3446	-106	93	21
<i>KL</i>	miR-1-3822-3p	539	-121	92	22
	miR-19-41858-5p	2542	-121	89	23
<i>LDLR</i>	miR-10-26537-5p	2452	-108	96	20
<i>LMNA</i>	miR-16-37015-3p	1392	-113	93	20
<i>LRP5</i>	miR-17-38580-3p	148	-115	90	22
	miR-2-2243-3p	2090	-106	91	21
	miR-19-41684-3p	2469	-121	89	24
	miR-1-3919-5p	4788	-121	88	24
	miR-19-38895-3p	4824	-123	89	24
<i>LRP6</i>	miR-7-20135-3p	3421	-110	90	22

Gene	miRNA	Position, nt	ΔG , kJ/mole	$\Delta G/\Delta G_m$, %	Length, nt
<i>MMP2</i>	miR-21-45324-5p	379	-125	91	23
	miR-19-43421-5p	1681	-108	91	21
	miR-17-39037-3p	1691	-113	90	22
<i>MMP9</i>	miR-17-38947-5p(2)	219÷220	-113	90	22
	miR-16-34158-5p	698	-113	93	22
<i>MTRR</i>	miR-12-31626-5p	1751	-108	89	23
<i>NEDD4L</i>	miR-5-14114-5p	853	-123	89	23
	miR-3-9322-5p	2585	-102	91	21
<i>NOS3</i>	miR-15-38767-3p	2946	-123	89	24
	miR-X-45814-5p	3073	-117	89	24
	miR-19-43338-3p	3599	-117	90	22
<i>PNPLA3</i>	miR-22-46211-3p	918	-106	93	22
<i>PRDM16</i>	miR-4-11714-5p	2235	-110	96	20
	miR-11-27530-5p	2876	-119	89	23
	miR-11-29785-3p	3424	-108	91	21
	miR-11-29785-5p	3424	-108	91	21
<i>RLN3</i>	miR-16-33426-5p	46	-110	90	22
	miR-17-39466-3p	55	-110	90	22
	miR-3-7740-5p	304	-113	96	20
<i>SCAP</i>	miR-12-17092-3p	2486	-125	91	22
<i>SERPINE1</i>	miR-2-3962-5p	542	-125	88	24
<i>SH2B1</i>	miR-5-15578-5p	2148	-119	89	23
	miR-4-13219-5p	2834	-106	91	22
	miR-1-1109-3p	2898	-117	89	23
<i>SIRT1</i>	miR-5-13181-3p	232	-123	89	24
	miR-9-25099-3p	435	-115	90	22
<i>SREBF2</i>	miR-1-2002-3p	564	-121	90	22
<i>TNF</i>	miR-20-42898-3p	230	-121	92	23
	miR-20-42898-5p	230	-121	92	23
<i>TPM1</i>	miR-15-35627-5p(2)	332÷333	-117÷-123	95÷100	22
<i>TRIB1</i>	miR-8-24549-5p	756	-127	90	24
<i>UCP3</i>	miR-19-42357-3p	406	-115	89	23
<i>VEGFA</i>	miR-9-26506-3p	775	-113	91	22
	miR-8-21883-3p	887	-123	88	24

mRNA of *AR* gene contained 21 miRNA binding sites for miR-9-20317-3p and miR-17-39416-3p, whose nucleotide sequences are overlapped.

miR-10-27065-3p, miR-11-28656-5p, miR-2-3313-3p, miR-3-8100-5p binding sites were identified in a cluster in the region from 60 to 88 nt of mRNA of *ACE* gene, the total length of the miRNAs is 93 nt.

The 22 miRNA binding sites in mRNA of *CEBPA* gene formed a cluster with a length of 35

nt, which, without overlapping of sites, would be 308 nt.

18 binding sites for 11 miRNAs were identified in mRNA of *IGFBP2* gene in the region from 139 nt to 177 nt.

There is a 45 nt in length cluster in mRNA of *KL* gene formed by 14 binding sites of 11 miRNAs with a total length of 279 nt, therefore such a compact site arrangement is necessary to reduce the proportion of binding sites.

Six binding sites in mRNA of *SIRT1* gene formed a 60 nt long cluster from 264 nt to 324 nt, without overlapping miRNAs lengths is equal to 142 nt. mRNAs of *CUL7* and *INPPL1* genes contained 3 binding sites of miRNAs, forming a cluster.

The average free energy of binding of miRNAs with all mRNAs in CDS is equal to -118 ± 9 kJ/mole. There are 120 associations of miRNAs with mRNAs that have a free energy of binding of more than -120 kJ/mole.

50 target genes were associated with 82 miRNAs in 3'UTR (Table 3).

Five miRNAs had binding sites in mRNA of *CD36* gene, forming a cluster with a length of 40 nt.

The total length of these miRNAs was 115 nt, which is almost 50% of the 275-nt CDS length. mRNA of *IGF1* gene contains nine miRNA-binding sites for miR-3-5147-5p and miR-101-27078-5p, which nucleotide sequences completely coincided, with a cluster length of 39 nt. mRNA of *JAK2* gene bound with miR-10-29282-3p (ten binding sites) and miR-15-36862-3p (nine binding sites) and the formed clusters coincide.

mRNAs of *CD36*, *IGF1* and *JAK2* genes contained 15, 18 and 19 binding sites, respectively, which miRNA nucleotide sequences overlapped. Four miRNA binding sites formed a cluster with a length of 67 nt from 7321 nt to 7388 nt in mRNA of *IRS1* gene.

Table 3 – Characteristics of miRNAs interaction in 3'UTR of mRNA of metabolic syndrome candidate gene

Gene	miRNA	Position, nt	ΔG , kJ/mole	$\Delta G/\Delta G_m$, %	Length, nt
<i>ACE</i>	miR-13-28252-3p	4068	-117	90	22
	miR-1-2030-3p	4657	-110	90	22
	miR-X-46577-3p	4792	-106	91	21
<i>ADIPOQ</i>	miR-17-39935-3p	1651	-104	91	21
<i>ADRA1A</i>	miR-6-19858-3p	1975	-108	91	22
<i>ADRB3</i>	miR-10-26254-3p	2347	-121	88	24
	miR-6-17487-3p	2442	-115	92	23
	miR-10-29282-3p	2456	-108	93	23
	miR-15-36862-3p	2456	-113	93	23
	miR-15-36862-3p	2462	-113	93	23
<i>AGTR2</i>	miR-16-40163-5p	2307	-121	90	23
<i>AHII</i>	miR-22-45902-3p	4645	-113	93	22
	miR-9-21385-3p	5491	-96	90	22
<i>AKT1</i>	miR-10-27065-3p	2864	-117	93	21
	miR-12-5800-5p	2866	-113	93	20
	miR-13-36375-5p	2875	-119	90	23
<i>ANGPT2</i>	miR-7-21133-5p	3064	-121	89	24
	miR-5-18072-3p	3071	-102	91	22
<i>AR</i>	miR-3-10752-3p	4096	-108	89	23
<i>CD36</i>	miR-12-31413-3p	3526	-104	89	23
	miR-15-36862-3p(5)	3529÷3539	-108	89	23
	miR-10-29282-3p(5)	3533÷3539	-104	89	23
	miR-19-42814-5p	3542	-106	91	23
	miR-10-29282-3p	3543	-104	89	23
<i>CEBPA</i>	miR-22-45967-3p	2440	-115	92	22
<i>CYP11B2</i>	miR-17-12514-5p	1982	-104	92	20
<i>CYP46A1</i>	miR-13-33774-5p	1571	-123	88	24

Gene	miRNA	Position, nt	ΔG , kJ/mole	$\Delta G/\Delta G_m$, %	Length, nt
<i>DIO2</i>	miR-11-28228-3p	4777	-96	92	20
	miR-11-27435-3p	6187	-96	90	22
<i>DYRK1B</i>	miR-11-28385-3p	2463	-104	92	20
<i>ENPP1</i>	miR-10-26483-5p	6274	-110	90	22
	miR-2-4804-5p(2)	6751÷6752	-113÷117	90÷93	24
<i>ESR1</i>	miR-8-24024-3p	3339	-121	88	24
<i>FADS2</i>	miR-19-43386-3p	2407	-117	89	23
	miR-1-1412-5p	2712	-117	90	22
	miR-17-39583-3p	2803	-119	89	23
<i>FTO</i>	miR-17-34996-5p	3710	-110	90	23
	miR-2-5355-3p	3906	-115	90	22
<i>GCKR</i>	miR-6-18764-3p	1956	-121	88	24
<i>H6PD</i>	miR-1-318-5p	3669	-115	92	22
	miR-22-45335-5p	5829	-113	90	23
	miR-X-46030-5p	6616	-110	90	22
<i>HMGAI</i>	miR-15-38620-5p	877	-119	90	22
<i>ICAM1</i>	miR-15-36862-3p	2987	-108	89	23
	miR-17-39935-3p	3022	-104	91	21
	miR-10-26483-5p	3025	-110	90	22
<i>IGF1</i>	miR-3-5147-5p(9)	4042÷4058	-100	90	22
	miR-101-27078-5p(9)	4042÷4058	-108	89	23
<i>IGF2BP3</i>	miR-X-48172-3p	4088	-104	91	22
<i>IL10</i>	miR-17-39466-3p	1200	-110	90	22
<i>IL6R</i>	miR-14-35161-5p	3063	-119	90	24
<i>INPPL1</i>	miR-17-40267-5p	4336	-125	88	24
	miR-10-28609-3p	4512	-104	91	22
<i>INSR</i>	miR-19-42303-3p	5363	-117	90	23
	miR-12-30825-5p	5366	-115	92	22
	miR-12-31721-3p	5367	-115	96	21
<i>IRS1</i>	miR-10-29282-3p(2)	7402÷7404	-104	89	23
	miR-10-29282-3p	7425	-104	89	23
<i>JAK2</i>	miR-10-29282-3p(10)	5184÷5202	-104÷108	89÷91	23
	miR-15-36862-3p(9)	5184÷5200	-108	89	23
<i>LCN2</i>	miR-22-23987-3p	682	-123	94	21
<i>LDLR</i>	miR-17-39466-3p	3887	-110	90	22
	miR-8-11096-5p	3890	-113	90	22
	miR-X-45975-5p	4004	-96	92	22
	miR-4-12245-3p(2)	4559÷4560	-110	90	22
	miR-2-4826-5p(2)	4607÷4608	-113÷115	90÷92	23
	miR-7-20771-3p	4974	-89	91	21
<i>LEP</i>	miR-8-11096-5p	3087	-113	90	22
	miR-17-35758-5p	3092	-113	90	22

Continuation of table 3

Gene	miRNA	Position, nt	ΔG , kJ/mole	$\Delta G/\Delta G_m$, %	Length, nt
<i>LMNA</i>	miR-18-41332-3p	2808	-123	89	23
	miR-11-28484-5p	2820	-117	90	22
	miR-19-42375-3p	3033	-113	93	21
<i>LPIN1</i>	miR-17-40078-3p	4485	-113	88	24
<i>LTA</i>	miR-16-9117-3p	1258	-98	92	21
<i>MTHFR</i>	miR-9-24450-5p	3350	-117	89	24
	miR-10-11641-3p	6281	-119	89	23
	miR-X-44909-3p	6342	-108	91	22
	miR-2-4684-5p	6844	-117	93	22
	miR-22-45902-3p	7051	-113	93	22
<i>MTMR9</i>	miR-17-8001-3p	4094	-110	90	23
	miR-X-45975-5p	6064	-96	92	22
	miR-2-4826-5p(2)	6186÷6187	-113	90	23
<i>MTTP</i>	miR-19-42953-5p	3438	-113	91	22
<i>NPY2R</i>	miR-3-9607-3p	2968	-96	90	22
<i>OLRI</i>	miR-3-5147-5p(2)	1504÷1506	-100	90	22
	miR-101-27078-5p(2)	1504÷1506	-108	89	23
<i>PRDM16</i>	miR-19-43175-3p	4675	-113	91	21
	miR-22-44124-5p	4961	-115	89	23
	miR-8-23404-5p	5193	-125	88	24
	miR-X-38664-5p	5199	-110	93	22
<i>PYY</i>	miR-1-252-5p	489	-106	91	21
<i>SH2B1</i>	miR-16-40163-5p	4530	-119	89	23
<i>SLC22A12</i>	miR-7-17280-5p	2874	-119	90	22
<i>SREBF2</i>	miR-17-38738-5p	4196	-117	90	22
	miR-1-2142-3p	4206	-123	92	23
<i>STEAP4</i>	miR-17-34996-5p	3201	-113	91	23
<i>TGFB1</i>	miR-9-13610-3p	2060	-123	94	21
	miR-17-12804-3p	2062	-113	93	20
	miR-8-24549-5p	2066	-125	88	24
	miR-15-38620-5p	2089	-119	90	22
	mir-1-2121-3p	2093	-140	89	25
<i>TRIB3</i>	miR-4-5601-5p	1228	-117	90	22
	miR-16-37914-3p	1540	-121	88	25

Five miRNAs binding sites were found in mRNA of *TGFB1* gene, from 2060 nt to 2118 nt, forming a cluster with a length of 58 nt, considering a total length of miRNAs sequences is 112. nt

mRNAs of *AKT1* and *TGFB1* genes had three miRNA binding sites formed into clusters, and the mRNA of *ADRB3* gene contains the binding sites of 4 miRNAs from 2442 to 2485 forming the 43 nt

length cluster while a total length of the miRNAs sequences is 92 nt.

The average free energy of binding of miRNAs with all mRNAs in 3'UTR was -111 nt. 15 associations of miRNAs and mRNAs were found with a free binding energy of more than -120 kJ/mole.

Among 109 genes participating in the development of MS, 41 genes were associated with

70 miRNAs in 5'UTR, 66 genes with 133 miRNAs in CDS, and 50 genes with 82 miRNAs in 3'UTR.

Consequently, almost half of the miRNAs are bound at the beginning of the nucleotide sequence of mRNA (in the 5'UTR), which makes it possible to stop protein synthesis before the translation stage. This allows you to save energy resources of the cell, since stopping protein synthesis at the late stage of translation may result in the termination of protein synthesis with the formation of defective polypeptides. Binding of miRNA to mRNA at the beginning of the CDS will also help save energy resources. Therefore, the majority of miRNA binding sites in the mRNA of candidate MS genes are located in the CDS immediately after 5'UTR. In addition to the preferential localization of miRNA binding sites at the beginning of mRNA, the free energy of miRNA interaction with mRNA plays an important role in the process of regulating gene expression. As a rule, the free energy of the interaction of miRNA with mRNA for binding sites located in 5'UTR is greater than for binding sites located in CDS. And the free energy of miRNA interaction with mRNA for binding sites in CDS is greater than for binding sites located in 3'UTR.

Of them, 27 genes that bound to only one miRNA were located in 5'UTR region, 33 genes in CDS, and 23 genes in 3'UTR. The remaining mRNAs of genes involved in the development of MS were associated with two or more miRNAs. Thus, 14 genes had miRNA binding sites in 5'UTR, 33 genes in CDS, and 27 in 3'UTR. Consequently, most of miRNA-mRNA associations are located in CDS. mRNAs of following genes interacted with miRNAs with the highest value of free binding energy: *SCAP* gene (ten miRNAs) in 5'UTR, *CEBPA* gene in CDS (seven miRNAs), and *TGFB1* gene in 3'UTR (one miRNA). The binding sites located in 5'UTR and

CDS had the strongest interaction. Only *H6PD*, *HMGAI*, *IL6R* and *INPPL1* genes had binding sites in 5'UTR, CDS and 3'UTR. The presence of many binding sites for several miRNAs in mRNA genes indicates a strong dependence of their expression on miRNA.

Identified in the mRNA of some genes, the binding sites of two or more miRNAs, with overlapping nucleotide sequences, lead to competition between these miRNAs for binding to mRNA. The overlap of nucleotide sequences of binding sites reduces their share in the total length of mRNA.

Conclusion

It was established that the genes responsible for the development of metabolic syndrome are regulated by miRNAs. So *ADRA2A*, *PTEN*, *SCAP* and *TGFB1* genes are regulated by binding of 12, 9, 15 and 8 miRNAs to 5'UTR with the highest binding energy is equal to -144 kJ/mole, -132 kJ/mole, -151 kJ/mole and -129 kJ/mole, respectively. *APRA2A*, *AR*, *CEBPA*, *IGFBP2*, *KL* and *SIRT1* genes are regulated by 7, 7, 19, 11, 13 and 6 miRNAs binding to CDS with the highest binding energy being -132 kJ/mole, -134 kJ/mole, -142 kJ/mole, -140 kJ/mole, -142 kJ/mole and -138 kJ/mole, respectively. *ADRA2A*, *SCAP*, *AR*, *CEBPA*, *IGFBP2*, *KL*, and *SIRT1* genes had multiple binding sites of miRNAs, forming clusters. Thus, these genes can be used as potential markers for the diagnosis of the metabolic syndrome.

Conflicts of Interest: The authors declare no conflict of interest.

Funding: This research was funded by the Ministry of Education and Science of the Republic of Kazakhstan, grant number №AP05132460.

References

- 1 Lupton SJ., Chiu CL., Lind JM. A hypertension gene: are we there yet? // *Twin Res Hum Genet.* -2011. – Vol. 14, No.4. – P.295-304. doi: 10.1375/twin.14.4.295.
- 2 Stančáková A., Laakso M. Genetics of metabolic syndrome // *Rev Endocr Metab Disord.* – 2014. – Vol. 15, No.4. – P.243-252. doi: 10.1007/s11154-014-9293-9.
- 3 Aleksandrova K., Boeing H., Jenab M., et al. Metabolic syndrome and risks of colon and rectal cancer: the European prospective investigation into cancer and nutrition study // *Cancer Prev. Res.* – 2011. – Vol. 4. – P. 1873–1883.
- 4 Ambler SK., Brown RD. Genetic determinants of blood pressure regulation // *J Cardiovasc Nurs.* – 1999. – Vol. 13, No.4. – P.59-77.
- 5 Bochud M., Bovet P., Burnier M., Eap CB. CYP3A5 and ABCB1 genes and hypertension // *Pharmacogenomics.* – 2009. – Vol. 10, No.3. – P.477-487. doi: 10.2217/14622416.10.3.477.

- 6 Gatti RR., Santos PS., Sena AA., Marangoni K., Araújo MA., Goulart LR. The interaction of AGT and NOS3 gene polymorphisms with conventional risk factors increases predisposition to hypertension // *J Renin Angiotensin Aldosterone Syst.* – 2013. – Vol. 14, No.4. – P.360-368. doi: 10.1177/1470320312452027.
- 7 Chen K., Fu C., Chen C., et al Role of GRK4 in the regulation of arterial AT1 receptor in hypertension // *Hypertension.* – 2014. – Vol. 63, No.2. – P.289-296. doi: 10.1161/HYPERTENSIONAHA.113.01766.
- 8 Vargas T., Moreno-Rubio J., Herranz J. Genes associated with metabolic syndrome predict disease-free survival in stage II colorectal cancer patients. A novel link between metabolic dysregulation and colorectal cancer // *Mol Oncol.* – 2014. – Vol. 8, No.8. – P.1469-1481. doi: 10.1016/j.molonc.2014.05.015.
- 9 Hagiwara S., Kantharidis P., Cooper ME. MicroRNA as biomarkers and regulator of cardiovascular development and disease // *Curr Pharm Des.* – 2014. – Vol. 20, No.14. – P.2347-2370.
- 10 Yuan LQ., de Jesus Perez V., Liao XB., Król M., Yeh CH. MicroRNA and Cardiovascular Disease 2016 // *Biomed Res Int.* – 2017. – Vol. 2017. – P.3780513. doi: 10.1155/2015/734380.
- 11 Bátkai S., Thum T. MicroRNAs in hypertension: mechanisms and therapeutic targets // *Curr Hypertens Rep.* – 2012. – Vol. 14, No.1. – P.79-87. doi: 10.1007/s11906-011-0235-6.
- 12 Zhongguo Zhong Yao Za Zhi. MicroRNA and hypertension // *Article in Chinese.* – 2014. – Vol. 39, No.3. – P.397-401;
- 13 Meloche J., Paulin R., Provencher S., Bonnet S. Therapeutic Potential of microRNA Modulation in Pulmonary Arterial Hypertension // *Curr Vasc Pharmacol.* – 2015. – Vol. 13, No.3. – P.331-340.
- 14 Zhou G., Chen T., Raj JU. MicroRNAs in pulmonary arterial hypertension // *Am J Respir Cell Mol Biol.* – 2015. – Vol. – 52, No.2. – P.139-151. doi: 10.1165/rcmb.2014-0166TR.
- 15 Synetos A., Toutouzas K., Stathogiannis K., Latsios G., Tsiamis E., Tousoulis D., Stefanadis C. MicroRNAs in arterial hypertension // *Curr Top Med Chem.* – 2013. – Vol. 13, No.13. – P.1527-1532.
- 16 Boucherat O., Potus F., Bonnet S. microRNA and Pulmonary Hypertension // *Adv Exp Med Biol.* – 2015. – Vol. 888. – P.237-252. doi: 10.1007/978-3-319-22671-2_12.
- 17 Bienertova-Vasku J., Novak J., Vasku A. MicroRNAs in pulmonary arterial hypertension: pathogenesis, diagnosis and treatment // *J Am Soc Hypertens.* – 2015. – Vol. 9, No.3. – P.221-234. doi: 10.1016/j.jash.2014.12.011.
- 18 Lee A., McLean D., Choi J., Kang H., Chang W., Kim J. Therapeutic implications of microRNAs in pulmonary arterial hypertension // *BMB Rep.* – 2014. – Vol. 47, No.6. – P.311-317.
- 19 Karolina DS., Tavintharan S., Armugam A., et al Circulating miRNA profiles in patients with metabolic syndrome // *J Clin Endocrinol Metab.* – 2012. – Vol. 97, No.12 – P.2271-2276. doi: 10.1210/jc.2012-1996.
- 20 Price NL., Ramírez CM., Fernández-Hernando C. Relevance of microRNA in metabolic diseases // *Crit Rev Clin Lab Sci.* – 2014. – Vol. 51, No.6. – P.305-320. doi: 10.3109/10408363.2014.937522.
- 21 Ramírez CM., Goedeke L., Fernández-Hernando C. “Micromanaging” metabolic syndrome // *Cell Cycle.* – 2011. – Vol. 10, No.19. – P.3249-3252. doi: 10.4161/cc.10.19.17558.
- 22 Londin E., Lohera P., Telonisa A.G., Quanna K. et al. Analysis of 13 cell types reveals evidence for the expression of numerous novel primate and tissue-specific microRNAs // *PNAS USA.* – 2015. – Vol. 112. – P.1106-1115. doi: 10.1073/pnas.1420955112.
- 23 Ivashchenko A.T., Pyrkova A.Y., Niyazova R.Y., Alybayeva A., Baskakov K. Prediction of miRNA binding sites in mRNA // *Bioinformatics.* – 2016. – Vol.12. – P.237-240.
- 24 Kool E.T. Hydrogen bonding, base stacking, and steric effects in DNA replication // *Annual Review of Biophysics and Biomolecular Structure.* – 2001. – Vol.30. P.1–22. doi:10.1146/annurev.biophys.30.1.1.
- 25 Leontis N.B., Stombaugh J., Westhof E. The non-Watson- Crick base pairs and their associated isostericity matrices // *Nucleic Acids Research.* – 2002. – Vol.30. P.3497–3531.

References

- 1 Aleksandrova K., Boeing H., Jenab M., et al. (2011) Metabolic syndrome and risks of colon and rectal cancer: the European prospective investigation into cancer and nutrition study. *Cancer Prev. Res.*, vol. 4, p. 1873–1883.
- 2 Ambler SK., Brown RD. (1999) Genetic determinants of blood pressure regulation. *J Cardiovasc Nurs.*, vol. 13(4), p.59-77.
- 3 Bátkai S., Thum T. (2012) MicroRNAs in hypertension: mechanisms and therapeutic targets. *Curr Hypertens Rep.*, vol. 14(1), p.79-87. doi: 10.1007/s11906-011-0235-6.
- 4 Bienertova-Vasku J., Novak J., Vasku A. (2015) MicroRNAs in pulmonary arterial hypertension: pathogenesis, diagnosis and treatment. *J Am Soc Hypertens.*, vol. 9(3), p.221-234. doi: 10.1016/j.jash.2014.12.011.
- 5 Bochud M., Bovet P., Burnier M., Eap CB. CYP3A5 and ABCB1 genes and hypertension (2009) *Pharmacogenomics*, vol. 10(3), p.477-487. doi: 10.2217/14622416.10.3.477.
- 6 Boucherat O., Potus F., Bonnet S. (2015) microRNA and Pulmonary Hypertension. *Adv Exp Med Biol.*, vol. 888, p.237-252. doi: 10.1007/978-3-319-22671-2_12.
- 7 Chen K., Fu C., Chen C., et al. (2014) Role of GRK4 in the regulation of arterial AT1 receptor in hypertension *Hypertension*, vol. 63(2), p.289-296. doi: 10.1161/HYPERTENSIONAHA.113.01766.
- 8 Gatti RR., Santos PS., Sena AA., Marangoni K., Araújo MA., Goulart LR. (2013) The interaction of AGT and NOS3 gene polymorphisms with conventional risk factors increases predisposition to hypertension. *J Renin Angiotensin Aldosterone Syst.*, vol. 14(4), p.360-368. doi: 10.1177/1470320312452027.
- 9 Hagiwara S., Kantharidis P., Cooper ME. (2014) MicroRNA as biomarkers and regulator of cardiovascular development and disease. *Curr Pharm Des.*, vol. 20(14), p.2347-2370.

- 10 Ivashchenko A.T., Pyrkova A.Y., Niyazova R.Y., Alybayeva A., Baskakov K. (2016) Prediction of miRNA binding sites in mRNA. *Bioinformation.*, vol.12, p.237-240.
- 11 Karolina DS., Tavintharan S., Armugam A., et al (2012) Circulating miRNA profiles in patients with metabolic syndrome. *J Clin Endocrinol Metab.*, vol. 97(12), p.2271-2276. doi: 10.1210/jc.2012-1996.
- 12 Kool E.T. (2001) Hydrogen bonding, base stacking, and steric effects in DNA replication. *Annual Review of Biophysics and Biomolecular Structure.*, vol.30, p.1–22. doi:10.1146/annurev.biophys.30.1.1.
- 13 Lee A., McLean D., Choi J., Kang H., Chang W., Kim J. (2014) Therapeutic implications of microRNAs in pulmonary arterial hypertension. *BMB Rep.*, vol. 47(6), p.311-317.
- 14 Leontis N.B., Stombaugh J., Westhof E. (2002) The non-Watson-Crick base pairs and their associated isostericity matrices. *Nucleic Acids Research.*, vol.30, p.3497–3531.
- 15 Londin E., Lohera P., Telonisa A.G., Quanna K. et al. (2015) Analysis of 13 cell types reveals evidence for the expression of numerous novel primate and tissue-specific microRNAs. *PNAS USA.*, vol.112, p.1106-1115. doi: 10.1073/pnas.1420955112.
- 16 Lupton SJ., Chiu CL., Lind JM. (2011) A hypertension gene: are we there yet? *Twin Res Hum Genet.*, vol. 14(4), p.295-304. doi: 10.1375/twin.14.4.295.
- 17 Meloche J., Paulin R., Provencher S., Bonnet S. (2015) Therapeutic Potential of microRNA Modulation in Pulmonary Arterial Hypertension. *Curr Vasc Pharmacol.*, vol. 13(3), p.331-340.
- 18 Price NL., Ramírez CM., Fernández-Hernando C. (2014) Relevance of microRNA in metabolic diseases. *Crit Rev Clin Lab Sci.*, vol. 51(6), p.305-320. doi: 10.3109/10408363.2014.937522.
- 19 Ramírez CM., Goedeke L., Fernández-Hernando C. (2011) "Micromanaging" metabolic syndrome. *Cell Cycle.*, vol. 10(19), p.3249-3252. doi: 10.4161/cc.10.19.17558.
- 20 Stančáková A., Laakso M. (2014) Genetics of metabolic syndrome. *Rev Endocr Metab Disord.*, vol. 15(4), p.243-252. doi: 10.1007/s11154-014-9293-9.
- 21 Synetos A., Toutouzas K., Stathogiannis K., Latsios G., Tsiamis E., Tousoulis D., Stefanadis C. (2013) MicroRNAs in arterial hypertension. *Curr Top Med Chem.* vol. 13(13), p.1527-1532.
- 22 Vargas T., Moreno-Rubio J., Herranz J. (2014) Genes associated with metabolic syndrome predict disease-free survival in stage II colorectal cancer patients. A novel link between metabolic dysregulation and colorectal cancer. *Mol Oncol.*, vol. 8(8), p.1469-1481. doi: 10.1016/j.molonc.2014.05.015.
- 23 Yuan LQ., de Jesus Perez V., Liao XB., Król M., Yeh CH. (2017) MicroRNA and Cardiovascular Disease 2016. *Biomed Res Int.*, vol. 2017, p.3780513. doi: 10.1155/2015/734380.
- 24 Zhongguo Zhong Yao Za Zhi. (2014) MicroRNA and hypertension. Article in Chinese, vol. 39(3), p.397-401;
- 25 Zhou G., Chen T., Raj JU. (2015) MicroRNAs in pulmonary arterial hypertension. *Am J Respir Cell Mol Biol.* vol. – 52(2), p.139-151. doi: 10.1165/rcmb.2014-0166TR.

5-бөлім
ГИДРОБИОЛОГИЯ

Section 5
HYDROBIOLOGY

Раздел 5
ГИДРОБИОЛОГИЯ

Гришаева О.В.¹, Калиева К.Б.², Ерекеева Г.С.³

¹Казахско-русский международный университет, Казахстан, г. Актобе,
e-mail: olga_grishaeva@mail.ru

²ТОО «Актобехимкомбинат Кели», Казахстан, г. Актобе

³Актюбинский региональный государственный университет
им. К. Жубанова, Казахстан, г. Актобе

СОВРЕМЕННЫЙ МАКРОЗООБЕНТОС Р. ИЛЕК С ПРИТОКАМИ НА ТЕРРИТОРИИ АКТЮБИНСКОЙ ОБЛАСТИ КАЗАХСТАНА

Актуальность изучения макрозообентоса аридной реки Илек, протекающей на территории Актюбинской области и являющейся притоком трансграничной р. Урал, обусловлена проблемой сохранения биоразнообразия Казахстана. Цель работы заключалась в исследовании количественных показателей, таксономического состава и структуры макрозообентоса в гидролого-гидрохимических условиях аридной реки Илек с притоками в Актюбинской области Казахстана в период 2015–2017 гг. Ведущие методы исследования включали определение частоты встречаемости таксонов, численности, биомассы и состава макрозообентоса. Были рассчитаны информационные индексы структуры доминирования, разнообразия и выравненности видов. По результатам наблюдений макрозообентос водоемов и рек включал 24 таксона. По численности и биомассе доминировали Chironomidae. Выявлена связь между уровнем биомассы макрозообентоса и минерализацией вод.

Практическая значимость сведений о макрозообентосе р. Илек может быть выражена в использовании для оценки кормовой базы рыб, сапробности, антропогенного влияния, экологического анализа природы Актюбинской области, для комплексного оценивания состояния экосистемы р. Урал.

Изучение современного состояния макрозообентоса р. Илек с притоками на территории Актюбинской области проводилось в рамках гранта МОН РК №5004/ГФ4 «Оценка состояния биоразнообразия ручейников (Trichoptera) водоемов Казахстана» в 2015–2017 гг.

Ключевые слова: макрозообентос, биоразнообразие, структура доминирования, условия обитания, гидрохимический режим.

Grishayeva O.V.¹, Kaliyeva K.B.², Yerekeyeva G.S.³

¹Kazakh-Russian International University, Kazakhstan, Aktobe, e-mail: olga_grishaeva@mail.ru

²LLP «Aktobekhimkombinat Keli», Kazakhstan, Aktobe

³K. Zhubanov Aktobe Regional State University, Kazakhstan, Aktobe

Modern macrozoobenthos of the Ilek river with the tributaries on the territory of Kazakhstan's Aktobe region

The relevance of studying macrozoobenthos of the arid Ilek River, which flows on the territory of Kazakhstan's Aktobe region and is a tributary of the transboundary Ural River, is determined by the importance of the biodiversity conservation problem. The purpose of the work was to research the quantitative indicators, the taxonomic composition and the structure of the macrozoobenthos in the hydrological and hydrochemical conditions of the arid Ilek River with the tributaries in Kazakhstan's Aktubinsk region in the period of 2015–2017. The leading research methods included determining the frequency of occurrence of taxa, the abundance, biomass and the composition of the macrozoobenthos. The information indices of the dominance structure, diversity and the evenness of species were calculated. According to the results of the observations, the macrozoobenthos of water bodies and rivers had 24 taxa. Chiron-

omidae dominated by the abundance and biomass. The relationship between the level of the biomass of macrozoobenthos and the mineralization of water was found.

The practical importance of the information about the macrozoobenthos of the Ilek River can be reflected in its use for the fish food supply assessment, saprobity, anthropogenic influence, ecological analysis of the nature of Aktyubinsk region, for a complex assessment of the Ural River's ecosystem.

The study of the current state of the macrozoobenthos of the Ilek River with the tributaries on the territory of Aktyubinsk region was held in the framework of the grant of the the Ministry of Education and Science of the Republic of Kazakhstan No. 5004/GF4 «Assessment of the biodiversity status of caddisflies (Trichoptera) of Kazakhstan's reservoirs» in 2015-2017.

Key words: macrozoobenthos, biodiversity, dominance structure, habitat conditions, hydrochemical mode.

Гришаева О.В.¹, Калиева К.Б.², Ерекеева Г.С.³

¹Қазақ-орыс Халықаралық университеті, Қазақстан, Ақтөбе қ., e-mail: olga_grishaeva@mail.ru

²ЖШС «Ақтобехимкомбинат Кели», Қазақстан, Ақтөбе қ.

³Қ. Жұбанов атындағы Ақтөбе өңірлік мемлекеттік университеті, Қазақстан, Ақтөбе қ.

Қазақстанның Ақтөбе облысының аумағындағы Елек өзенінің сағасы бар заманауи макрозообентосы

Қазақстанның Ақтөбе облысының аумағында ағып жатқан және Жайық өзенінің трансшекаралық ағыны болып табылатын Елек өзенінің макрозообентосын зерттеудің өзектілігі биоәртүрлілікті сақтау проблемасының маңыздылығына байланысты. Жұмыстың мақсаты 2015-2017 жж. кезеңінде Қазақстанның Ақтөбе облысындағы ағындарымен Елек аридті өзенінің гидролог-гидрохимиялық жағдайларында макрозообентостың сандық көрсеткіштерін, таксономиялық құрамын және құрылымын зерттеу болды. Зерттеудің жетекші әдістері таксондардың жиілігін, санын, биомассасын және макрообентос құрамын анықтауды қамтыды. Үстемдік құрылымының, түрлердің әртүрлілігі мен теңдестігінің ақпараттық индекстері есептелді. Бақылау нәтижелері бойынша аридті су айдындары мен өзендердің макрозообентосы 24 таксонды қамтыды. Саны мен биомассасы бойынша Chironomidae басым болды. Макрозообентос биомассасының деңгейі мен судың минералдануы арасындағы байланыс анықталды.

Елек өз. макрозообентос туралы мәліметтердің практикалық маңыздылығы балықтардың азықтық базасын бағалау, органикалық заттармен ластануы, антропогендік әсер ету, Ақтөбе облысының табиғатын экологиялық талдау үшін, Орал өз. экосистемінің жағдайын кешенді бағалау үшін пайдаланылуы мүмкін.

Ақтөбе облысы аумағындағы Елек өзенінің макрозообентосының қазіргі жай-күйін зерделеу 2015-2017 жж. ҚР БҒМ №5004/ГФ4 «Қазақстан су айдындары бұлақтарының (Trichoptera) биоалуантүрлілігінің жай-күйін бағалау» гранты шеңберінде жүргізілді.

Түйін сөздер: макрозообентос, биоалуантүрлілік, үстемдік құрылымы, мекендеу жағдайлары, гидрохимиялық режим.

Введение

Сохранение биологического разнообразия является глобальной проблемой. В условиях усиливающихся процессов аридизации большинства регионов Казахстана и стран Азии данная проблема имеет наиболее острый характер [1, с. 4]. Одним из направлений в решении таких экологических вопросов является изучение сообществ водных организмов, в том числе макрозообентоса [2, с. 377-378].

Казахстан является концевой территорией для стока многих внутренних бассейнов Центральной Азии. При усилении процессов опустынивания, интенсификации использования водоемов для хозяйственных нужд создается дефицит водных ресурсов. В результате Казахстан

рискует потерять биоразнообразие гидробионтов, обитающих в водоемах и водотоках аридной зоны, что повлечет за собой деградацию экосистем трансграничных водотоков международного значения и приведет к нарушению бассейнового принципа их использования.

Актюбинская область является второй по величине в Казахстане. Она располагается в западной части страны и занимает более 300 тысяч км². Внешние границы области совпадают на севере с Россией, на юге – с Узбекистаном. Наиболее крупные реки региона (Эмба, Орь, Илек (притоки Урала), Иргиз, Тургай) берут начало в горах Мугоджары и относятся к бассейну Каспийского моря. Бессточные реки и пересыхающие в летний период озера характеризуются солоноватыми водами.

В мировой научной литературе хорошо освещены вопросы изучения экологического состояния рек на основе структуры и количественных показателей макрозообентоса [3, с. 165-166], [4, с. 36-37] в связи с условиями среды, в том числе минерализацией вод [5, с. 120], [6, с. 390]. Биоиндикационные свойства макрозообентоса позволяют дать оценку качества воды [7, с. 87], [8, с. 328].

Отдельно рассматриваются особенности формирования донных ценозов в искусственных водоемах, представленных как многочисленными и разнообразными насекомыми [9, с. 564], [10, с. 27-29], так и малощетинковыми червями, и моллюсками [11, с. 315]. Отрывочные сведения о макрозообентосе р. Илек представлены в отчетах Казахского научно-исследовательского института рыбного хозяйства (Казахстан, г. Алматы) по мониторинговым исследованиям рыбохозяйственных водоемов.

В настоящее время биоразнообразие водотоков с высоким уровнем минерализации изучены крайне слабо [12, с. 19], [13, с. 641-642]. Имеющиеся сведения о структуре и составе макрозообентоса р. Иргиз [14, с. 51], [15, с. 79-80], р. Жайык (притока р. Илек) [16, с. 36], [17, с. 8] и других водоемов бассейна р. Урал на территории Казахстана [18, с. 95], [19, с. 95] в условиях аридизации свидетельствуют о недостаточной освещенности данной проблемы в литературе.

Изучение современного макрозообентоса аридных водоемов и рек Актюбинской области представляет интерес как источник дополнительных сведений к комплексным экологическим мониторинговым исследованиям и сохранению биоразнообразия в Казахстане. Исследование состояния макрозообентоса р. Илек, протекающей на территории Казахстана и России, является особенно важным, так как затрагивает экологические интересы обоих государств.

Цель исследования заключалась в изучении количественных показателей, таксономического состава и структуры макрозообентоса аридной реки Илек в Казахстане.

Материалы и методики

Гидробиологические исследования проводились в 2015-2017 гг. на р. Илек и включали также ее притоки (р. Сазды, р. Каргалы) и Актюбинское водохранилище, питающееся речными водами. Всего было отобрано 36 количественных проб макрозообентоса с учетом плотности

распределения организмов на единицу площади дна с помощью дночерпателя Петерсона. Также было собрано 18 качественных проб макрозообентоса без учета плотности распределения организмов с использованием сачка-скребка.

Для получения более полных сведений о таксономическом составе Chironomidae (Diptera) и Trichoptera был сделан отлов имаго насекомых на свет – 13 проб с помощью энтомологического сачка. Весь объем гидробиологического материала был собран с 13 станций (таблица 1). Координаты станций определялись с помощью GPS навигатора GARMIN 64s.

Для сбора гидробиологического материала на Актюбинском водохранилище на глубине более 0,8 м использовался дночерпатель Петерсона с площадью захвата дна 0,025 м². На р. Илек и ее притоках (рр. Каргала, Сазды) с каменистым и заросшим растительностью дном использовался сачок-скребок с сеткой из газового сита с числом отверстий 10 на 10 мм. Сетка натянута на полукруглый металлический каркас диаметром 400 мм, глубина сетки – 700 мм, длина ручки – 1200 мм. При сборе проб дночерпателем и сачком-скребком сделано не менее 2 повторов для каждой станции. Пробы макрозообентоса этикетировались и фиксировались водным раствором формальдегида (10 %).

Для отлова имаго насекомых на всех водоемах применялся энтомологический сачок из газового сита с отверстиями шириной 0,25 мм количеством 24 на 10 мм. Диаметр сачка – 300 мм, глубина сетки – 700 мм, длина ручки – 200 мм. Насекомые выбирались из сачка через каждые 10 взмахов и помещались в пластиковые контейнеры объемом 300 и 500 мл [20], [21], [22].

При отлове насекомых на свет на каждой станции делалось 10 повторов. Пробы этикетировались и фиксировались водным раствором этилового спирта (70 %) для дальнейшей обработки. Таксономический состав макрозообентоса определялся с помощью микроскопов МБС-10 и MS-300 по специальным определителям [23], [24], [4], [21], [25], [26].

В каждой количественной пробе вычислялись численность и биомасса отдельно по таксонам в пересчете на 1 м² дна водоема, с последующим суммированием по группам (Oligochaeta, Chironomidae, Trichoptera, Crustacea). Организмы взвешивались на торсионных (от 0 до 1000 мг) и аптечных весах. Частоту встречаемости рассчитывали как отношение количества проб, в которых присутствовал определенный вид, к общему количеству проб.

Таблица 1 – Объем собранного гидробиологического материала, 2015-2017 гг.

Водный объект	Станция	Координаты	Количество собранных проб								
			2015 г.			2016 г.			2017 г.		
			А	В	С	А	В	С	А	В	С
Актюбинское водохранилище	АВ-1.1	050°11'58,5» N – 057°20'54,7» E	1	1	-	1	1	-	2	1	1
	АВ-1.2	050°13'59,1» N – 057°20'32,4» E	-	-	-	1	1	-	1	1	1
	АВ-1.3	050°14'56,8» N – 057°21'44,4» E	-	-	-	1	-	-	2	1	1
	АВ-2	050°22'37,1» N – 057°29'54,5» E	1	-	-	1	-	-	1	1	1
	АВ-3	050°07'45,8» N – 057°35'58,7» E	1	-	-	1	-	-	1	1	1
р. Сазда	С-1	050°23'93,1» N – 057°15'58,2» E	1	1	-	3	1	-	-	-	-
	С-2	050°23'62,3» N – 057°15'13,6» E	2	-	-	1	2	-	-	-	-
р. Илек	И-1	050°18'45,3» N – 057°13'23,3» E	1	1	-	2	1	-	1	1	1
	И-2	050°16'52,9» N – 057°15'46,1» E	-	-	-	2	-	-	1	1	1
	И-3	050°15'16,7» N – 057°19'38,2» E	-	-	-	2	-	-	1	1	1
	И-4	050°17'40,4» N – 057°15'35,3» E	-	-	-	-	-	-	1	1	1
г. Актобе	ГА-1	050°17'71,5» N – 057°13'75,8» E	-	-	2	-	-	-	-	-	1
р. Каргала	К-1	050°20'06,6» N – 057°21'11,8» E	-	-	-	1	-	-	2	-	1

Примечание: А – количественные пробы макрозообентоса, В – качественные пробы макрозообентоса, С – пробы имаго насекомых, отловленных на свет.

Для описания структуры макрозообентоса рассчитывались информационные индексы. Индекс доминирования Палия-Ковнацки [27] находили с учетом частоты встречаемости, численности и биомассы таксонов по формуле 1:

$$D_i = 100 p_i \sqrt{N_i B_i} / \sqrt{N_s B_s}, \quad (1)$$

где p_i – частота встречаемости i таксона, N_i – численность в пробе i таксона, B_i – биомасса в пробе i таксона; N_s – общая численность организмов в пробе, B_s – общая биомасса организмов в пробе.

Разнообразие сообществ, отражающее число видов и их долю в суммарных количественных показателях, оценивали по индексу К. Шеннона по формуле 2 [27]:

$$H = -\sum p_i \lg_2 p_i, \quad (2)$$

где H – индекс разнообразия, бит/экз, бит/г; p_i – удельная численность (или биомасса) i таксона; $p_i = N_i/N_s$ или B_i/B_s ; N_i – численность каждого i таксона; N_s – общая численность всех таксонов; B_i – биомасса каждого i таксона; B_s – общая биомасса всех организмов.

Индекс выравненности Э. Пиелу находили по формуле 3 [27]:

$$I = H/\lg_2 S, \quad (3)$$

где S – число таксонов; $0 \leq I \leq 1$.

Расчеты и статистическая обработка полученных данных производилась с применением программ Excel 2017, STATISTICA 2015. Данные представлены в виде средних значений +/- отклонения от стандарта.

Район исследования

Исследованиями были охвачены водные объекты, относящиеся к экосистеме трансграничной р. Урал на территории Казахстана и России [28, с. 131], [29, с. 20], что имеет важное значение для бассейнового подхода в ее использовании [30, с. 80], [31, с. 38]

Река Илек берет начало на западном склоне Мугоджарских гор. Ее длина на территории Актюбинской области составляет 257 км. Русло имеет крутые или обрывистые берега (2-4 м), извилистое, его ширина увеличивается вниз по течению от 15 до 50 м (местами до 170 м). Дно суглинистое, реже супесчаное с галькой, на мелководье – заиленное [32, с. 60].

Р. Каргала – правый приток р. Илек, длиной 114 км, с постоянным стоком. Русло реки изви-

листое, хорошо разработанное, расширяющееся вниз по течению от 20 до 200 м. Берега в верхнем и среднем течении высотой 1-2 м, пологие, в нижнем – высотой 3-4 м, крутые, обрывистые. Дно плёсов каменистое или глинистое, местами заиленное, на перекатах каменистое или каменисто-песчаное.

Р. Сазды – левый приток р. Илек, длиной всего 40 км, имеющий постоянный сток. Русло вниз по течению расширяется от 15 до 50 м. Берега высотой 2-4 м, в устьевом участке снижаются до 1-1.5 м, пологие, местами обрывистые. Дно русла песчаное.

Особое место в числе исследованных водных объектов занимает *Актыюбинское водохранилище* – искусственный водоем многолетнего наполнения с сезонными сбросами уровня воды. Благоприятные условия для развития гидробионтов обусловлены различными факторами, в том числе и антропогенными (гидрологическим режимом, загрязнением среды и др.), внутренними процессами взаимодействия компонентов экосистемы. Актыюбинское водохранилище, занимающее территорию 3570 га, питается водами р. Илек.

Результаты исследования и их обсуждение

В период исследований 2015-2017 гг. глубина в местах отбора проб макрозообентоса на реках Илек, Каргала и Сазда колебалась от 0,2 до 0,8 м, на Актыюбинском водохранилище – от 0,5 до 3,2 м. Средняя температура воды в весенний период в реках достигала +21,2°C, в водохранилище + 20,3 °С. В весенний период вода характеризовалась прозрачностью до дна на участках с песчаным грунтом и значительной мутностью на участках с илом.

Наиболее распространенные типы грунта в реках: песок, серый ил и мелкая галька. На Актыюбинском водохранилище отмечены грунты: песок, серый, коричневый и черный ил, каменистый грунт и плотно заросший водными растениями.

В весенний период 2017 г. вода во всех исследованных водоемах характеризовалась слабощелочной реакцией. Минерализацией вод р. Илек, Каргала и Сазда достигала 100-200 мг/дм³. Минерализация вод Актыюбинского водохранилища в прибрежной зоне не превышала 100 мг/дм³.

Макрозообентос р. Илек, ее притоков (Каргалы, Сазды) и Актыюбинского водохранилища в период наблюдений 2015-2017 гг. был представлен двумя типами, тремя классами и одиннадцатью семействами беспозвоночных животных, относящихся к 24 более мелким таксонам (таблица 2).

Наибольшим разнообразием отличался класс Insecta, включавший два отряда Diptera, с двумя семействами (Chironomidae, Ceratopogonidae), и Trichoptera, с шестью семействами (Ecnomidae, Odontoceridae, Lepidostomatidae, Phryganeidae, Leptoceridae, Limnephilidae). Самым богатым по количеству выявленных таксонов беспозвоночных являлось семейство Chironomidae.

Максимальной частотой встречаемости (81,5 %) в реках и водохранилище характеризовались *Oligochaeta*, которые в основном складывались представителями семейства Tubificidae. Частота встречаемости личинок Chironomidae составила в среднем 72 %. Доминирующей группой по численности и биомассе являлись Chironomidae – максимум отмечен в Актыюбинском водохранилище – 66,15 и 91,38 % соответственно.

Таблица 2 – Таксономический состав макрозообентоса р. Илек, ее притоков (Каргалы, Сазды) и Актыюбинского водохранилища, 2015-2017 гг.

Название таксона	Илек	Каргала	Сазда	Актыюбинское водохранилище
Annelida				
Oligochaeta				
Tubificidae				
Tubificidae sp.	+	+	+	+
Naididae				
Naididae sp.	-	-	+	+
Arthropoda				

Название таксона	Илек	Каргала	Сазда	Актюбинское водохранилище
Insecta				
Diptera				
Chironomidae				
Tanypus punctipennis Meigen, 1818	+	-	+	+
Ablabesmyia sp. lentiginosa Fries, 1823	-	-	-	+
Ablabesmyia sp. monilis Linne, 1758	-	-	-	+
Procladius Scuse, 1889	-	-	-	+
Chironomini sp.	+	+	+	+
Parachironomus sp. pararostratus Lenz, 1938	-	-	-	+
Cryptochironomus sp. defectus Kieffer, 1921	-	-	-	+
Lipiniella arenicola Shilova, 1961	+	+	+	+
Chironomus plumosus Linne, 1758	+	+	+	+
Limnochironomus Kieffer, 1920	-	-	+	+
Endochironomus Kieffer, 1918	+	-	+	+
Tanypus van der Wulp, 1873	+	+	+	+
Diamesa Meigen, 1838	-	-	-	+
Ceratopogonidae				
Ceratopogon Meigen, 1803	+	+	+	+
Trichoptera				
Ecnomidae				
Ecnomus tenellus Rambur, 1842	+	+	-	+
Limnephilidae				
Limnephilus sp.	+	+	-	+
Limnephilus stigma Curtis, 1834	-	-	-	+
Odontoceridae				
Odontoceridae sp.	+	-	-	+
Lepidostomatidae				
Lepidostomatidae sp.	-	+	-	+
Leptoceridae				
Athripsoides sp.	-	+	-	-
Phryganeidae				
Phryganea sp.	+	-	+	-
Crustacea				
Amphipoda				
Gammaridae				
Dikerogammarus Stebbing, 1899	+	-	-	-
Примечание: «+» – таксон встречается в водоеме; «-» – таксон не встречен в водоеме.				

В р. Илек максимальная численность макрозообентоса отмечалась в летний сезон 2016 г. – 420 экз/м² (таблица 3). Макрозообентос р. Сазда летом 2015 г. отличался самой высокой биомас-

сой – 5,2 мг/м². В Актюбинском водохранилище максимальная численность макрозообентоса отмечалась в летний период 2015 г. – 912 экз/м², биомасса – весной 2017 г. – 14,2 мг/м².

Таблица 3 – Численность и биомасса макрозообентоса р. Илек, ее притоков (Каргала, Сазды) и Актюбинского водохранилища, 2015-2017 гг.

Год	Илек	Каргала	Сазда	Актюбинское водохранилище
2015	227*	-	120±23	912±97
2016	420±68	268*	184±42	710±63
2017	348±73	223*	-	817±92
Среднее	332±56	245±23	152±32	813±58
Биомасса, г/м ²				
2015	2,2*	-	5,2±0,9	12,6±2,2
2016	2,6±0,5	2,4*	4,6±1,0	10,2±1,8
2017	3,2±0,8	1,7*	-	14,2±3,2
Среднее	2,7±0,3	2,1±0,4	4,9±0,3	12,3±1,2

Примечание: * – сбор материалов произведен с одной станции.

Динамика значений индексов Шеннона-Уивера и Пиелу (таблица 4) показала, что максимальным разнообразием и выравненностью

макрозообентос рек и Актюбинского водохранилища характеризовался в летний период 2015-2016 гг.

Таблица 4 – Динамика значений индексов разнообразия и выравненности в сообществе макрозообентоса р. Илек, ее притоков (Каргала, Сазды) и Актюбинского водохранилища, 2015-2017 гг.

Год	Илек	Каргала	Сазда	Актюбинское водохранилище
2015	0,7*	-	1,3±0,1	1,5±0,1
2016	1,3±0,03	1,1*	1,4±0,04	1,6±0,04
2017	0,5±0,03	0,7*	-	0,6±0,04
Индексы выравненности Пиелу				
2015	0,8*	-	0,8±0,2	0,8±0,04
2016	0,8±0,02	0,8*	0,8±0,03	0,9±0,02
2017	0,4±0,02	0,6*	-	0,6±0,04

Примечание: * – сбор материалов произведен с одной станции.

В изученных реках и водохранилище наиболее распространены следующие типы грунта: серый ил, песок с серым наилком, в местах обильной растительности – черные илы с сапропелем. По наблюдениям 2015-2017 гг. максимальная плотность беспозвоночных отмечена на серых илах и на песке с серым илом, где часто встречались Diptera: Chironomidae, Trichoptera, реже Oligochaeta и единично другие представители макрозообентоса – всего 24 таксона, идентифицированных до родов и видов.

В предшествующий период исследования, в 2005-2009 гг., отмечался более обширный состав донных беспозвоночных – 30 таксонов. В макрозообентос входили Oligochaeta, а также Nematoda, Hyrudinea, Hydrocarina личинки Diptera: Chironomidae, Ephemeroptera, Trichoptera, Coleoptera с наибольшим разнообразием в зоне растительности. На серых илах и заиленном песке, на территории области встречались представители отряда Trichoptera, семейств Lepidostomatidae, Ecnomidae, Leptoceridae и Odontoceridae. В

период наблюдений 2009-2012 и 2015-2017 гг. состав группы Trichoptera включал также представителей немногочисленных таксонов – *Ecnomus tenellus* Rambur, 1842; *Limnephilus stigma* Curtis, 1834; *Limnephilus* sp.; *Athripsoides* sp.; *Phryganea* sp.; **Odontoceridae** sp.; **Lepidostomatidae** sp. Преобладающее значение по видовой представленности и количественным показателям имели личинки Diptera (Chironomidae) и Trichoptera, что характерно для аридных рек и водоемов с непостоянным уровнем наполнения [16, с. 36], [17, с. 8], [19, с. 32]. Обычно макрозообентос солоноватоводных и высокоминерализованных рек представлен таксономически стабильным сообществом устойчивых к изменению солености воды организмов. Так, например, характерной для рек аридных зон является специфичность видов, обильно представленных Diptera (Chironomidae) на разнообразных заиленных биотопах р. Илек с притоками и реках бассейна соленого оз. Эльтон (Россия) [33, с. 246-247], [12, с. 18] и Trichoptera [25, с. 8] – в реках аридных территорий Ирана и Афганистана.

Выявлена связь между значением численности и биомассы макрозообентоса и уровнем воды Актюбинского водохранилища. Так, уменьшение водного уровня в 2004 г. повлекло за собой повышение суммарного содержания растворенных солей, а сокращение площади вызвало усыхание береговой зоны и гибель мелководных и прибрежных макрофитов, являвшихся биотопом для массовых представителей макрозообентоса. При этом в составе донных беспозвоночных сократилось значение моллюсков *Theodoxus pallasi*, а также бокоплава *Dikerogammarus aralensis*. Снижение численности этих групп беспозвоночных привело к сокращению общей биомассы макрозообентоса на порядок значений по сравнению с предшествующим годом.

На естественный гидрохимический фон водотоков Актюбинской области Казахстана накладывается антропогенное воздействие: выпас скота, мелиоративные работы, зарегулирование стока, разработка месторождений полезных ископаемых и др. В мае 2015 г. в период исследований глубина Актюбинского водохранилища на месте отбора пробы воды составила 0,5-0,8 м, температура воды достигала +21,2 °С. Вода обладала слабощелочной реакцией, концентрация растворенного кислорода достигала 10,3 мг/дм³. В послепаводковый период незначительное количество диоксида углерода и низкая минерализация соответствовали слабоминерализованным водам [14, с. 26].

В мае 2017 г. химический состав вод реки Илек, ее притоков (Сазды, Каргалы) и Актюбинского водохранилища характеризовался незначительно повышенным уровнем жесткости – 4,8; 4,9; 5,3; 7,2 мг-экв/л и содержанием железа – 0,13; 0,12; 0,22; 0,40 мг/дм³ соответственно. В период паводков водный уровень р. Илек аномально повысился из-за большого притока талых вод. Впервые за последние 25 лет Актюбинское водохранилище достигло максимального наполнения. Затопление прибрежной территории вызвало смыв грунтов и разрушение структуры макрозообентоса.

На фоне повышения объема стока р. Илек в Актюбинское водохранилище в мае 2017 г. наблюдалось снижение минерализации воды до 100 мг/дм³ при среднем значении показателя в весенний период в 2004-2008 гг. и 2011-2016 гг. [14, с. 28] 550 мг/дм³. В мае 2017 г. отмечалась минимальная численность и биомасса макрозообентоса за 2004-2008 гг. и 2015-2016 гг. Доминирующей в составе макрозообентоса была группа Chironomidae ($D_{ch} = 79\%$). В 2015-2017 гг., несмотря на снижение биомассы макрозообентоса, Актюбинское водохранилище было мезотрофно-эвтрофным, р. Илек и р. Каргала – олиготрофными, р. Сазда – мезотрофной.

Аналогичные результаты показали исследования макрозообентоса соленых рек Приэльтона, аридной зоны юга России, где основу донного зооценоза также составили личинки Chironomidae, а количественные показатели закономерно изменялись под влиянием гидролого-гидрохимического режима водотоков. При этом выявленные закономерности изменений структуры водной экосистемы зависели не только от фаунистического состава гидробионтов, но и от типа водоема, расхода воды, проточности, мутности, скорости течения и других гидрологических, гидрофизических и гидрохимических особенностей [12, с. 19], [34, с. 191], [13, с. 641-642]. Малые глубины рек в аридной зоне обуславливают нестабильность их функционирования в условиях сезонных и климатических колебаний. Будучи экстремальными местами обитания, они своеобразны и рассматриваются как гидроэкосистемы наиболее высокой биологической продуктивности в засушливых ландшафтах внутриконтинентальных аридных зон Евразии [13, с. 641-642], [5, с. 118], в том числе Казахстана, южной части России, стран Центральной Азии, Восточного и Северо-Восточного Китая, Кореи, Ирана и Афганистана [34, с. 191], [25, с. 8], удаленных от океанов.

Заключение

В период 2015-2017 гг. макрозообентос исследованных рек и Актюбинского водохранилища включал 24 таксона из 3 групп: черви (Anellida: Oligochaeta), ракообразные (Crustacea: Amphipoda), насекомые (Insecta: Diptera, Trichoptera). Наибольшей частотой встречаемости отличались Oligochaeta – 81,5 % и Diptera (Chironomidae) – 72 %. В Актюбинском водохранилище были отмечены максимальные значения численности и биомассы Diptera: Chironomidae (664 экз/м² и 8,2 г/м² соответственно), наибольшее видовое разнообразие (1,6±0,04 бит/экз) и выравненность видов (0,9±0,02). В период наблюдений уровень трофности водохранилища соответствовал мезотрофно-эвтрофному. Значение биомассы речного зообентоса характеризовало р. Илек и р. Каргалу олиготрофностью, р. Сазду – как мезотрофный водоток.

В целом в составе донного сообщества беспозвоночных исследованных рек и водохранилища преобладали личинки Chironomidae, значение индекса доминирования которых достигало 79 %. Видовое разнообразие и выравненность видов зообентоса соответствовали низкому уровню, что свойственно водоемам и водотокам аридной зоны с высокой антропогенной нагрузкой.

Выявлена связь между численностью и биомассой макрозообентоса и минерализацией воды Актюбинского водохранилища при наличии отрицательной тенденции изменения показателя в зависимости от объема речного стока. Снижение биомассы макрозообентоса с увеличением реч-

ного стока в водохранилище может быть обусловлено разрушением сложившихся биотопов – грунтов и водной растительности.

Полученные сведения гидробиологических наблюдений свидетельствуют о типично низком уровне кормовой базы бентофагов и характерной для аридных водотоков невысокой трофности. Постепенное обеднение видового разнообразия зообентоса и преобладающее значение личинок вторичноводных насекомых в условиях нестабильного гидрологического режима и антропогенного воздействия ведут к деградации водных экосистем. Потеря видового разнообразия вызывает снижение функциональности экосистемы, вторжение новых видов и существенное изменение в производстве биомассы.

Теоретическое значение полученных сведений о структуре макрозообентоса р. Илек в международном аспекте обусловлено прогрессирующим опустыниванием Казахстана, одной из стран Центральной Азии. Опустынивание является ярко выраженной мировой экологической и социально-экономической проблемой. Изучение состояния макрозообентоса водоемов и водотоков аридных зон должно быть регулярным, чтобы способствовать формированию глобального банка данных по состоянию биоразнообразия водных экосистем.

Результаты исследований содержат информацию о распространении, количестве и разнообразии макрозообентоса в реках пустынной зоны Казахстана и могут быть использованы для разработки научных основ рационального использования и охраны биологических ресурсов аридных стран.

Литература

- 1 Альпейсов Ш. А., Гришаева О. В., Евсеева А. А., Крайнюк В. Н., Кушникова Л. Б., Пилин Д. В., Склярова О. Н., Смирнова Д. А., Тимирханов С. Р., Эпова Ю. В. Ручейники (Trichoptera) Казахстана. – Алматы: Казахский национальный аграрный университет. – 2017. – 396 с.
- 2 Розенберг Г. С., Гелашвили Д. Б. 100 основных экологических проблем: взгляд из Великобритании // Междисциплинарный научный и прикладной журнал «Биосфера». – 2013. – Т. 5. – № 4. – С. 374-382.
- 3 Nakiki T. F., Setyobudiandi I., Sulistiono S. Macrozoobenthos community structure in the estuary of Donan River, Cilacap, Central Java Province, Indonesia // Omni-Akuatika. – 2017. – V. 13. – № 2. – P. 163-179.
- 4 Kenderov L., Dashinov D., Kanev E., Lyubomirova L., Uzunova E. Ecological status of upper part of Iskar river catchment according regulation N4 based on macrozoobenthos and fish fauna // Ecological Engineering and Environment Protection. – 2017. – V. IX. – P. 32-38.
- 5 Zinchenko, T. D., Gladyshev, M. I., Makhutova, O. N. Saline rivers provide arid landscapes with a considerable amount of biochemically valuable production of Chironomid (Diptera) larvae // Hydrobiologia. – 2014. – № 722. – P. 115-128.
- 6 Zinchenko T. D., Golovatyuk L. V., Abrosimova E. V., Popchenko T. V. Macrozoobenthos in Saline Rivers in the Lake Elton Basin: Spatial and Temporal Dynamics // Inland Water Biology. – 2017. – V. 10. – № 4. – P. 384-398.
- 7 Pawhestri S. W., Hidayat J. W., Putro S. W. Assesment of water quality using macrobenthos as bioindikator and its aplication on abundance-biomass comparison (ABC) curves // International Journal of Science Education. – 2015. – V. 8 (2). – P. 84-87.

- 8 Shitikov V. K., Zinchenko T. D., Golovatyuk L. V. Assessing surface water quality based on indicator zoobenthos species // *Water Resources*. – 2004. – V. 31. – № 3. – P. 323-332.
- 9 Bakanov A. I. Present-Day state of zoobenthos in the Upper Volga Reservoirs // *Water Resources*. – 2003. – V. 30. – № 5. – P. 559-568.
- 10 Furey P. C., Nordin R. N., Mazumder A. Littoral benthic macroinvertebrates under contrasting drawdown in a reservoir and a natural lake // *J. N. Am. Benthol. Soc.* – 2006. – V. 25. № 1. – P. 19-31.
- 11 Yakovleva A. V., Yakovlev V. A. Impact of *Dreissena polymorpha* and *Dreissena bugensis* on structure of zoobenthos in the upper reaches of the Kuzybyshev Reservoir (Russia) // *Russ. J. Biol. Invas.* – 2011. – V. 2. – № 4. – P. 312-319.
- 12 Зинченко Т. Д., Головатюк Л. В., Абросимова Э. В. Видовое разнообразие донных сообществ соленых рек в экстремальных природных условиях аридного региона Приэльтона // *Русский журнал прикладной экологии*. – 2017. – № 1. – С. 14-21.
- 13 Gallardo B., Dolédec S., Paillex A., Arscott D. B., Sheldon F., Zilli F., Mèrigoux S., Castella E., Comín F. A. Response of benthic macroinvertebrates to gradients in hydrological connectivity: a comparison of temperate, subtropical, Mediterranean and semiarid river floodplains // *Freshwater Biology*. – 2014. – V. 59. – P. 630-648.
- 14 Петраков И. А. Качество поверхностных вод на территории Республики Казахстан за 2015 год // *Обзор водного компонента информационного бюллетеня Департамента Экологического мониторинга РГП «Казгидромет» «О состоянии окружающей среды Республики Казахстан за 2015 год»*. – Астана. – 2015. – 131 с.
- 15 Сейткасымова Г. Ж. Оценка качества природной системы «поверхностная вода-почва» на примере п. Иргиз Актюбинской области // *Гигиена труда и медицинская экология*. – 2016. – №1 (50). – С. 77-80.
- 16 Кенжебаев А. Ж., Магрицкий Д. В., Евстигнеев В. М., Юмина Н. М., Школьный Д. И., Ермакова Г.С., Похорская В. П. Закономерности, оценки и факторы современных и будущих изменений стока и водного режима рек в бассейне р. Жайык (Урал) // *Труды III Всероссийской конференции с международным участием «Трансграничные водные и экологические проблемы Сибири и Центральной Азии»*. – Барнаул. – 2017. – С. 27-39.
- 17 Пилин Д. В., Альпейсов Ш. А. Фауна ручейников реки Жайык // *Известия Национальной Академии наук. Серия аграрных наук*. – Алматы. – 2017. – № 4. – С. 6-9.
- 18 Пилин Д. В. Сравнительная оценка рыбохозяйственных водоемов Западно-Казахстанской области по значениям естественной кормовой базы бентоядных рыб // *Материалы международной научно-практической конференции «Евразийская интеграция: роль науки и образования в реализации инновационных программ»*. – Уральск. – 2012. – Ч. 1. – С. 93-97.
- 19 Пилин Д. В., Осыкина А. А. Фауна сообществ зообентоса Урало-Каспийской оросительно-обводнительной системы (Северо-Западный Казахстан) // *Сборник научных трудов: Энтомологические и паразитологические исследования в Поволжье*. – Саратов. – 2017. – № 17. – С. 30-34.
- 20 Шарапова Л. И., Фаломеева А. П. Методическое пособие при гидробиологических рыбохозяйственных исследованиях водоемов Казахстана (планктон, зообентос). – Алматы. – 2006. – 28 с.
- 21 Krashennnikov A. B. Mounting technique of entomological preparations in sandarac medium // *Euroasian Entomological Journal*. – 2011. – V. 10 (3). – P. 283-284.
- 22 Zinchenko T. D., Shitikov V. K. Hydrobiological monitoring as a basis of typology of small rivers in Samara region // *Izv. Samar. Nauch. Tsentra, Ross. Akad. Nauk.* – 1999. – V. 1. – № 1. – P. 118-127.
- 23 Определитель пресноводных беспозвоночных России и сопредельных территорий. – Санкт-Петербург. – Наука. – 1995. – Т. 1. – 396 с.
- 24 Ivanov V. D. Caddisflies of Russia: Fauna and biodiversity // *Zoosymposia*. – 2011. – № 5. – P. 171-209.
- 25 Malicky H. Die köcherfliegen (Trichoptera) des Iran und Afganistans // *Zeitschrift der Arbeitsgemeinschaft Österreichischer Entomologen*. – Wien. – 1986. – V. 38. – P. 8.
- 26 Malicky H. Atlas of European Trichoptera. – Springer. – 2004. – 385 p.
- 27 Шитиков В. К., Розенберг Г. С., Зинченко Т. Д. Количественная гидроэкология. – Тольятти: ИЭВБ РАН, 2003. – 463 с. – URL: <http://www.ievbras.ru/ecostat/Kiril/Library/Book1/Content243/Content243.htm> (дата обращения 22.02.2019 г.).
- 28 Евсеева А. А. Результаты гидробиологического обследования трансграничных водотоков Восточного Казахстана в 2009 году // *Материалы научно-практической конференции «Региональный компонент в системе экологического образования и воспитания. – Усть-Каменогорск»*. – 2010. – С. 129-134.
- 29 Евсеева А. А., Кушникова Л. Б. Биологический контроль качества воды как одна из составляющих в системе мониторинга трансграничных водотоков // *Труды III Всероссийской конференции с международным участием «Трансграничные водные и экологические проблемы Сибири и Центральной Азии»*. – Барнаул. – 2017. – С. 13-26.
- 30 Сивохип Ж.Т. Устойчивое водопользование как фактор гидроэкологической безопасности в трансграничном бассейне р. Урал // *Вестник Оренбургского государственного университета*. – 2016. – №7(195). – С. 78-84.
- 31 Wolf A. T., Stahl K., Macomber M. F. Conflict and cooperation within international river basins: the importance of institutional capacity // *Water Resources Update*. – 2003. – V. 125. – P. 31-40.
- 32 Джубанова О. А. Физико-географическая характеристика трансграничной реки Урал // *География общества*. – Уральск. – 2008. – С. 59-62.
- 33 Orel (Zorina) O. V., Istomina A. G., Kiknadze I. I., Zinchenko T. D., Golovatyuk L. V. Redescription of larva, pupa and imago male of *Chironomus (Chironomus) salinarius* Kieffer from the saline rivers of the Lake Elton basin (Russia), its karyotype and ecology // *Zootaxa*. – 2014. – V. 3841 (4). – P. 528-550.
- 34 Choi J. W., Seo J. Y., An S. The Community Structure of Macrozoobenthos and Its Temporal Change on the Gapo Artificial Tidal Flat in Masan Bay, Korea // *Open Journal of Marine Science*. – 2013. – № 3. – P. 190-200.

References

- 1 Alpejsov Sh. A., Grishaeva O. V., Evseeva A. A., Krajnyuk V. N., Kushnikova L. B., Pilin D. V., Sklyarova O. N., Smirnova D. A., Timirkhanov S. R., Epova Yu. V. (2017) Ruchejniki (Trichoptera) Kazaxstana [Caddis flies (Trichoptera) of Kazakhstan]. Almaty. Kazakhskij nacionalnyj agrarnyj universitet, 396 p.
- 2 Bakanov A. I. (2003) Present-Day state of zoobenthos in the Upper Volga Reservoirs. *Water Resources*. vol. 30. no 5. pp. 559-568.
- 3 Choi J. W., Seol J. Y., An S. (2013) The Community Structure of Macrozoobenthos and Its Temporal Change on the Gapo Artificial Tidal Flat in Masan Bay, Korea. *Open Journal of Marine Science*. vol. 3. pp. 190-200.
- 4 Dzhubanova O. A. 2008. Fiziko-geograficheskaya kharakteristika transgranichnoj reki Ural [Physiographic characteristic of cross-border Ural River]. *Geografiya obshhestva. Uralsk*. pp. 59-62.
- 5 Evseeva A. A. (2010) Rezultaty gidrobiologicheskogo obsledovaniya transgranichnykh vodotokov Vostochnogo Kazakhstana v 2009 godu [Results of hydrobiological inspection of cross-border water currents of East Kazakhstan in 2009]. *Materialy nauchno-prakticheskoy konferencii «Regionalnyj komponent v sisteme ekologicheskogo obrazovaniya i vospitaniya»*. Ust-Kamenogorsk. pp. 129-134.
- 6 Evseeva A. A., Kushnikova L. B. (2017) Biologicheskij kontrol kachestva vody kak odna iz sostavlyayushhikh v sisteme monitoringa transgranichnykh vodotokov [Biological quality control of water as one of the cross-border water currents making in the system of monitoring]. *Trudy III Vserossijskoj konferencii s mezhdunarodnym uchastiem «Transgranichnye vodnye i ekologicheskie problemy Sibiri i Centralnoj Azii»*. Barnaul. pp. 13-26.
- 7 Furey P. C., Nordin R. N., Mazumder A. (2006) Littoral benthic macroinvertebrates under contrasting drawdown in a reservoir and a natural lake. *J. N. Am. Benthol. Soc.* vol. 25. no 1. pp. 19-31.
- 8 Gallardo B., Dolédec S., Paillex A., Arscott D. B., Sheldon F., Zilli F., Méricoux S., Castella E., Comín F. A. (2014) Response of benthic macroinvertebrates to gradients in hydrological connectivity: a comparison of temperate, subtropical, Mediterranean and semiarid river floodplains. *Freshwater Biology*. vol. 59. pp. 630-648.
- 9 Hakiki T. F., Setyobudiandi I., Sulistiono S. (2017) Macrozoobenthos community structure in the estuary of Donan River, Cilacap, Central Java Province, Indonesia. *Omni-Akuatica*. vol. 13, no 2. pp. 163-179.
- 10 Ivanov V. D. (2011) Caddisflies of Russia: Fauna and biodiversity. *Zoosymposia*. vol. 5. pp. 171-209.
- 11 Kenzhebaev A. Zh., Magrickij D. V., Evstigneev V. M., Yumina N. M., Shkolnyj D. I., Ermakova G.S., Pokhorskaya V. P. (2017) Zakonomernosti, ocenki i faktory sovremennykh i budushhikh izmenenij stoka i vodnogo rezhima rek v bassejne r. Zhajyk (Ural) [Regularities, estimates and factors of modern and future changes of a drain and the water mode of the rivers in the basin of the Zhayyk River (Ural)]. *Trudy III Vserossijskoj konferencii s mezhdunarodnym uchastiem «Transgranichnye vodnye i ekologicheskie problemy Sibiri i Centralnoj Azii»*. Barnaul. pp. 27-39.
- 12 Kenderov L., Dashinov D., Kanev E., Lyubomirova L., Uzunova E. (2017) Ecological status of upper part of Iskar river catchment according regulation N4 based on macrozoobenthos and fish fauna. *Ecological Engineering and Environment Protection*. vol. IX. pp. 32-38.
- 13 Krashenninnikov A. B. (2011) Mounting technique of entomological preparations in sandarac medium. *Euroasian Entomological Journal*. vol. 10 (3). pp. 283-284.
- 14 Malicky H. (1986) Die köcherfliegen (Trichoptera) des Iran und Afganistans. *Zeitschrift der Arbeitsgemeinschaft Österreichischer Entomologen*. Wien. vol. 38. p. 8.
- 15 Malicky H. (2004) *Atlas of European Trichoptera*. Springer. 385 p.
- 16 Opredelitel presnovodnykh bespozvonochnykh Rossii i sopredelnykh territorij [Determinant of freshwater invertebrates of Russia and adjacent territories]. (1995) Sankt-Peterburg. Nauka. vol. 1. 396 p.
- 17 Orel (Zorina) O. V., Istomina A. G., Kiknadze I. I., Zinchenko T. D., Golovatyuk L. V. (2014) Redescription of larva, pupa and imago male of *Chironomus (Chironomus) salinarius* Kieffer from the saline rivers of the Lake Elton basin (Russia), its karyotype and ecology. *Zootaxa*. vol. 3841 (4). pp. 528-550.
- 18 Pawhestri S. W., Hidayat J. W., Putro S. W. (2015) Assesment of water quality using macrobenthos as bioindikator and its aplication on abundance-biomass comparison (ABC) curves. *International Journal of Science Education*. vol. 8 (2). pp. 84-87.
- 19 Petrakov I. A. (2015) Kachestvo poverkhnostnykh vod na territorii Respubliki Kazakhstan za 2015 god [Quality of a surface water in the territory of the Republic of Kazakhstan for 2015]. *Obzor vodnogo komponenta informacionnogo byulletenya Departamenta Ekologicheskogo monitoringa RGP «Kazgidromet» «O sostoyanii okruzhayushhej sredi Respubliki Kazakhstan za 2015 god»*. Astana. 131 p.
- 20 Pilin D. V. (2012) Sravnitel'naya ocenka ryboxozyajstvennykh vodoemov Zapadno-Kazaxstanskoj oblasti po znacheniyam estestvennoj kormovoj bazy bentoyadnykh ryb [Comparative assessment of fishery reservoirs of the West Kazakhstan region on values of a natural food supply of fishes]. *Materialy mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoy konferencii «Evrazijskaya integraciya: rol nauki i obrazovaniya v realizacii innovacionnykh programm»*. Uralsk. Part 1. pp. 93-97.
- 21 Pilin D. V., Alpejsov Sh. A. (2017) Fauna ruchejnikov reki Zhajyk [Fauna of caddis flies of the Zhayyk River]. *Izvestiya Nacionalnoj Akademii nauk. Seriya agrarnyx nauk*. no 4. pp. 6-9.
- 22 Pilin D. V., Oskina A. A. (2017) Fauna soobshhestv zoobentosa Uralo-Kaspijskoj orositelno-obvodnitelnoj sistemy (Severo-Zapadnyj Kazakhstan) [Fauna of communities of a zoobenthos Uralo-Kaspiysky irrigating obvodnitel'noj systems (Northwest Kazakhstan)]. *Sbornik nauchnyx trudov: Entomologicheskie i parazitologicheskie issledovaniya v Povolzhe*. Saratov. no 17. pp. 30-34.

- 23 Rozenberg G. S., Gelashvili D. B. (2013) 100 osnovnykh ekologicheskikh problem: vzglyad iz Velikobritanii [100 main environmental problems: a look from Great Britain]. *Mezhdisciplinarnyj nauchnyj i prikladnoj zhurnal «Biosfera»*. vol. 5. no 4. pp. 374-382.
- 24 Sejtkašymova G. Zh. (2016) Ocenka kachestva prirodnoj sistemy «poverkhnostnaya voda-pochva» na primere r. Irgiz Aktyubinskoj oblasti [Assessment of quality of the natural system "surface water soil" on the example of the Irgiz settlement in the Aktobe region]. *Gigiena truda i medicinskaya ekologiya*. no 1 (50). pp. 77-80.
- 25 Sharapova L. I., Falomeeva A. P. (2006) Metodicheskoe posobie pri gidrobiologicheskikh rybokhozyajstvennykh issledovaniyakh vodoemov Kazakhstana (plankton, zoobentos) [Methodical grant at hydrobiological fishery researches of reservoirs of Kazakhstan (plankton, zoobentos)]. Almaty. 28 p.
- 26 Shitikov V. K., Rozenberg G. S., Zinchenko T. D. (2003) Kolichestvennaya gidroekologiya [Quantitative hydroecology]. – Toliatti, 463 p. – URL: <http://www.ievbras.ru/ecostat/Kiril/Library/Book1/Content243/Content243.htm> (date of the address 22.02.2019).
- 27 Shitikov V. K., Zinchenko T. D., Golovatyuk L. V. (2004) Assessing surface water quality based on indicator zoobenthos species. *Water Resources*. vol. 31. no 3. pp. 323-332.
- 28 Sivokhip Zh.T. (2016) Ustojchivoe vodopolzovanie kak faktor gidroekologicheskoy bezopasnosti v transgranichnom bassejne r. Ural [Steady water use as a factor of hydroenvironmental safety in the cross-border basin of the Ural River]. *Vestnik Orenburgskogo gosudarstvennogo universiteta*. no 7(195). pp. 78-84.
- 29 Wolf A. T., Stahl K., Macomber M. F. (2003) Conflict and cooperation within international river basins: the importance of institutional capacity. *Water Resources Update*. vol. 125. pp. 31-40.
- 30 Yakovleva A. V., Yakovlev V. A. (2011) Impact of *Dreissena polymorpha* and *Dreissena bugensis* on structure of zoobenthos in the upper reaches of the Kuybyshev Reservoir (Russia). *Russ. J. Biol. Invas.* vol. 2. no 4. pp. 312-319.
- 31 Zinchenko, T. D., Gladyshev, M. I., Makhutova, O. N. (2014) Saline rivers provide arid landscapes with a considerable amount of biochemically valuable production of Chironomid (Diptera) larvae. *Hydrobiologia*. no 722. pp. 115-128.
- 32 Zinchenko T. D., Golovatyuk L. V., Abrosimova E. V., Popchenko T. V. (2017) Macrozoobenthos in Saline Rivers in the Lake Elton Basin: Spatial and Temporal Dynamics. *Inland Water Biology*. vol. 10. no 4. pp. 384-398.
- 33 Zinchenko T. D., Golovatyuk L. V., Abrosimova E. V. (2017) Vidovoe raznoobrazie donnykh soobshhestv solenykh rek v eksremalnykh prirodnykh usloviyakh aridnogo regiona Prieltonya [A specific variety of ground communities of the salty rivers in an extreme environment of the arid region Prieltonya]. *Russkij zhurnal prikladnoj ekologii*. pp. 14-21.
- 34 Zinchenko T. D., Shitikov V. K. (1999) Hydrobiological monitoring as a basis of typology of small rivers in Samara region. *Izv. Samar. Nauch. Tsentra, Ross. Akad. Nauk*. vol. 1. no 1. pp. 118-127.

6-бөлім
ГИСТОЛОГИЯ

Section 6
HISTOLOGY

Раздел 6
ГИСТОЛОГИЯ

**Shalgimbaeva S.M.¹, Ibragimova N.A.², Jumakhanova G.B.¹,
Popov N.³, Omarova Zh.S.¹, Kairat B.K.¹, Rakybayeva A.A.³**

¹Al-Farabi Kazakh National University, Kazakhstan, Almaty,

e-mail: Gaukhar.Dzhumakhanova@kaznu.kz

²Kazakh-German University, Kazakhstan, Almaty

³Kazecoproject LLP, Kazakhstan, Almaty

**BIOMARKERS OF EFFECT:
GROSS AND HISTOPATHOLOGICAL INDICATORS
ATHERINA BOYERI OF THE CASPIAN SEA, KAZAKHSTAN SECTOR**

Feature of ichthyofauna North-eastern part of the Caspian Sea is the presence of it includes not only the valuable commercial fish species, but also of low value species who participate in the formation of the food chain. Fish, as the top trophic unit of the aquatic ecosystem, are considered indicators of pollution, therefore pathological studies allow us to estimate and predict effects of finding toxic substances in water. This article presents the results of the morphometric and histological study Caspian Atherina (*Atherina boyeri*), inhabiting the North-Eastern part of the Caspian Sea. As a result of the study, were found that the biomarkers-effect are pathological changes gill tissue and liver. So, in the gills are observed destructive lamella changes, phenomena of hyperplasia of the primary and secondary gill epithelium and degeneration of cartilage elements. The liver changes manifested in the form of parenchymal hepatocytes dystrophy and vascular reaction. The observed pathological changes gills and liver may affect the survival *Atherina boyeri* and these organs can serve as biomarkers of effect. Histological study of muscle and gonad it did not reveal any changes pamorphological and observed processes are reversible. In these studies, substantiates use of Caspian Atherina (*Atherina boyeri*) as a test type of monitoring the water of the Caspian Sea basin and including to predict the number of and quality of harvested species.

Key words: Caspian atherina, *A. boyeri caspia* (Eichwald, 1838), Caspian Sea, histological changes, gills, liver.

Шалгимбаева С.М.¹, Ибрагимова Н.², Джумаханова Г.Б.¹,
Попов Н.³, Омарова Ж.С.¹, Кайрат Б.К.¹, Ракыбаева А.А.³

¹Ал-Фараби атындағы Қазақ ұлттық университеті, Қазақстан, Алматы қ.,
e-mail: Gaukhar.Dzhumakhanova@kaznu.kz

²Қазақ-Неміс университеті, Қазақстан, Алматы қ.

³«ҚазЭкоЖоба» ЖШС, Қазақстан, Алматы қ.

**Эффект биомаркерлері: Каспий теңізінің
Қазақстан аймағындағы Каспий атеринасы (*Atherina boyeri*)
балықтарына жасалған жалпы және гистопатологиялық көрсеткіштері**

Каспий теңізінің солтүстік-шығыс аумағының ихтиофаунасының ерекшелігіне өнеркәсіптік маңызы бар балықтармен қатар, қорек тізбегін қалыптастыруға қатысатын құнсыз балық түрлерінің болуын айтуға болады. Балықтар су экожүйесіндегі трофикалық қатардың жоғары өкілдері ретінде ластанудың индикаторы болып табылады. Сыртқы ортадағы өзгерістерді анықтаудың бір әдісі – балықтардың физиологиялық күйін зерттеу. Сол себептен патоморфологиялық зерттеулер судағы токсинді заттардың таралуының зардаптарын бағалауға және болжауға болады. Мақалада Каспий теңізінің солтүстік-шығыс бөлігін мекендейтін атерина балығына жүргізілген морфометриялық және гистологиялық зерттеудің нәтижелері келтірілген. Зерттеу нәтижесінде желбезек ұлпасы мен бауырдағы патоморфологиялық өзгерістер эффект-биомаркері бола алатындығы анықталды. Сонымен қатар балықтардың желбезектерінде ламеллалардың деструктивті өзгерістері:

бірінші реттік және екінші реттік желбезек эпителийлерінің гиперплазиясы мен шеміршекті элементтердің дегенерациясы байқалды. Балықтардың бауырындағы өзгерістер гепатоциттердің паренхиматозды дистрофиясы және тамырлар реакциясы түрінде байқалды. Байқалған желбезек пен бауырдағы патоморфологиялық өзгерістер *Atherina boyeri* балықтарының өміршеңдігіне әсер етуі мүмкін және зерттелген мүшелерді эффект-биомаркерлері ретінде қолдануға болады. Бұлшық ет ұлпасы мен гонадаларды гистологиялық зерттеу барысында патоморфологиялық өзгерістер анықталмады және байқалған процестер қайтымды сипатқа ие. Берілген зерттеулерде Каспий атеринасы (*Atherina boyeri*) балықтарын Каспий теңізінің суына мониторинг жүргізуде, кәсіптік маңызы бар балықтардың сапасы мен санын болжауда тест-объект ретінде қолдану ұсынылады.

Түйін сөздер: Каспий атерина *A. boyeri caspia* (Eichwald, 1838), Каспий теңізі, гистологиялық өзгерістер, желбезек, бауыр.

Шалгимбаева С.М.¹, Ибрагимова Н.², Джумаханова Г.Б.¹,
Попов Н.³, Омарова Ж.С.¹, Кайрат Б.К.¹, Рақыбаева А.А.³

¹Казахский национальный университет имени аль-Фараби, Казахстан, г. Алматы,
e-mail: Gaukhar.Dzhumakhanova@kaznu.kz

²Казахстанско-Немецкий Университет, Казахстан, г. Алматы

³ТОО «Казэкопроект», Казахстан, г. Алматы

Биомаркеры эффекта: валовые и гистопатологические показатели атерины каспийской (*Atherina boyeri*) казахстанского сектора Каспийского моря

Особенностью ихтиофауны Северо-Восточной части Каспия является наличие в ее составе не только ценных промысловых видов рыб, но и малоценных видов, которые участвуют в формировании пищевой цепочки. Рыбы как верхнее трофическое звено водной экосистемы считаются индикаторами загрязнения, поэтому патоморфологические исследования позволяют оценить и прогнозировать последствия нахождения токсических веществ в воде. В данной статье приведены результаты морфометрического и гистологического изучения атерины каспийской (*Atherina boyeri*), обитающей в Северо-Восточной части Каспийского моря. В результате исследования были обнаружено, что биомаркерами-эффекта выступают патоморфологические изменения жаберной ткани и печени. Так, в жабрах наблюдаются деструктивные изменения ламелл, явления гиперплазии первичного и вторичного жаберного эпителия и дегенерации хрящевых элементов. В печени изменения проявлялись в виде паренхиматозной дистрофии гепатоцитов и сосудистой реакцией. Наблюдаемые патоморфологические изменения жабр и печени могут сказываться на выживаемости *Atherina boyeri* и эти органы могут служить биомаркерами эффекта. Гистологическое изучение мышечной ткани и гонад не выявило патоморфологических изменений и наблюдаемые процессы имеют обратимый характер. В данных исследованиях обосновывается использование атерины каспийской (*Atherina boyeri*) в качестве тестового вида мониторинга водного бассейна Каспийского моря, и в том числе для прогнозирования численности и качества промысловых видов.

Ключевые слова: атерина каспийская, *A. boyeri caspia* (Eichwald, 1838), Каспийское море, гистологические изменения, жабры, печень.

Introduction

Currently increasing relevance have research related the identification of ecosystem responses and (or) its individual components to the action of unfavorable factors [1]. Constant changes environmental quality lead to the need for continuous monitoring, for better environmental management. One of the widely used methods of biological type of monitoring is bioindication. A considerable interest has been acquiring search for test objects (biomonitors) and biomarkers – molecular, cellular, physiological, organismic and population parameters for monitoring the quality of

the aquatic environment [2-4]. Quite obvious that for each ecosystem can be used several indicator species and biomarkers that are sensitive to environmental factors, including anthropogenic.

The study of the enzymatic system of aquatic organisms can be used to monitor level of water pollution by tetrabromobisphenol. So, serum research silver crucian (*Carassius auratus*) showed that the activity of aspartate aminotransferase (AST), alanine aminotransferase (ALT) and glutathione reductase increases when using tetrabromobisphenol at a concentration of 0.35 mg / l already from 4 days of toxicant addition and stored during the experiment (32 days) at the same time,

there is a significant increase in AST. Provided that the concentration of tetrabromobisphenol exceeds 0.50-0.71 mg / l, after its cancellation levels AST, ALT, glutathione-S-transferase (GST), glucuronosyltransferase (UDPGT) and glutathione reductase in liver homogenates remain enlarged for a long time. Therefore, measurement of AST and ALT can be used in the normal monitoring water quality in areas at risk of tetrabromobisphenol and determination of glucuronosyltransferase (UDPGT) and glutathione reductase in liver homogenates for use in emergency situations in which this toxicant is emitted [5].

The effect of aqueous solutions of sulfonamides in micromolar concentrations for 96 h on nematodes (*Caenorhabditis elegans*) was studied and it was found that what they inhibit behavior indicator (including body bending frequency) and growth rates (reducing body length), behavioral changes were more pronounced. In addition, behavioral disturbance was noted in the descendants [6].

Triclosan (2,4,4'-trichloro-2'-hydroxy-diphenyl ether; TCS) is an antibacterial agent and is part of a variety of household and personal care products. Now found in natural waters and bottom sediments. In addition, having a high hydrophobicity, triclosan is able to accumulate in the fatty tissue of various aquatic organisms, methylated to methyl triclosan (2,4,4'-trichloro-2'-methoxy diphenyl ether). So, it was shown triclosan and its metabolite change the morphology and density of blood cells, causing violations of the respiratory gill epithelium abalone (*Haliotis tuberculata*) [7].

The search for available methods for monitoring water pollution is relevant, with organisms that are dominant in aquatic communities of greatest interest. The present studies substantiate the use of the Caspian atherine (ordinary atherina, small atherina) of the *Osteichthyes* class as a biomonitor for the quality of water in the Caspian Sea. The species was described as *A. mochon* Cuvier, 1829 [8,9], but then reduced to synonymy *A. boyeri* [10], is a marine euryhaline fish [11], inhabiting both brackish and strongly saline regions [8,9] and in the desalinated waters of the Caspian Sea in the pelagic zone. It should be noted that the *Atherina boyeri* is regarded as a secondary target of the craft.

Materials and research methods

Atherina boyeri females were selected for the study in the amount of 72 specimens from trawling material from the North-Eastern part of the

Caspian Sea during the 2017 autumn ichthyological expedition. Morphometric and pathomorphological studies were performed on 15 female year-olds (Figure 1).



Figure 1 – *Atherina boyeri*, selected for study

Fish were anesthetized in ice-cold water, killed by a slit behind the gill cover and fixed in 10% formalin for subsequent morphometric and histological examination. All studies were conducted at the Department of Biodiversity and Bioresources of the Al-Farabi Kazakh National University. Morphometric measurements of fish were carried out according to I.F. Pravdin [12]. The general condition factor (CF) was calculated as the ratio of body weight to total length and the Fulton condition index (K index), which is an indicator of fish health [$K = 100 \times (\text{weight} / (\text{total length})^3)$].

Histological studies of gills, liver, muscles, and gonads were performed by standard methods [13]. Stained sections were studied using a Leica DM 6000M optical microscope. Statistical data processing was performed using standard methods and statistical programs Microsoft Excel 2013.

Results and discussion

Table 1 presents growth and weight indices of Caspian atherine (*Atherina boyeri*). The weight of the females-yearlings was $7,03 \pm 0,35$ g and the length was $93,5 \pm 2,42$ mm.

In the table 2 show the general state (CF) and Fulton state factors (K index). The average indicators of the general condition (CF) are $61,00 \pm 3,05$ and the Fulton state factor is $0,63 \pm 0,08$.

Table 1 – Height and weight indicators *Atherina boyeri*, females

№	Weight, g	Mass without internal organs, g	Overall length, mm	Body length without tail, mm
1	6,34	5,73	104	97
2	5,64	5,19	97	91
3	5,03	4,51	96	81
4	6,17	5,62	98	93
5	7,13	6,43	103	96
6	7,71	7,14	103	97
7	7,01	6,44	101	97
8	7,42	6,51	112	96
9	10,33	9,22	118	101
10	6,62	6,13	99	84
11	5,71	5,22	98	83
12	6,74	6,21	103	98
13	7,02	6,39	102	97
14	7,13	6,51	99	93
15	9,45	8,72	116	102

Table 2 – Condition factor (CF) and Fulton's condition index (K index) of *Atherina boyeri*

№	Condition factor (CF)	Fulton's condition index (K index)
1	55,1	0,56
2	53,5	0,62
3	47,0	0,57
4	57,3	0,66
5	62,4	0,65
6	69,3	0,71
7	63,8	0,68
8	58,1	0,53
9	78,1	0,63
10	53,3	0,68
11	53,3	0,61
12	60,3	0,62
13	62,6	0,66
14	65,8	0,73
15	75,2	0,61

When histological examination structures of the respiratory epithelium of gill lobes all fish marked focal changes, manifested in the form of hyperplasia, which affects both the primary gill epithelium and the secondary. The individual lamellae are shortened or typical symmetry is lost due to the destruction of blood vessels and necrobiotic changes

in respiratory cells. Over the entire length of the lamellas, an expansion is noted intercellular space between the layers of respiratory cells. Mucous cells are found along the entire length. Diffuse blood supply of supporting cells. Focal adhesion of adjacent lamellas. Focal depletion of the cellular composition of the primary gill epithelium and an

increase in cellularity, mainly due to mucous cells, the nuclei of which are shifted to the periphery of the cell (figures 2-4).

Histological examination of the liver of *Atherina boyeri* traced two features in the microscopic picture of the organ parenchyma. The first is manifested in the “openwork”: hepatocytes appear empty with a centrally located large nucleus or displaced core on the periphery of the cell with

a reduced nucleus. At high magnification are found in the cytoplasm of large vacuoles. Second, hepatocytes appear enlarged in volume with fine-grained contents in the cytoplasm, while the nucleus is large, lightened with heterogeneously located chromatin. Picture of diffuse expansion of the Disse space. In general, in all individuals, the lobular structure of the liver is preserved (figures 5-7).

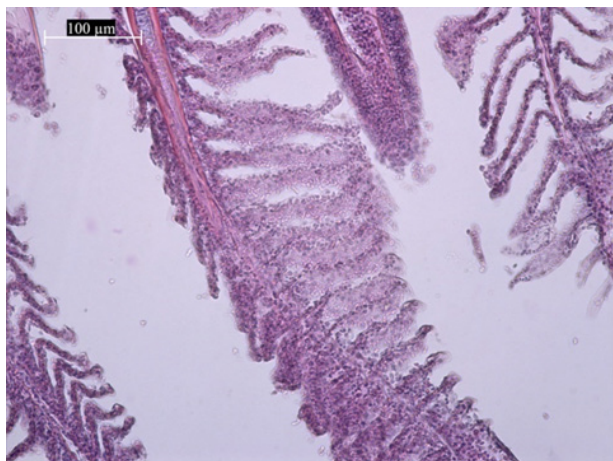


Figure 2 – Hyperplasia of the secondary gill epithelium and destruction of capillaries. Hematoxylin-eosin. Increasing $\times 10$



Figure 3 – 1 – expansion capillaries lamella, expanding intercellular spaces, mucous cells along the entire length of the lamella; 2 – the flattening of the respiratory epithelium of secondary gill epithelium. Separate lamellae on tops like maces thickened. Hematoxylin-eosin. Increasing $\times 10$

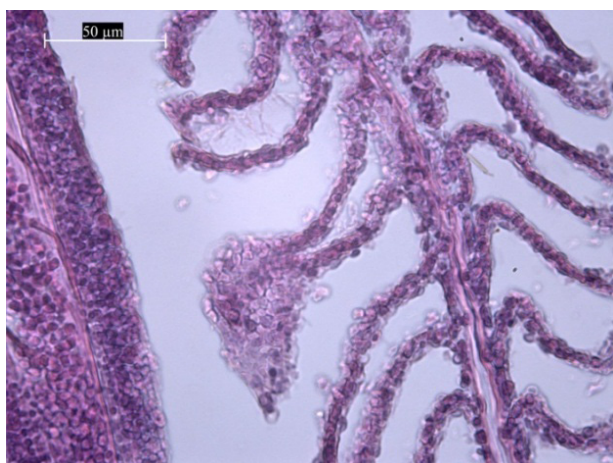


Figure 4 – Lamella shape change: thickening like a mace, fusion of lamellae tops. Hematoxylin-eosin. Increasing $\times 20$

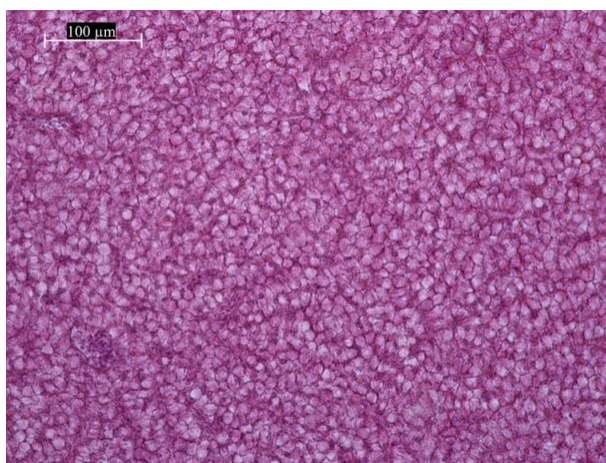


Figure 5 – The nuclei of hepatocytes shifted to the periphery of the cell. Vascular congestion. Hematoxylin-eosin. Increasing $\times 10$

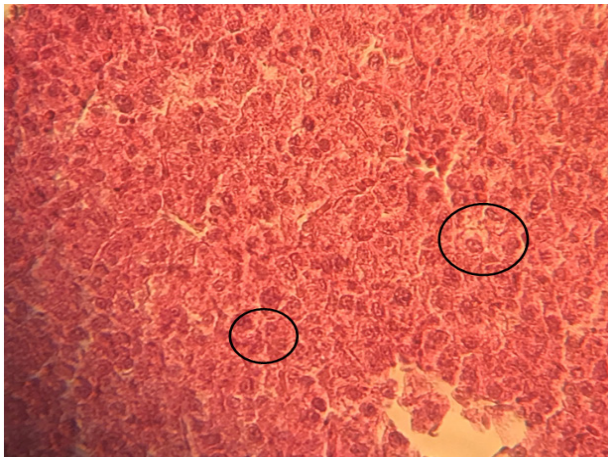


Figure 6 – Granular dystrophy of hepatocytes.
Individual hepatocytes loaded vacuoles.
Hematoxylin-eosin. Increasing $\times 20$

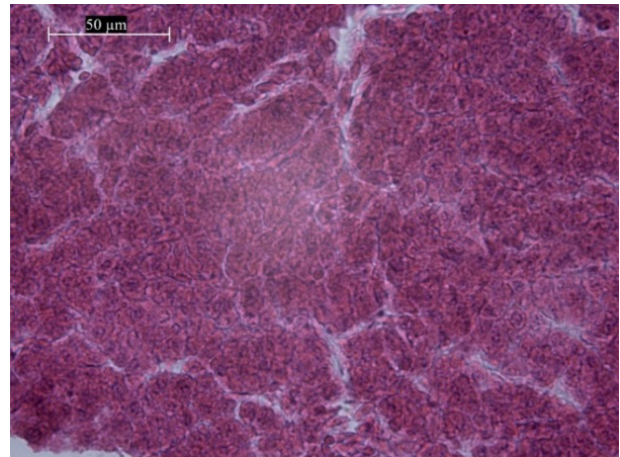


Figure 7 – Diffuse expansion of sinusoids.
Swelling of the stroma. Cell walls appear thickened.
Hematoxylin-eosin. Increasing $\times 20$

In muscles, transverse striation is preserved, fibers with peripherally arranged nuclei. In some individuals focal loss of muscle fibers, individual fibers with small vacuoles (Figures 8 and 9).

In the reproductive system of studied fish not observed destructive changes in germ cells.

On histological sections of the ovaries are located different sized oocytes of cytoplasmic growth, oocytes of the first order on the phases of vitellogenesis with the phenomenon of vacuolization of peripheral cytoplasm and an increase in the number of nucleoli in the nucleus (Figure 10-12).



Figure 8 – Loss of muscle fibers.
Hematoxylin-eosin. Increasing $\times 20$



Figure 9 – Disorganization of muscle fibers.
Hematoxylin-eosin. Increasing $\times 40$

Fish used for assessing the quality of the aqueous medium and serve as bioindicators of environmental pollution. Biomarkers act as “early warning” signals that can detect an adverse effect in biota before it is observed at the population, community or ecosystem level [14]. The results of these studies demonstrate that the use of various potential biomarkers allows you to set the most sensitive indicators to detect water pollution. It is known that the gills provide

breathing processes osmoregulation and excretion in fish. It is the gills that are sensitive to changes in water quality, due to the greater area of contact with the external environment through thin epithelium [15]. The observed pathological changes indicate about lowering respiratory capacity and the occurrence of osmotic imbalance. The liver has been recognized as a target organ for various pollutants. In our study, a histopathological examination of the

liver revealed a circulatory disorder associated with the pathological conditions of the parenchyma of the organ and regressive changes. The observed pathological effects can have a negative impact on the sustainability of fish to stressful influences and

the ability to react to changes in the environment, and including susceptibility to disease that eventually affects survival. In this case, the gills and liver can serve as a biomarker of the effect [16].

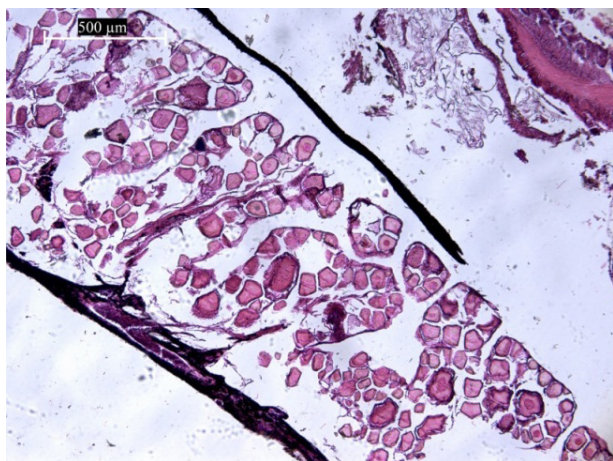


Figure 10 – Histostructure gonads of *Atherina boyeri*
Hematoxylin-eosin. Increasing $\times 10$



Figure 11 – Different dimensions oocytes cytoplasmic growth
Hematoxylin-eosin. Increasing $\times 40$

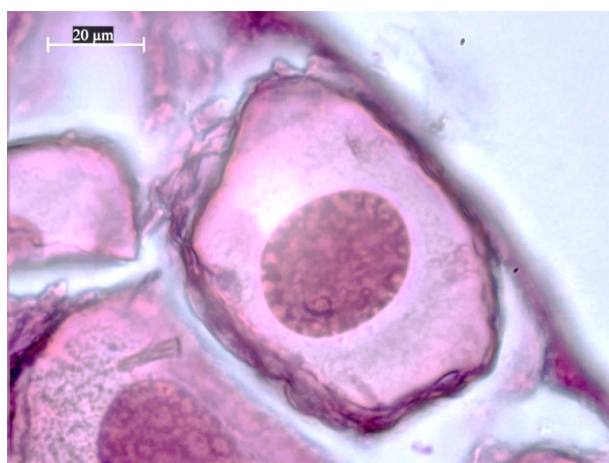


Figure 12 – The oocyte first order.
Hematoxylin-eosin. Increasing $\times 1000$

Conclusion

It is well known that changing environmental conditions cause the appearance of a large number of females in fish. In our studies, all the females in the gonads were no destructive changes.

We propose to use *Atherina boyeri* as a test species for monitoring the Caspian Sea, which provides for the expansion of knowledge about the reaction of fish to various pollutants under experimental conditions, including for validation.

Therefore, it can be argued that the focal view of *Atherina boyeri* can serve as a biomarker of the state of the water basin of the Kazakh sector of the Caspian Sea and to predict the number and quality of commercial species.

Conflict of interest

All authors have read and are familiar with the content of the article and do not have a conflict of interest.

Acknowledgements

Many thanks to Baizakov Tleukan, General Director of Kazecoproject LLP for the opportunity to participate in the project. Gratitude to the Director of the analytical laboratory of Kazecoanalysis LLP Zhapparova Zhannat for providing material for analysis and scientific opinion.

Funding

The work was performed with the conduct of integrated marine studies to assess the state of the biological resources of the Kazakhstan part of the Caspian Sea. Financing was provided by the customer Republican State Institution “Committee for Forestry and Fauna of the Ministry of Agriculture of the Republic of Kazakhstan”, the contractor was Kazecoproject LLP, contract No. 32 dated July 12, 2017.

References

- 1 Ongo G., Trovato M., Mazzei V. et al. *Ligia italica* (Isopoda, Oniscidea) as Bioindicator of Mercury Pollution of Marine Rocky Coasts // *PLoS. One.* – 2013. – Vol. 8, No 3. – P. 1-10.
- 2 Trujillo-Jiménez P, Sedeño-Díaz J.E., López-López E. Assessing the health condition profile in the freshwater fish *Astyanax aeneus* in Champoton River, Mexico // *J. Environ. Biol.* – 2014. -Vol. 35, No 1. – P. 137-145.
- 3 Benedetti M., Gorbi S., Fattorini D. et al. Environmental hazards from natural hydrocarbons seepage: integrated classification of risk from sediment chemistry, bioavailability and biomarkers responses in sentinel species // *Environ. Pollut.* – 2014. – Vol. 185. – P.116-126.
- 4 Brenner M., Broeg K., Frickenhaus S. et al. Multi-biomarker approach using the blue mussel (*Mytilus edulis* L.) to assess the quality of marine environments: Season and habitat-related impacts // *Mar Environ Res.* – 2014. – Vol. 95. – P.13-27.
- 5 Yang S. Xu F.,Zheng B. Wu F.,Wang S. Multibiomarker responses upon exposure to tetrabrombisphenol A in the freshwater fish *Carassius auratus* // *Aquat. Toxicol.* – 2013. – Vol. 15. – P. 248-256.
- 6 Yu Z., Zhang J., Chen X.,Yin D., Deng H. Inhibitions on the behavior and growth of the nematode progeny after prenatal exposure to sulfonamides at micromolar concentrations // *J. Hazard. Mater.* – 2013. – Vol. 15. – P. 198-203.
- 7 Gaume B., Bourgougnon N., Auzoux-Bordenave S. et al. In vitro effects of triclosan and methyl-triclosan on the marine gastropod *Haliotis tuberculata* // *Comp. Biochem. Physiol. c Toxicol. Pharmacol.* – 2012. – Vol. 156, No 2. – P.87-94.
- 8 Dumont H. Ecocide in the Caspian Sea. // *Nature.* – 2005. – Vol. 337. – P. 673–674.
- 9 Dumont H. The Caspian Lake: History, biota, structure, and function. // *Limnol. Oceanogr.*, -2008. – Vol. 43, No 1. – P. 44–52.
- 10 Леонов А.В. Математическое моделирование сезонной динамики концентраций соединений биогенных элементов и биопродуктивности вод северной части Каспийского моря // *Каспийский плавучий университет. Научный бюллетень № 1.* – 2000. – №2. – С. 71-80
- 11 Агатова А.И., Лапина Н.М., Торгунова Н.И., Кирпичев К.Б. Биохимические исследования морских экосистем солоноватых вод // *Водные ресурсы.* – 2001. – Т. 28, №4. – С. 470-479.
- 12 Васильев А.С., Белов А.Б., Коновалов М.Л. О сезонной изменчивости термохалинных и динамических процессов Каспийского моря. – М.: ГОИН, 2002. – 32 с.
- 13 Шалгимбаева С.М., Джумаханова Г.Б., Куликов Е.В., Асылбекова С.Ж. Сравнительная характеристика гистологических изменений в жабрах некоторых видов рыб отрядов *Syrniformes* и *Perciformes* озера Зайсан // *Известия НАН РК.* – 2013. – Т. 299, №5. – С. 67-72.
- 14 Шалгимбаева С.М., Джумаханова Г.Б., Шалгимбаева Г.М., Булавина Н.Б. Влияние иммуномодулятора «Риботан» на состояние жабр у молоди осетровых рыб, выращиваемых в бассейновых условиях Капшагайского НВХ // *Материалы Международной научно-практической конференции “Современные проблемы охотничьево хозяйства Казахстана и сопредельных стран”* (Алматы, 11-12 марта 2014 г.). – Алматы: Казохотрыболовсоюз, 2014. – С. 439-444.
- 15 Джумаханова Г.Б., Шалгимбаева С.М., Жаркова И.М. Гистологические исследования жабр и печени некоторых рыб Алакольской системы озер // *Материалы Второй научной школы молодых ученых и специалистов по рыбному хозяйству и экологии с международным участием, посвященной 100-летию со дня рождения И.Б. Бирмана* (Звенигород, 19-25 апреля 2015 г.). – Москва: ВНИРО, 2015. – С. 24.
- 16 Sarmoldayeva G.R., Shalgimbayeva S.M., Omarova Zh.S., Jumakhanova G.B., Kairat B.K., Dautbayeva K.A. The histomorphologic research on reproductive system of Carp (*Cyprinus carpio* L.) females in Lake Balkhash // *KazNU Bulletin. Biology series.* – 2017. – Vol. 71, No 2. – P. 32-39.
- 17 Dautbayeva K.A., Shalgimbayeva S.M., Omarova Z.S., Jumakhanov G.B. The feeding habits of bream (*Abramis brama*) and roach in the Northern part of the Caspian Sea // *KazNU Bulletin. Biology series.* – 2017. – Vol. 70, №2. – P. 22-30.
- 18 Джумаханова Г.Б., Шалгимбаева С.М., Касымбекова Г.Ы., Черепкова Н.В. Патоморфологические изменения в органах воблы Камышлыбашского рыбопитомника // *Материалы III научной школы молодых учёных и специалистов по рыбному хозяйству и экологии, с международным участием, посвященной 140-летию со дня рождения К.М. Дерюгина. “Перспективы рыболовства и аквакультуры в современном мире”* (Звенигород, 15-21 апреля 2018 г.). – Москва: Изд. ВНИРО, 2018. – С. 81.

19 Жумагазеева Д.Ж., Джумаханова Г.Б., Шалгимбаева С.М. Патоморфологический анализ некоторых органов атерины // Материалы III научной школы молодых учёных и специалистов по рыбному хозяйству и экологии, с международным участием, посвященной 140-летию со дня рождения К.М. Дерюгина. “Перспективы рыболовства и аквакультуры в современном мире” (Звенигород, 15-21 апреля 2018 г.). – Москва: Изд. ВНИРО, 2018. – С. 87.

20 Корбозова Н.К., Джумаханова Г.Б., Шалгимбаева С.М., Кудрина Н.О. Патоморфологические изменения в органах сеголеток белого амура *Ctenopharyngodon idella*, выращиваемого в прудовых условиях // Материалы III научной школы молодых учёных и специалистов по рыбному хозяйству и экологии, с международным участием, посвященной 140-летию со дня рождения К.М. Дерюгина. “Перспективы рыболовства и аквакультуры в современном мире” (Звенигород, 15-21 апреля 2018 г.). – Москва: Изд. ВНИРО, 2018. – С. 101.

21 Джумаханова Г.Б., Шалгимбаева С.М., Пазылбек М.Ж., Қасымбекова Г.Ы., Сармолдаева Ғ.Р. Қошқаркөл көліндегі кейбір кәсіптік балықтардың ішкі мүшелеріне жасалынған гистопатологиялық зерттеулер // әл-Фараби атындағы Қазақ ұлттық университетінің Биология мұражайының 80 жылдығына арналған «Қазақстан және оған шектес аумақтардағы биоалуантүрлілікті табиғатта және коллекцияларда сақтау» атты халықаралық ғылыми-практикалық конференция материалдары (Алматы, 13-14 қазан 2016 ж.). – Алматы: Қазақ университеті, 2016. – Б. 45-48.

22 Омарова Ж.С., Шалгимбаева С.М., Джумаханова Г.Б., Жумагазеева Д.Ж. Ботрицефалез карпа из рыбоводного хозяйства Кызылординской области // Материалы III научной школы молодых учёных и специалистов по рыбному хозяйству и экологии, с международным участием, посвященной 140-летию со дня рождения К.М. Дерюгина. “Перспективы рыболовства и аквакультуры в современном мире” (Звенигород, 15-21 апреля 2018 г.). – Москва: Изд. ВНИРО, 2018. – С. 120.

23 Правдин И.Ф. Руководство по изучению рыб. – М.: Пищевая промышленность, 1966. – 375 с.

24 Роскин Г. И., Левинсон Л. Б. Микроскопическая техника. – М.: Советская наука, 1957. – 469 с.

25 Ромейс Б. Микроскопическая техника. – М.: Иностранная литература, 1953. – 718 с.

References

1 Agatova A.I., Lapina N.M., Torgunova N.I., Kirpichev K.B. (2001) Biokhimicheskiye issledovaniya morskikh ekosistem solonovatykh vod [Biochemical studies of marine ecosystems of brackish waters]. Water resources. vol. 28, no. 4, pp. 470-479.

2 Benedetti M., Gorbi S., Fattorini D. et al. (2014) Environmental hazards from natural hydrocarbons seepage: integrated classification of risk from sediment chemistry, bioavailability and biomarkers responses in sentinel species. Environ. Pollut. vol. 185, pp.116-126.

3 Brenner M., Broeg K., Frickenhaus S. et al. (2014) Multi-biomarker approach using the blue mussel (*Mytilus edulis* L.) to assess the quality of marine environments: Season and habitat-related impacts. Mar Environ Res. vol 95, pp.13-27.

4 Dautbayeva K.A., Shalgimbayeva S.M., Omarova Z.S., Jumakhanov G.B. (2017) The feeding habits of bream (*Abramis brama*) and roach in the Northern part of the Caspian Sea. KazNU Bulletin. Biology series. vol. 70, no. 2, pp. 22-30.

5 Dumont H. (2005) Ecocide in the Caspian Sea. Nature. vol. 337, pp. 673–674.

6 Dumont H. (2008) The Caspian Lake: History, biota, structure, and function. Limnol. Oceanogr. vol. 43, no 1, pp. 44–52.

7 Dzhumahanova G.B., Shalgimbaeva S.M., Zharkova I.M. (2015) Gistologicheskiye issledovaniya zhabr i pecheni nekotorykh ryb Alakol'skoy sistemy ozer [Histological examination of the gills and liver of some fish of the Alakol lakes system]. Materials of the 2nd Scientific School of Young Scientists and Specialists in Fisheries and Ecology with international participation, dedicated to the 100th anniversary of the birth of I.B. Birman. VNIRO, Zvenigorod, Moscow, April 19-25, 2015, pp. 24.

8 Dzhumakhanova G.B., Shalgimbaeva S.M., Kasymbekova G.Y., Cherepkova N.V. (2018) Patomorfologicheskiye izmeneniya v organakh vobly Kamyshlybashskogo rybopitomnika [Pathological changes in the organs of the vobla of the Kamyshlybashsky hatchery]. Materials of the 3rd scientific school of young scientists and specialists in fisheries and ecology, with international participation, dedicated to the 140th anniversary of the birth of K.M. Deryugin “Prospects for fisheries and aquaculture in the modern world”. VNIRO, Zvenigorod, Moscow, April 15-21, 2018, pp. 81.

9 Dzhumakhanova G.B., Shalgimbaeva S.M., Pazyzbek M.Zh., Kasymbekova G.Y., Sarmoldayeva G.R. (2016) Qoshqarkól kólindegi keibir kásiptik balyqtardıń ishki múshelerine jasalynǵan gistopatologıyalıq zertteýler [Histopathological examination of internal organs of some professional fish in Koshkarkol lake]. Materials of international scientific-practical conference "Preservation of biodiversity in nature and in collections in Kazakhstan and surrounding territories" dedicated to the 80th anniversary of the Biology Museum of the Al-Farabi Kazakh National University. Qazaq ǵıversiteti, Almaty, October 13-14, 2016, pp. 45-48.

10 Gaume B., Bourgougnon N., Auzoux-Bordenave S. et al. (2012) In vitro effects of triclosan and methyl-triclosan on the marine gastropod *Haliotis tuberculata*. Comp. Biochem. Physiol. c Toxicol. Pharmacol. vol. 156, no 2, pp. 87-94.

11 Korbozova N.K., Dzhumakhanova G.B., Shalgimbaeva S.M., Kudrina N.O. (2018) Patomorfologicheskiye izmeneniya v organakh segoletok belogo amura *Ctenopharyngodon idella*, vyrashchivayemogo v prudovykh usloviyakh [Pathological changes in the organs of *Ctenopharyngodon idella* fingerlings of white carp grown in pond conditions]. Materials of the 3rd scientific school of young scientists and specialists in fisheries and ecology, with international participation, dedicated to the 140th anniversary of the birth of K.M. Deryugin “Prospects for fisheries and aquaculture in the modern world”. VNIRO, Zvenigorod, Moscow, April 15-21, 2018, pp. 101.

12 Leonov A.V. (2000) Matematicheskoye modelirovaniye sezonnoy dinamiki kontsentratsiy soyedineniy biogenykh elementov i bioproduktivnosti vod severnoy chasti Kaspiyskogo morya [Mathematical modelling of the seasonal dynamics of the concentrations of compounds of biogenic elements and the biological productivity of the waters of the Northern part of the Caspian sea]. Caspian floating University. Scientific Bulletin No 1. vol. 2, pp. 71-80.

- 13 Omarova Z.S., Shalgimbaeva S.M., Dzhumakhanova G.B., Zhumagazeyeva D.Zh. (2018) Botritsefalez karpa iz rybovodnogo khozyaystva Kyzylordinskoy oblasti [Botricephalosis carp from fish farm of Kyzylorda region]. Materials of the 3rd scientific school of young scientists and specialists in fisheries and ecology, with international participation, dedicated to the 140th anniversary of the birth of K.M. Deryugin "Prospects for fisheries and aquaculture in the modern world". VNIRO, Zvenigorod, Moscow, April 15-21, 2018, pp. 120.
- 14 Pravdin I.F. (1966) Rukovodstvo po izucheniyu ryb [Guide to the study of fish]. Food industry, Moscow, Russia. pp. 375.
- 15 Romeis B. (1953) Mikroskopicheskaya tekhnika [Microscopic technique]. Foreign Literature, Moscow, Russia. pp. 718.
- 16 Roskin G.I. Levinson L.B. (1957) Mikroskopicheskaya tekhnika [Microscopic technique]. Soviet Science, Moscow, Russia. pp. 469.
- 17 Sarmoldayeva G.R., Shalgimbayeva S.M., Omarova Zh.S., Jumakhanova G.B., Kairat B.K., Dautbayeva K.A. (2017) The histomorphologic research on reproductive system of Carp (*Cyprinus carpio* L.) females in Lake Balkhash. KazNU Bulletin. Biology series. vol. 71, no. 2. pp. 32-39.
- 18 Shalgimbaeva S.M., Dzhumakhanova G.B., Shalgimbaeva G.M., Bulavina N.B. (2014) Vliyaniye immunomodulyatora «Ribotan» na sostoyaniye zhabr u molodi osetrovyykh ryb, vyrashivayemykh v basseynovykh usloviyakh Kapshagayskogo NVKH [Influence of the immunomodulator "Ribotan" on the state of the gills of sturgeon fry raised in the basin conditions of the Kapshagaysky NVH]. Materials of the International scientific-practical conference "Modern problems of hunting economy of Kazakhstan and neighboring countries". Institute of Zoology, Almaty, March 11-12, 2014, pp. 439-444.
- 19 Shalgimbaeva S.M., Dzhumakhanova G.B., Kulikov E.V., Asylbekova S.Zh. (2013) Sravnitel'naya kharakteristika gistolicheskikh izmeneniy v zhabrakh nekotorykh vidov ryb otriyadov Cypriniformes i Perciformes ozera Zaysan [Comparative characteristics of histological changes in gills of some fish species of Cypriniformes and Perciformes groups of lake Zaisan]. News of the NAS RK. Series of Biological and Medical. vol. 299, no. 5, pp. 67-72.
- 20 Trujillo-Jiménez P, Sedeño-Díaz J.E., López-López E. (2014) Assessing the health condition profile in the freshwater fish *Astyanax aeneus* in Champoton River, Mexico. J. Environ. Biol. vol. 35, no 1, pp. 137-145.
- 21 Vasilyev A.S., Belov A.B., Konovalov M.L. (2002) O sezonnoy izmenchivosti termokhalinnykh i dinamicheskikh protsessov Kaspiyskogo morya [On the seasonal variability of thermohaline and dynamical processes of the Caspian sea]. GOIN, Moscow, Russia. pp. 32.
- 22 Yang S., Xu F., Zheng B. Wu F., Wang S. (2013) Multibiomarker responses upon exposure to tetrabrombisphenol A in the freshwater fish *Carassius auratus*. Aquat. Toxicol. vol. 15, pp. 248-256.
- 23 Yu Z., Zhang J., Chen X., Yin D., Deng H. (2013) Inhibitions on the behavior and growth of the nematode progeny after prenatal exposure to sulfonamides at micromolar concentrations. J. Hazard. Mater. vol. 15, pp. 198-203.
- 24 Zhumagazeyeva, D.Zh., Dzhumakhanova, G.B., Shalgimbaeva, S.M. (2018) Patomorfologicheskiiy analiz nekotorykh organov ateriny [Pathomorphological analysis of some organs of atherina] Materials of the 3rd scientific school of young scientists and specialists in fisheries and ecology, with international participation, dedicated to the 140th anniversary of the birth of K.M. Deryugin "Prospects for fisheries and aquaculture in the modern world". VNIRO, Zvenigorod, Moscow, April 15-21, 2018, pp. 87.
- 25 Ongo G., Trovato M., Mazzei V. et al. (2013) *Ligia italica* (Isopoda, Oniscidea) as Bioindicator of Mercury Pollution of Marine Rocky Coasts. PLoS. One. vol. 8, no 3, pp. 1-10.

**Досымбекова Р.С.¹, Тунгушбаева З.Б.¹, Шарипов К.О.²,
Таскаева Ю.С.³, Соловьева А.О.³, Бгатова Н.П.³**

¹Абай атындағы Қазақ ұлттық педагогикалық университеті,
Қазақстан, Алматы қ., e-mail: dos.raushan@mail.ru

²«Ұлттық медицина университеті» Акционерлік Қоғамы, Қазақстан, Алматы қ.

³Клиникалық және эксперименттік лимфология ғылыми-зерттеу институты –
Ресей ғылым академиясының Сібір бөлімшесінің цитология және генетика институтының
Федералдық зерттеу орталығы, Ресей, Новосібір қ.

ГЕПАТОКАРЦИНОМА-29 ЖАСУШАЛАРЫНДАҒЫ ГЕТЕРОГЕНДІЛІК ЖӘНЕ БАЗАЛЬДЫ АУТОФАГИЯ

Зерттеу тақырыбымыз қазіргі заманғы эксперименттік онкологияның өзекті бағыты – қатерлі ісік жасушасының тіршілігін сақтап қалудағы және жойылудағы аутофагияның рөлін зерттеу мәселесі болып табылады. Бұл жұмыстың мақсаты гепатокарцинома-29 популяциясының жасушалық гетерогендігін және ісік жасушаларының тіршілігін сақтап қалу тәсілі ретінде аутофагияның дамуын зерттеу болды. Жұмыстың ғылыми маңыздылығы ісік жасушаларының тіршілігін сақтап қалу тәсілі болып табылатын гепатокарцинома жасушаларының белгілі бір типтерінде базальды аутофагияның дамуы туралы бұрын белгісіз фактілерді анықтау болып табылады. Осы зерттеудің жаңалығы ісік жасушалары популяциясының өмір сүруіне және аутофагия үрдісінің құрылымдық ерекшеліктері мен белсенділігі туралы мәліметтер алуға ықпал ететін, аутофагия үрдісі дамиды гепатокарцинома жасушаларының типтерін анықтау болып табылады. Жұмыстың практикалық маңыздылығы – гепатокарциномаға таргеттік терапияны қолдануға болатын әдісті дайындау үшін, алынған мәліметтерге талдау жасай отырып, түрлі жасушалық сигналдардың бір мезгілде іске қосылуына мүмкіндік беретін цитостатиктер және аутофагия индукторларымен үйлесімді әсер көрсету арқылы апоптозды және аутофагиялық жасушалық жойылуды ынталандыру.

Зерттеу жұмысы барысында гепатокарцинома-29 (Г-29) жасушаларын көбейтіп, мәліметтер алу үшін жарық және электрондық микроскопия әдістері қолданылды. Алынған мәліметтерді талдау барысында Г-29 жасушалар популяциясына гетерогенділік тән екені анықталды. Гетерогенділік, жасушалардың мөлшері және ядро мен цитоплазманың көлемдік үлесін салыстыру арқылы анықталды. Жасушалардың көлемі мен ядролық-цитоплазмалық арақатынасы туралы алынған мәліметтер бойынша жасушалар бес типке бөлінді, яғни дифференциацияланудың бес сатысына сәйкес келді. Аутофагиялық құрылымдар дифференциацияланудың IV және V сатысындағы жасушаларда анықталды, олар: аутофагосомалар, аутолизосомалар және лизосомалар. Алынған мәліметтер жасушалық биологияға, цитология мен гистологияға, сондай-ақ онкологияға елеулі үлес қоса алады.

Түйін сөздер: гепатокарцинома-29, гетерогенділік, жасушалардың жіктелу сатысы, аутофагия.

Dossymbekova R.S.¹, Tungushbaeva Z.B.¹, Sharipov K.O.²,
Taskaeva Y.S.³, Solovieva A.O.³, Bgatova N.P.³

¹Kazakh national pedagogical University named after Abai, Kazakhstan, Almaty, e-mail: dos.raushan@mail.ru

²JSC "National medical University", Kazakhstan, Almaty

³Research Institute of clinical and experimental lymphology-branch of the Federal research center Institute of Cytology and genetics of the Siberian branch of the Russian Academy of Sciences, Russia, Novosibirsk

Heterogeneity and basal autophagy in the cells of hepatocarcinoma-29

The topic of research is the current direction of modern experimental oncology – the problem of studying the role of autophagy in the survival and death of a cancer cell. The purpose of this work was to study the cell heterogeneity of the hepatocarcinoma-29 population and the development of autophagy as a way of surviving tumor cells. The scientific significance of the work lies in obtaining previously unknown facts about the development of basal autophagy in certain types of hepatocarcinoma cells, which is a way of surviving tumor cells. The novelty of this study is to identify the types of hepatocarcinoma cells in which the process of autophagy develops, contributing to the survival of the tumor cell population and obtaining data on the structural features and activity of the autophagy process. The practical significance of the work lies in the possibility of using the obtained data for the development of targeted therapy of hepatocarcinoma through the combined use of inducers of autophagy and cytostatics, which will simultaneously use different cellular signaling pathways to stimulate apoptosis and autophagic cell death. The work was performed on the culture of hepatocarcinoma -29 cells using light and electron microscopy. The heterogeneity of the population of cells was revealed, which is determined by the size of the cells and the volume fraction of the nucleus and cytoplasm. In terms of cell volume and nuclear-cytoplasmic ratio, five types of cells are distinguished, corresponding to five stages of differentiation. In the IV and V cells of the differentiation stages, autophagic structures were revealed: autophagosomes, autolysosomes, and lysosomes. The findings make a significant contribution to cell biology, cytology and histology, as well as oncology.

Key words: hepatocarcinoma-29, heterogeneity, stages of cell differentiation, autophagy.

Досымбекова Р.С.¹, Тунгушбаева З.Б.¹, Шарипов К.О.²,
Таскаева Ю.С.³, Соловьева А.О.³, Бгатова Н.П.³

¹Казахский национальный педагогический университет имени Абая,
Казахстан, г. Алматы, e-mail: dos.raushan@mail.ru

²АО «Национальный медицинский университет», Казахстан, г. Алматы

³Научно-исследовательского институт клинической и экспериментальной лимфологии –
филиал Федерального исследовательского центра Института цитологии и генетики
Сибирского отделения Российской академии наук, Россия, г. Новосибирск

Гетерогенность и базальная аутофагия в клетках гепатокарциномы-29

Тема исследования представляет собой актуальное направление современной экспериментальной онкологии – проблему исследования роли аутофагии в выживании и гибели раковой клетки. Целью данной работы было изучение клеточной гетерогенности популяции гепатокарциномы-29 (Г-29) и развития аутофагии как способа выживания опухолевых клеток. Научная значимость работы заключается в получении ранее неизвестных фактов о развитии базальной аутофагии в определенных типах клеток гепатокарциномы, которая является способом выживания опухолевых клеток. Новизной данного исследования является выявление типов клеток гепатокарциномы, в которых развивается процесс аутофагии, способствующий выживанию популяции опухолевых клеток и получению данных о структурных особенностях и активности процесса аутофагии. Практическая значимость работы заключается в возможности использования полученных данных для разработки таргетной терапии гепатокарциномы путем комбинированного применения индукторов аутофагии и цитостатиков, что позволит одновременно задействовать различные клеточные сигнальные пути для стимуляции апоптоза и аутофагической клеточной гибели. Работа выполнена на культуре клеток гепатокарциномы -29 с использованием методов световой и электронной микроскопии. Выявлена гетерогенность популяции клеток Г-29, которая определяется размерами клеток и объемной долей ядра и цитоплазмы. По объему клеток и ядерно-цитоплазматическому соотношению выделено пять типов клеток, соответствующих пяти стадиям дифференцировки. В клетках IV и V стадий дифференцировки выявлены аутофагические структуры: аутофагосомы, аутолизосомы и лизосомы. Полученные данные вносят значительный вклад в клеточную биологию, цитологию и гистологию, а также онкологию.

Ключевые слова: гепатокарцинома-29, гетерогенность, стадии дифференцировки клеток, аутофагия.

Қысқартулар

Г-29- гепатокарцинома-29.

Кіріспе

Замануи биология және медицина саласындағы қазіргі кездегі өзекті мәселелердің бірі қатерлі ісік жасушаларының жойылуын туындататын индукциялау әдісін іздестіру мәселе болып отыр. Қатерлі ісік жасушаларының тіршілік циклына бағыттап әсер көрсетуді күрделендіретін ісік жасушалары популяциясындағы гетерогенділік. Жасушаның гетерогенділігін сипаттайтын келесі белгілер: бағаналы қатерлі ісік жасушаларының болуы және жасушалық цикл мен жасушаларда әртүрлі жасушалық жіктелу сатысының жүріп жатуы [1].

Қатерлі ісік жасушалары ішіндегі адамда кездесетін гепатокарцинома, ең бір агрессивті ісіктер қатарына жатады. Басқа қатерлі ісіктер сияқты [2] гепатокарцинома популяциясындағы жасушалар жоғары дәрежедегі гетерогенділікпен сипатталады [3].

Гепатокарциноманың даму себебі жасуша бағдарламасындағы оның жойылуы туралы мәліметінің бұзылуымен өзара байланысты деп саналады [4]. Жасушаның бағдарлама бойынша жойылуының негізгі типтерін дамудың құрамындағы сипаттама бойынша біріктіріп, бірнеше нұсқаларға бөлуге болады: апоптоз, аутофагиялық жойылу және бағдарламалы некроз [5]. Гепатокарцинома жасушаларында некроз, апоптоз және аутофагия дами алады деп есептейді [6]. Некроз жергілікті және жүйелі қабыну процесін жиі ынталандырады. Апоптоз және аутофагия қабыну процесін тудырмайды, сондықтан оларды ісікті емдеуге арналған терапиялық нысаналар ретінде қарастырады [7]. Соңғы уақытта аутофагия үрдісі зерттеушілердің қызығушылығын туындатуда. Аутофагия-жасушаішілік компоненттердің құлдырауы, бұзылуының және жасушадағы синтетикалық үрдістер үшін кейіннен пайдаланудың жасушаішілік механизмі [8]. Бір жағынан, аутофагия ісік жасушаларының өмір сүруіне ықпал етуі мүмкін, ал екінші жағынан ісік жасушаларының аутофагиялық жойылуын туындатуы мүмкін [9]. Алайда қазіргі уақытқа дейін гепатокарцинома жасушаларында базальды аутофагияның болуы туралы дәлелді деректер жоқ.

Бұдан бұрын, морфологиялық белгілердің негізінде гепатокарцинома жасушалары жіктелудің сатыларына сәйкес, 5 түрге бөлінді [10].

1-3 типті жасушалар белсенді көбеюге қабілетті жасушалар болып табылса, ал 4-5 сатыдағы жасушалар жетілген дифференциацияланған жасушалар болып табылады.

Бұл жұмыста гепатокарциноманың гетерогенді популяциясындағы жасушалардың қатерлі ісігі мен өміршеңдігі жасушалардың белгілі бір түрлерінде аутофагияның базальды деңгейімен қолдайтыны туралы гипотеза ұсынылады.

Осы зерттеудің жаңалығы ісік жасушалары популяциясының тіршілігіне және аутофагия процесінің құрылымдық ерекшеліктері мен белсенділігі туралы мәліметтер алуға ықпал ететін, аутофагия үдерісі дамиды гепатокарцинома жасушаларының типтерін анықтау болып табылады. Қойылған міндеттерді шешу үшін нақты морфологиялық белгілердің негізінде ісік жасушаларын жіктелу сатысына сәйкес келетін типтерге бөлу жүргізіледі және олардың мөлшері анықталады. Электрондық микроскопияның көмегімен гепатокарцинома жасушаларының әртүрлі типтерін ультрақұрылымдық ұйымдастырылуы зерттелетін болады, аутофагиялық құрылымдардың пайда болуының әртүрлі кезеңдері анықталып, аутофагия үрдісі дамиды жасушалардың нақты түрлері анықталады.

Бұл зерттеудің өзектілігі мен жаңалығы аутофагия үрдістеріне және ол дамиды жасушалардың түрлері туралы білімді, аутофагия индукторлары мен цитостатиктерді пайдаланып, ісіктің осы түрінің таргеттік терапия әдісін құрастырып, оны қолдану, бұл апоптозды және аутофагиялық жасушалық жойылуды ынталандыру үшін бір мезгілде түрлі жасушалық сигналдық жолдарды іске қосуға мүмкіндік береді.

Зерттеудің мақсаты: ісік жасушаларының тіршілігін сақтап қалудағы аутофагияның дамуы мен гепатокарцинома-29 популяциясындағы жасушалардың гетерогенділігін қарастыру.

Зерттеу материалдары мен әдістері

СБ РФА-ның Цитология және генетика институтының (Новосібір қаласы, Ресей) қызметкерлері гепатокарцинома-29 (ГК-29) жасушаларын өндірі және анықтады [11]. ГК-29 жасушаларын құрамында 10% сиыр ұрығының қан сарысуымен RPMI өсуге ықпалы бар қоректік ортада CO₂ инкубаторында 37°C культивация жүргізілді. Егіс концентрациясы 1 мл 2,0x10⁶ мөлшеріндегі жасушаны құрады. Сәулелі оптикалық және электронды-микроскоптармен зерттеу үшін арнайы Хенкс ортада дайындалған

4% параформальдегид ерітіндісінде ГК-29 жасушаларының белгілі мөлшері фиксацияланды, одан кейін 1 сағат фосфаттық буферде (рН 7,4) 1% OsO₄ ерітіндісінде тағы да фиксация жүргізілді, дегидратацияны этил спиртіннің ұлғаю концентрациясында жүргізіп, эпонмен қапталды (Serva, Германия). Қалыңдығы 1 мкм болатын жартылай жіңішке кесінділері Leica EM UC7 (Германия/Швейцария) ультрамикротомында дайындалды, толуидинді көкпен боялып, сәулелі микроскоп “LEICA DME” (Германия) арқылы зерттелді. Қалыңдығы 70-100 нм болатын ультражіңішке кесінділерді сулы ерітіндіде қаныққан уранилацетат және қорғасын цитратымен контрастылығын келтіріп, электронды микроскоппен JEM 1010 (Жапония) зерттелді.

Морфометриялық талдау Image J (Wayne Rasband, АҚШ) компьютерлік бағдарламаның көмегімен жүргізілді. Жарықты микроскопияның көмегімен ядролар мен цитоплазманың диаметрлерін, ядролар мен цитоплазманың көлемін және Г-29 ісік жасушаларының ядролық-цитоплазмалық арақатынасын анықтады. Электронды микроскопияның көмегімен аутофагиялық құрылымдар анықталды. Аутофагосома термині деп органеллалар бар немесе оларсыз интактілі (бұзылған) цитоплазмадан тұратын жасушаның құрылымы, не селективті аутофагияға (митохондрия, пероксисомалар және т.б.) қатысатын және мұндай жағдайда мақсатты жасушалық компоненттерден тұратын құрылым түсінілді. Аутофагосомалар екі параллель мембраналық қабаттың арасында тар электронды мөлдір саңылауы бар. Аутолизосома терминімен бір шекаралық мембранасы бар және бұзылудың әр түрлі сатыларында гетерогенді электрондытығыз цитоплазмалық материал бар везикулдарды білдіреді. Салыстырмалы гомогенді құрамы бар ұсақ, электрондық тығыз құрылымдар лизосома ретінде анықталды. Аутофагосома, аутолизосома және лизосомалардың көлемдік тығыздықтары есептелді.

Алынған нәтижелерге статистикалық өңдеу STATISTICA v. 6 (StatSoft Inc., АҚШ) пакет бағдарламасын қолдану арқылы есептелді. Айырмашылық мағанасын бағалау және дәлелдеу 95% ($p < 0,05$) деңгейін U-критерий Манна-Уитни көрсеткішін қолдану арқылы анықталды.

Зерттеу нәтижелері және оларды талдау

Жұмыс барысы 3 кезеңге бөлінді. Бірінші кезеңде жарықты микроскопияның көмегімен

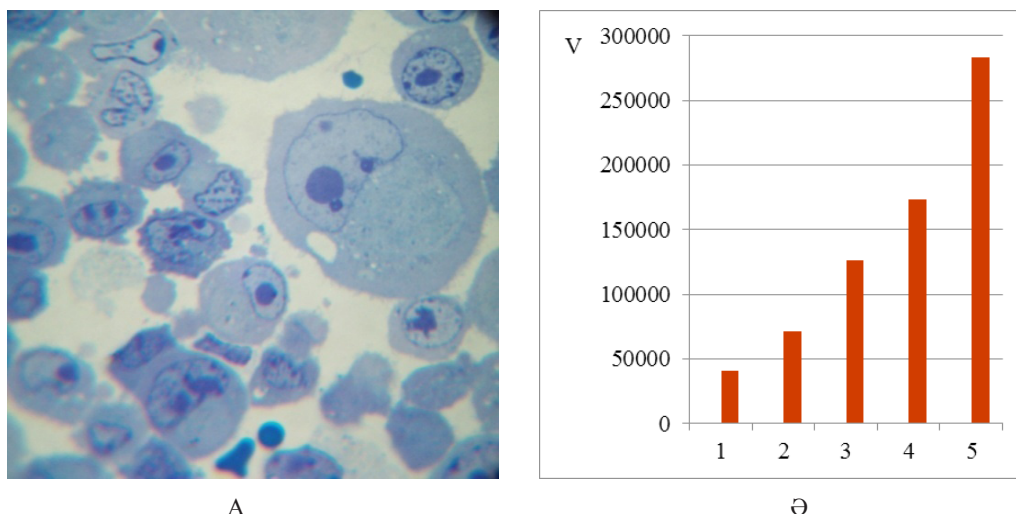
гепатокарцинома-29 гетерогенді популяциясы, бұрын әзірленген морфологиялық белгілерге сәйкес жасушалық типтерге бөлінді. Екінші кезеңде электронды микроскопиясының көмегімен гепатокарцинома жасушаларында аутофагиялық құрылымдар анықталды. Үшінші кезеңде аутофагияның дамуы көбінесе жасушалардың қандай түрлерінде орын алатыны талданды.

Сәулелі оптикалық микроскоппен ГК-29 жасушаларын зерттеу барысында ондағы жасушалармен ядроларының мөлшерлері және цитоплазма құрамы бойынша бір-бірінен ерекшеленетіні анықталды. ГК-29 жасушалары мен олардың ядролары дөңгелек пішінді. Ядроның ішіндегі спиралданған хроматиндер ірі біркелкі емес топталған түрде орналасқан (1А-сурет).

Жасушалардың көлемін өлшеу кезінде берілген параметрлердің өлшемдері бойынша ГК-29 жасушалары 5 типке бөлініп, бір-бірінен ($p < 0,05$) анық ерекшелетіні анықталды. Олардың ішінде ең көп кездескендері көлемі $41046,6 \pm 5182,60 \text{ мкм}^3$ тең болды, бірінші типтегі ұсақ жасушалар 44% болса. Кездесу жиілігі бойынша екінші типтегі жасушалар 35% болып, екінші орынды иеленді, олардың көлемі $71049,33 \pm 1435,08 \text{ мкм}^3$ құрады. Үшінші типтегі жасушалардың көлемі $126027,1 \pm 2638,67 \text{ мкм}^3$ құрап, кездесу жиілігі бойынша 15% болды. Төртінші типтегі жасушалардың кездесу жиілігі 4% және олардың көлемі $173777,2 \pm 4997,76 \text{ мкм}^3$ тең. Бесінші типтегі алып жасушалардың кездесу жиілігі 2%, ал көлемдері $283499,7 \pm 38274,66 \text{ мкм}^3$ дейін теңелген (1Ә-сурет).

ГК-29 жасушалары ядролық-цитоплазмалық арақатынасының мөлшері бойынша да бір-бірінен нақты ажыратылып, 5 типке бөлінді ($p < 0,05$). Бірінші типтегі жасушалардың ядролық-цитоплазмалық арақатынасының мөлшері $0,113 \pm 0,013$ тең болып, кездесу жиілігі 34% құрады. Екінші типтегі жасушалардың ядролық-цитоплазмалық арақатынасының мөлшері $0,243 \pm 0,007$ тең болса, кездесу жиілігі 41% тең. Үшінші типтегі жасушалардың ядролық-цитоплазмалық арақатынасының мөлшері $0,43 \pm 0,01$ тең, ал кездесу жиілігі 15%. Төртінші типтегі жасушалардың ядролық-цитоплазмалық арақатынасының мөлшері $0,609 \pm 0,122$ тең болса, кездесу жиілігі 6% тең.

Бесінші типтегі жасушалардың ядролық-цитоплазмалық арақатынасының мөлшері $0,947 \pm 0,076$ тең болса, кездесу жиілігі 4% тең болды (2-сурет).



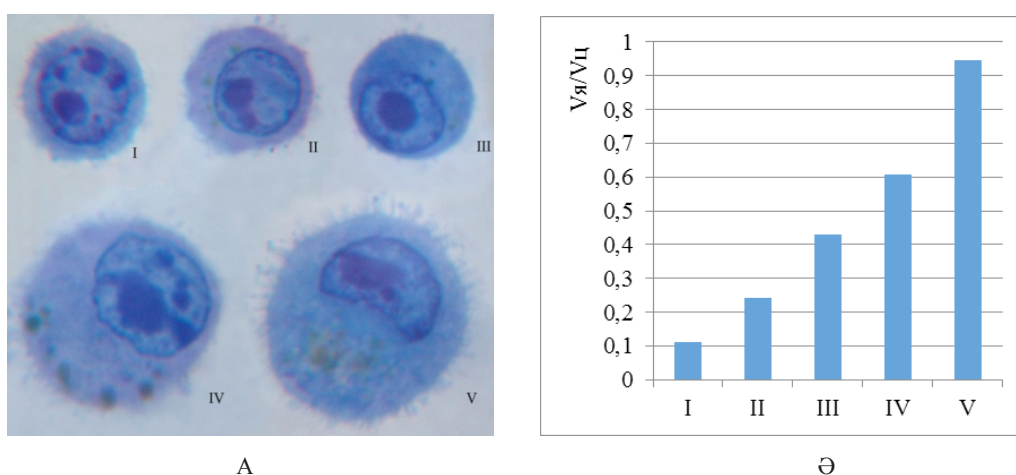
А –ГК-29 жасушаларының әртүрлі мөлшері. Толуидин көгімен боялған. Ұлғайтылған х400.
 Ә – ГК-29 жасушаларының көлемін мөлшері бойынша бөлу.
 1-5 – типтегі жасушалар, олардың көлемін мөлшері бойынша негіздеу;
 V – жасушалардың көлемінің мөлшері, мкм³

1-сурет – ГК-29 популяциясының гетерогенділігі

Г-29 жасушаларын ядро-цитоплазмалық мөлшерінің арақатынасы бойынша топтарға бөлгенде, бұрынғы алынған нәтижелер сияқты 5 сатыдағы жасушалардың жіктелуіне сәйкес келеді. Зерттеу барысында Г-29 жасушаларының ішіндегі басымкездесетін бөлігі I-III сатыдағы пролиферация жүріп жатқан диплоидты жасушаларда байқалды, олардың ядро-цитоплазмалық индекстерінің мағанасы жоғары болды.

IV және V сатыдағы жасушалар бөлінуге қабілеттілігі шектелген және жіктелген, ал мөлшері бойынша алып жасушалар көп ядролы полиплоидтар ретіне қарастырылды [10].

Жасушалардың цитоплазмасында жіктелудің бірінші сатысынан бөлінген, окшауланған жеке митохондрия, әлсіз айқын көрінген гранулярлы эндоплазмалық ретикулум мембраналары, бос полисомалық рибосомалар басым болды.

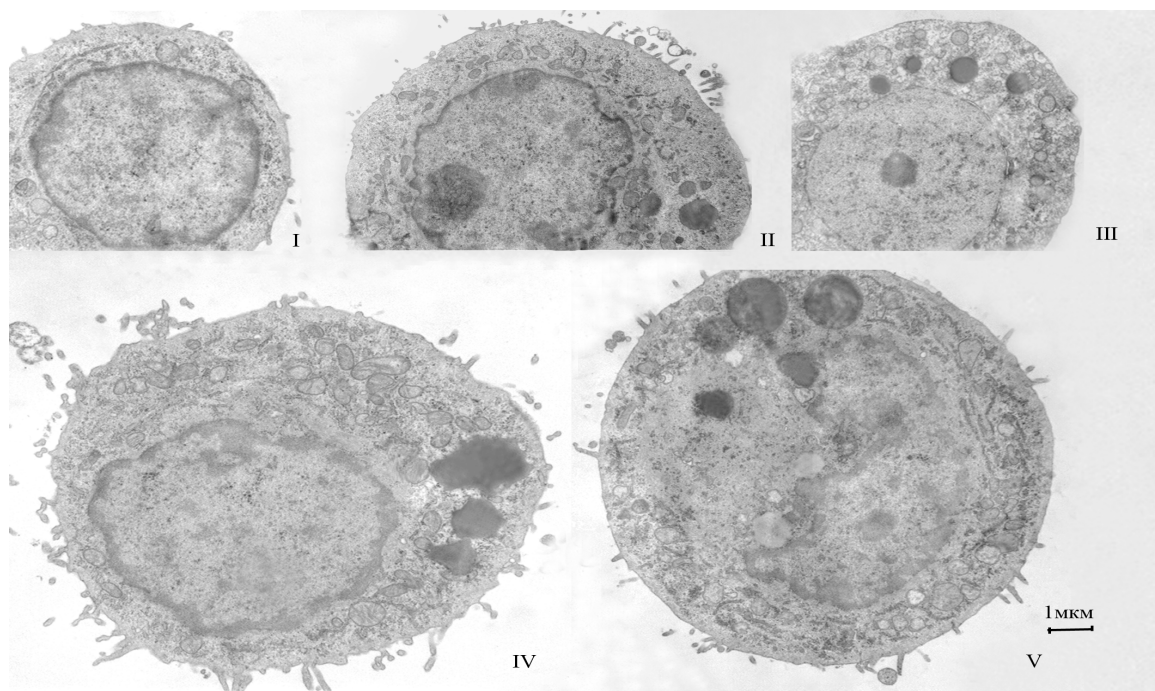


А – I-V – Г-29 жасушаларының морфологиялық типтері
 Ә – Г-29 жасушаларын типтері бойынша бөлу.
 Vя/Vц – ядро-цитоплазмалық арақатынасы.

2-сурет – Г-29 жасушаларын морфологиялық типі бойынша бөлу

Жіктелудің екінші сатысындағы жасушалардың цитоплазмасында жоғарыда сипатталған органеллалармен қатар, жекелеген липидтік қосылыстар анықталды, бұл ретте түйіршікті эндоплазмалық тор цистерналарының құрамы айтарлықтай өсті. Біз бөлген 3-және 4-сатысындағы жасушаларда цитоплазма үлесінің өсуі, митохондриялардың, гранулярлы эндоплазмалық тор мембраналарының, бекітілген

және еркін полисомалдық кешендердің, лизосома және липидтік қосылыстардың жиналуын атап айтуға болады. Жіктелудің 5-ші сатысына жатқызылған жасушалар цитоплазманың едәуір көлемімен, гранулярлық эндоплазмалық ретикулум және митохондрия мембраналарының аз мөлшерде болуымен, липидтік қосындылардың болуымен және еркін полисомалды кешендердің жоғары санымен ерекшеленді (3-сурет).



3-сурет – GK-29 жасушаларын жіктелу сатысына байланысты ультрақұрылымды ұйымдастыру. I, II, III, IV, V – жіктелу сатылары. Ұлғайтылған x4000

Аутофагия, ісік жасушаларының тіршілігін сақтап қалу әдістерінің бірі, жасуша ішілік материалдың қажетіне жаратылатын деградацияны және изоляцияны көрсететін процесс [12]. Біздің зерттеуімізде аутофагия IV және V сатыдағы жіктелген жасушаларда басымырақ байқалды. Олардың цитоплазмасында аутофагосома, аутолизосома және лизосома жасушалары көрініс берді (4-сурет).

Аутофагосомалар екі параллельді мембраналық қабаты бар, олардың арасында жіңішке электронды-мөлдір саңылауы бар және интактілі жасуша ішілік материал бар, дөңгелек құрылым ретінде анықталды.

Аутолизосомалар бір қабатты мембранамен шектелген және құрамында деградацияның (тозудың) әр түрлі сатыларындағы везикулалар

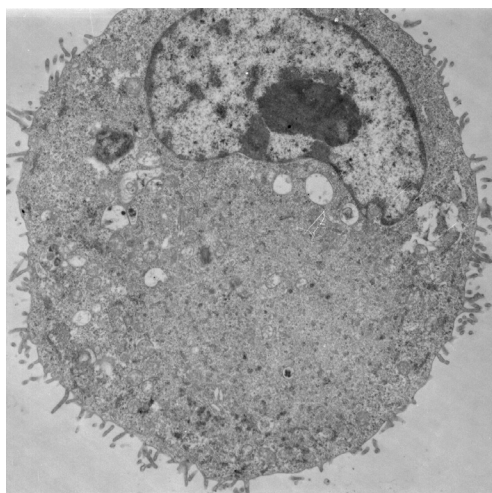
болды. Лизосомалардың құрамы салыстырмалы гомогенді (біртекті) және өлшемдері әртүрлі мен электрондық тығыздығы орташа болды.

GK-29 жасушалар цитоплазмасы көлемінің орта есеппен 0,5% шамасын аутофагиялық құрылым құрады.

Белгілі болғандай, аутофагия ұзақ сақталатын жасушалық ақуыздар мен зақымдалған органеллалардың бұзылуы мен жоюдың эволюциялық консервативті процесі болып табылады [13]. Аутофагияның ісіктің пайда болуына және гомеостаздың сақталуына қарсы әсерлері бар: ол атрофияны туындатып, апоптозды бұғаттау арқылы катерлі ісіктен “қалыпты” жасушаларды қорғай алады, сонымен қатар, химиотерапия сияқты стресс жағдайында әсіресе ісік жасушаларының сақталу жолда-

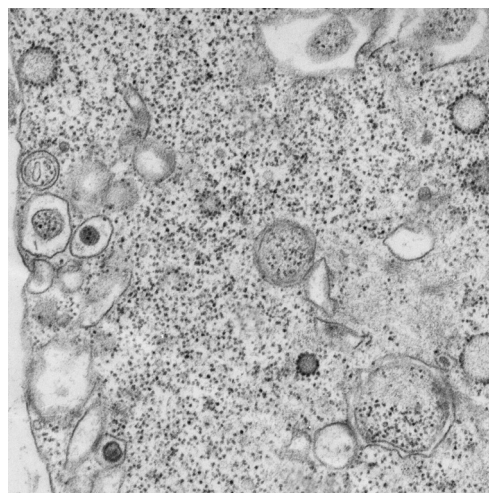
рын қамтамасыз етеді [14]. Аутофагияны іске қосатын белоктардың бірі Beclin-1, басқа Bcl-2 акуыздармен байланысады, ол апоптоздың басталуын шектейді. Апоптоз және аутофагия жүйелері арасындағы байланыстың болуы аутофагосома түзуде маңызды рөл атқаратын Akt 5 акуызының фрагменті жауап беру жүйесін “аутофагиялық”-тан “апоптоздық”-ға ауыстыра алады [15]. Ісік жасушаларының ерекшелігі цитотоксикалық препараттардың әсер етуі кезінде апоптозды болдырмау және аутофагия процесін іске қосуға қабілеті болып табылады [16]. Аутофагия ол тотығу күйзелісі, аштық және ДНҚ зақымдануы-жасушалық күйзелістің түрлі түрлерін женуге көмектесіп, ісік жасушаларының сақталып қалуына ықпал етуі мүмкін [17]. Аутофагия ісік жасушалары үшін сақталып қалу жолы

болғандықтан, аутофагияны бұғаттау обыр терапиясының перспективалық бағыты болып табылады. Ісік жасушасындағы апоптозды немесе аутофагияны анықтайтын реттегіштердің бірі p53 акуызы анықталды. p53 аутофагия процесінің негізгі қатысушыларының бірі LC3 акуыз синтезін реттейтіні анықталды [18]. Белгілі болғандай p53 акуызының синтезінің төмен болуы энуклеирондық жасушаларда аутофагияны тудырады, сондықтан бұл p53 цитоплазмалық белок аутофагияны реттей алатынын көрсетеді. Сонымен қатар p53 акуызы аутофагияны бақылауда екі есе маңызды рөл атқарады. Бір жағынан, ядролық p53 аутофагияны транскрипциялық әсерлер арқылы ынталандыра алады, ал екінші жағынан цитоплазмалық p53 аутофагияның негізгі репрессоры ретінде әрекет ете алады [19].



А

А – жасушаның V сатысында жіктелуі. Цитоплазмада аутолизосома мен лизосоманың болуы (бағыттамалар). Ұлғайтылған x 6000.



Ә

Ә – G-29 жасуша цитоплазмасында аутофагосомдар. Ұлғайтылған x 20000.

4-сурет – ГК-29 жасушасының аутофагиясы

Аутофагия процесінде жасушаның акуыздарының көп бөлігінің тез элиминациясы орын алады, бірақ бір мезгілде жіктелген жасушаның фенотипін тауып алу үшін қажетті акуыздардың трансляциясының жоғарылауы байқалады. Бұл процесс гендер мен реттеуіш белоктардың көптігімен бақыланады және жасушаның бірнеше бөліну циклы бойынша жүреді [20]. Соңғы зерттеулерде селективті аутофагиялық субстрат болып табылатын p62-аутофагия процесінде маңызды рөл атқарады

[21]. Көрсетілгендей, бұл p62 төмен деңгейде жинақталуы, аутофагиялық бұзылуды тудырады [22]. Гепатокарцинома ісіктердің әртүрлі түрлерінің арасында аутофагияға тікелей қатысы бар деп саналады, бұл жануарлардың бауырдың қатерлілігін моделдеу кезінде алынған, жинақталған деректерге және адамның бауырдың қатерлілігінің жасушалық желілеріне негізделген [23,24]. Пролиферациялау, жіктелу және жасушалардың жойылу үрдістерінің өзара әрекеттестігі көпжасушалы ағзалар

тіршілігінің ажырамас бөлігі ретінде қызмет етеді. Осы үдерістер арасындағы тепе-теңдіктің бұзылуы адамның көптеген ауруларының дамуына негіз болады. Олардың молекулалық механизмдерін түсіну жаңадан диагностикалық және терапевтік нысаналарын іздеу үшін қажет. Соңғы онжылдықта аутофагия үрдісі және оның қалыпты жағдайда болуы мен патология кезіндегі жасушалар тіршілігіндегі рөлі үлкен қызығушылық тудырады [25].

Аутофагия қалыпты жағдайда кез келген қалыпты жасушаның өміршеңдігін қамтамасыз етеді. Алайда, белгілі бір жағдайларда аутофагия жасушаның жойылуына әкелуі мүмкін. Аутофагия үрдістерін күшейтуге негізгі ынталандыру қоректік заттардың жетіспеуі, цитоплазмада зақымдалған органеллалардың, жартылай денатурацияға ұшыраған белоктардың және олардың агрегаттарының болуы болып табылады. Аштықтан басқа аутофагияға тотығу немесе уытты күйзеліс қалп етуі мүмкін. Бағдарланған жасушалық жойылудың аутофагиялық түрінде барлық жасушалық органеллалардың “қорытылуы” жүреді. Қалған жасушалық (“қоқыс”) макрофагтармен жұтылады.

Аутофагияның бұзылуы ісіктердің, кардиомиопатияның, бұлшықет және нейродегенеративті аурулардың дамуында рөл атқаратыны белгілі [26]. Аутофагия-ағзаның гомеостазын саралау, дамыту және қолдау үшін қажетті өз жасушалық материалдарын сегрегациялау, ыдырату және рециклдеу (өңдеу) құбылысы [27].

Аутофагия базальды (стимулденбеген) және индукциялық деп ажыратылады. Базальды аутофагия геномда бағдарламаланған жасушада тұрақты және жеткілікті төмен жылдамдықпен өтеді (1 тәулік ішінде 20 митохондрияның біреуі жойылады). Ол ақаулы молекулаларды жою арқылы белоктар мен құрылымдардың сапасын жасуша ішілік бақылаудың рутинді механизмі болып табылады. Индукциялық аутофагия жасушалар мен ағзаға сыртқы әсерлердің және әртүрлі ішкі ынталандыруларға жасушалық жауаптың нысаны болып табылады. Аутофагиялық блогының ағыны нәтижесінде аутофагосомның жинақталуынан, олардың лизосомалармен бірігуінің бәсеңдеуі немесе аутофагоциттелген материалды қорытудан аутофагияның шынайы ынталандыруын (аутофагиалды ағынды) ажырата білу [28]. Лизосомдық протеолизді тежеу арқылы, базальды және индукциялық аутофагия деңгейін сандық анықтау мүмкін, мысалы лейпептинмен [29]. Бұл ретте аутофагияның негізгі маркері әдетте иммуноблотингпен немесе GFP-

LC3 флуоресцентті конструкциясының трансдукциясымен анықталатын, аутофагосом LC3-II (мембранның фосфотидилэтанолламинмен байланысты) ақуыз болып табылады. Ол лизосомада жойылғандықтан, аутофагия индукциясы мен индукциясыз аутофагосомды жинақтауда айырмашылықты ұстай алмауы болып табылады [30]. Аутофагияны бағалау әдістері басқа да әдебиеттер көздерінде берілген [31]. Аутофагия индукциясы әртүрлі ынталандырғыштарды – тотығу күйзелісін, жасушаны энергетикалық немесе қорекпен қамтамасыз етуден айыру, гипоксияны, жасуша ішілік инфекцияны және т. б. тудырады. Ол репаративті (гомеостатикалық, қорғаныш) аутофагия, жасушаның өмір сүруіне ықпал ететін немесе бағдарламалық жасушалық жойылуы түрін қабылдайды. Репаративті аутофагия тотығуды ажырату немесе өткізгіш митохондрияларды жойып, аномальды жиналған немесе агрегацияға бейім ақуыздарды жойып жіберу, субстраттарды деполимерлеу өнімдерін қайтадан пайдаға асыру, энергетикалық балансты толтыру сияқты бірнеше механизмдердің көмегімен жоятын өзгерістерден жасушаларды қорғайтын өзін-өзі реттейтін процесс болып табылады [32]. Репаративті аутофагия уақыт бойы жасушаның қорғаныш реакциясымен шектелген және оның ұзақ ынталандыруы оны бәсеңдеуіне әкелуі мүмкін [33] немесе белоктардың артық бұзылуын болдырмау [34]. Аутофагияның өзін-өзі реттеу механизмдерінің болуына қарамастан, оны жануарларда белсендіру, жасушалар мен ағзаның өмірін жалпы ұзартуға қабілетті мысалы, рапамицин немесе ресвератролдың көмегімен оң әсер ете алады [35]. Аутофагияны сипаттайтын морфологиялық белгілердің белгілі бір жиынтығы бар. Алғашқы сатыларында көптеген вакуольдердің (аутофагосом) қалыптасуы, митохондриялардың және эндоплазмалық ретикулум ауданының азаюы, Гольджи аппаратының ұлғаюы байқалады. Кейбір жағдайларда қарқынды эндоцитоз жүреді. Аутофагияның кейінгі кезеңдерінде аутофагосомдардың саны артады, олардың көпшілігінде липидтердің қосылыстары бар. Ядроның конденсациялануы мүмкін, бірақ бұл міндетті белгі емес [36].

Қорытынды

Осылайша, осы зерттеудің мақсаты гепатокарцинома-29 популяциясының жасушалық гетерогендігін және ісік жасушаларының тірі қалу тәсілі ретінде аутофагияның дамуын зерттеу болды. Жұмыс гепатокарцино-

ма-29 жасушаларының өсіндісінде жарық және электрондық микроскопия әдістерін пайдалана отырып орындалған. ГК-29 жасушалары популяциясының гетерогендігі анықталды, ол жасушалар мөлшерімен және ядро мен цитоплазманың көлемдік үлесімен анықталады. Сонымен жіктелудің бес сатысына сәйкес, жасушалардың көлемі мен ядролық-цитоплазмалық арақатынасы 5 типке бөлінді. IV және V сатысындағы жіктелген жасушаларда аутофагиялық құрылымдар: аутофагосома, аутолизосома және лизосомалар анықталды. Жұмыстың ғылыми маңыздылығы ісік жасушаларының тірі қалу тәсілі болып табылатын жіктелудің IV және V сатысында гепатокарцинома жасушаларында базальды аутофагияның дамуы туралы бұрын белгісіз фактілерді алу болып табылады. Жұмыстың тәжірибелік маңыздылығы-аутофагия индукторлары мен цитостатиктерді аралас қолдану арқылы гепатокарциноманың таргеттік терапиясын әзірлеу үшін алынған деректерді пайдалану мүмкіндігі болып табылады, бұл апоптозды және аутофагиялық жасушалық жойылуды ынталандыру үшін түрлі жасушалық сигналдық жолдарды бір мезгілде іске қосуға мүмкіндік береді. Алынған деректер жасушалық биологияға, цито-

логия мен гистологияға, сондай-ақ онкологияға елеулі үлес қосады.

Мүдделер қақтығысы

Барлық авторлар мақаланың мазмұнымен оқып, таныстырған және мүдделер қақтығысы жоқ.

Алғыс сөз

Мақала авторлары биология ғылымдарының докторы, профессор Бгатова Наталия Петровна клиникалық және эксперименттік лимфология ғылыми-зерттеу институтының, ультрақұрылымдық зерттеу зертханасында гепатокарцинома-29 (ГК-29) жасушаларын өндіріп және анықтап, зерттеу жұмысымызға көмектескені үшін алғысымызды білдіреміз.

Қаржыландыру көзі

Қаржыландыруды №0301-2018-006 бюджеттік жоба шеңберінде Ресей Федерациясының ғылым және жоғары білім министрлігі ұсынды. Соның негізінде зерттеу жұмысы жасалынып, биылғы жылы жалғастырылуда. Келісім шарт № 075-03-2019-333, 29.01.2019ж.

Әдебиеттер

- 1 Lu L. C. Tumor heterogeneity in hepatocellular carcinoma: facing the challenges. / L. C. Lu, C. H. Hsu, C. Hsu, A. L. Cheng // *Liver Cancer* – 2016. – № 5. – Vol. 2. – P. 128–38.
- 2 Friemel J. Intratumor heterogeneity in hepatocellular carcinoma. / J. Friemel, M. Rechsteiner, L. Frick, F. Böhm, K. Struckmann, M. Egger, H. Moch, M. Heikenwalder, A. Weber // *Clin. Cancer Res.* – 2015. – № 21. – Vol. 8. – P. 1951–61.
- 3 Wang K. Cancer stem cells of hepatocellular carcinoma. / K. Wang, D. Sun // *Oncotarget* – 2018. – № 9. – Vol. 33. – P. 23306–23314.
- 4 Thorburn A. Apoptosis and autophagy: regulatory connections between two supposedly different processes. / A. Thorburn // *Apoptosis* – 2008. – № 13. – Vol. 1. – P. 1–9.
- 5 Edinger A. L. Death by design: apoptosis, necrosis and autophagy. / A. L. Edinger, C. B. Thompson // *Curr. Opin. Cell Biol.* – 2004. – № 16. – Vol. 6. – P. 663–669.
- 6 Cui J. The role of autophagy in liver cancer: molecular mechanisms and potential therapeutic targets. / J. Cui, Z. Gong, H. M. Shen // *Biochim. Biophys. Acta* – 2013. – № 1836. – Vol. 1. – P. 15–26.
- 7 Cooper K. F. Till death do us part: the marriage of autophagy and apoptosis. // K. F. Cooper // *Oxid. Med. Cell Longev.* – 2018. – № 1. – Vol. 2. – P. 1–13.
- 8 Roy S. Autophagy and tumorigenesis. / S. Roy, J. Debnath // *Semin. Immunopathol.* – 2010. – № 32. – Vol. 4. – P. 383–96.
- 9 Parzych K. R. An overview of autophagy: morphology, mechanism, and regulation. / K. R. Parzych D. J. Klionsky // *Anti-oxid. Redox. Signal.* – 2014. – № 20. – Vol. 3. – P. 460–73.
- 10 Бгатова Н.П., Омелянчук Л.В., Пожидаева А.А. и др. Морфологические критерии стадий дифференцировки клеток экспериментальной гепатокарциномы для оценки противопухольевых средств. *Бюл. эксперим. биол. мед.* – 2015. – Т. 160, № 7. – С. 126–132.
- 11 Каледин В.И., Жукова Н.А., Николин В.П. и др. Гепатокарцинома-29 – метастазирующая перевиваемая опухоль мышей, вызывающая кахексию // *Бюл. эксперим. биол. мед.* – 2009. – Т. 148, № 12. – С. 664–669.
- 12 Zhi X. Autophagy in cancer. / X. Zhi, Q. Zhong // *F1000Prime Rep.* – 2015. – Vol. 7. – P. 18
- 13 White E. Autophagy, metabolism, and cancer. / E. White, J. M. Mehnert, C. S. Chan // *Clin. Cancer Res.* – 2015. – № 21. – Vol. 22. – P. 5037–46.

- 14 Ravikumar B. Regulation of mammalian autophagy in physiology and pathophysiology. / B. Ravikumar, S. Sarkar, J.E. Davies, M. Futter, M. Garcia-Arencibia, Z. W. Green-Thompson et al. // *Physiol. Rev.* – 2010. – № 90. – Vol. 4. – P. 1383–435.
- 15 Nikolettoulou V. Crosstalk between apoptosis, necrosis and autophagy. / V. Nikolettoulou, M. Markaki, K. Palikaras, N. Tavernarakis // *Biochim. Biophys. Acta* – 2013. – № 1833. – Vol. 12. – P. 3448–3459.
- 16 Mukhopadhyay S. Autophagy and apoptosis: where do they meet? // S. Mukhopadhyay, P. K. Panda, N. Sinha, D. N. Das, S. K. Bhutia // *Apoptosis* – 2014. – № 19. – Vol. 4. – P. 555–66.
- 17 Kenific C. M. Cellular and metabolic functions for autophagy in cancer cells. / C. M. Kenific, J. Debnath // *Trends Cell Biol.* – 2015. – № 25. – Vol. 1. – P. 37–45.
- 18 Yu L. Autophagy pathway: cellular and molecular mechanisms. / L. Yu, Y. Chen, S. A. Tooze // *Autophagy* – 2018. – № 14. – Vol. 2. – P. 207–215.
- 19 Yang Z. An overview of the molecular mechanism of autophagy. / Z. Yang, D. J. Klionsky // *Curr. Top. Microbiol. Immunol.* – 2009. – Vol. 335. – P. 1–32.
- 20 Suzuki H. Structural biology of the core autophagy machinery. / H. Suzuki, T. Osawa, Y. Fujioka, N. N. Noda // *Curr. Opin. Struct. Biol.* – 2017. – Vol. 43. – P. 10–17.
- 21 Ohsumi Y. Molecular dissection of autophagy: two ubiquitin-like systems. / Y. Ohsumi // *Nat. Rev. Mol. Cell Biol.* – 2001. – № 2. – Vol. 3. – P. 211–6.
- 22 Mercer T. J. A molecular perspective of mammalian autophagosome biogenesis. / T. J. Mercer, A. Gubas, S. A. Tooze // *J. Biol. Chem.* – 2018. – № 293. – Vol. 15. – P. 5386–5395
- 23 Balogh J. Hepatocellular carcinoma: a review. / J. Balogh, D. 3rd Victor, E. H. Asham, S. G. Burroughs, M. Boktour, A. Saharia et al. // *J. Hepatocell. Carcinoma* – 2016. – № 3. – P.41–53.
- 24 Mazzanti R. Hepatocellular carcinoma: Where are we? / R. Mazzanti, U. Arena, R. Tassi // *World J. Exp. Med.* – 2016. – № 6. – Vol. 1. – P. 21–36.
- 25 Ковалева О.В., Шитова М.С., Зборовская И.Б. Аутофагия: клеточная гибель или способ выживания? // *Клиническая онкогематология* – 2014. – Т.7, №2, С. 103-114
- 26 Levine B., Klionsky D.J. Development by self-digestion: molecular mechanisms and biological functions of autophagy. *Dev. Cell* 2004– Vol. 6(4)– P. 463–77.
- 27 He C., Klionsky D. J. Regulation mechanisms and signaling pathways of autophagy. *Annu. Rev. of Genet.* – 2009.– № 6 – Vol.43.– P. 67–93.
- 28 Maycotte P., Thorburn A.. Autophagy and cancer therapy. *Cancer Biol.* – 2011.– № 1 – Vol.11.– P. 127–137.
- 29 Hamacher-Brady A., Brady N. R., Gottlieb R. A.. The interplay between pro-death and prosurvival signaling pathways in myocardial ischemia/reperfusion injury: apoptosis meets autophagy. *Cardiovasc. Drugs Ther.* – 2006.– № 6 – Vol.20.– P. 445–462.
- 30 Shay J. W., Roninson I. B. Hallmarks of senescence in carcinogenesis and cancer therapy. *Oncogene.* – 2004.– № 2– Vol.23.– P. 2919–2933.
- 31 Klionsky D. J., Cuervo A. M., Seglen P. O. Methods for monitoring autophagy from yeast to human. *Autophagy.* – 2007 – №3– Vol.3.– P.181–206.
- 32 Kroemer G., Marino G., Levine B. Autophagy and the integrated stress response. *Mol. Cell.* – 2010. – Vol.40.– P.280–293.
- 33 Mizushima N., Yamamoto A., Matsui M., Yoshimori T., Ohsu-mi Y.. In vivo analysis of autophagy in response to nutrient-starvation using transgenic mice expressing a fluorescent autophagosome marker. *Mol. Biol. Cell.* – 2004. – № 3–Vol.15.– P. 1101–1011.
- 34 Codogno P., Meijer A. J. Autophagy and signaling: their role in cell survival and cell death. *Cell Death Differ.* – 2005.– № 6 –Vol.12. – P. 1509– 1518.
- 35 Harrison D. E., Strong R., Sharp Z. D., Nelson J. F., Ast-le C. M., Flurkey K., Nadon N. L., Wilkinson J. E., Frenkel K., Carter C. S., Pahor M., Javors M. A., Fernandez E., Miller R. A. Rapamycin fed late in life extends lifespan in genetically heterogeneous mice. *Nature* – 2009.– Vol. 460. – P. 392–395.
- 36 Okada H., Mak T.W. Pathways of apoptotic and non-apoptotic death in tumor cells. *Nat. Rev. Cancer* – 2004.– Vol. 4(8). – P.592–603.

References

- 1 Bgatova N. P., Omelyanchuk L. V., Pozhidaeva A. A., et al. (2015) Morphological criteria of cell differentiation of experimental hepatocarcinoma for evaluation of antitumor agents. *Bul. experiment. Biol. honey.*, vol. 160, no. 7, pp. 126-132.
- 2 Balogh J. (2016) Hepatocellular carcinoma: a review. *J. Balogh, D. 3rd Victor, E. H. Asham, S. G. Burroughs, M. Boktour, A. Saharia et al. J. Hepatocell. Carcinoma.*, no.3, pp.41–53.
- 3 Cui J. (2013) The role of autophagy in liver cancer: molecular mechanisms and potential therapeutic targets. *J. Cui, Z. Gong, H. M. Shen. Biochim. Biophys. Acta.*, no.1836., vol. 1., pp.15–26.
- 4 Cooper K. F. (2018) Till death do us part: the marriage of autophagy and apoptosis. *K. F. Cooper. Oxid. Med. Cell Longev.*, no. 1, vol. 2, pp. 1–13.
- 5 Codogno P., Meijer A. J. (2005) Autophagy and signaling: their role in cell survival and cell death. *Cell Death Differ.* no.6, vol.12, pp. 1509– 1518.
- 6 Edinger A. L. (2004) Death by design: apoptosis, necrosis and autophagy. *A. L. Edinger, C. B. Thompson Curr. Opin. Cell Biol.* no.16, vol. 6, pp. 663–669.

- 7 Friemel J. (2015) Intratumor heterogeneity in hepatocellular carcinoma. J. Friemel, M. Rechsteiner, L. Frick, F. Böhm, K. Struckmann, M. Egger, H. Moch, M. Heikenwalder, A. Weber. *Clin. Cancer Res.* no. 21, vol. 8, pp. 1951–61.
- 8 He C., Klionsky D. J. (2009) Regulation mechanisms and signaling pathways of autophagy. *Annu. Rev. of Genet.* vol. 43, no. 6, pp. 67–93.
- 9 Hamacher-Brady A., Brady N. R., Gottlieb R. A (2006) The interplay between prodeath and prosurvival signaling pathways in myocardial ischemia, reperfusion injury: apoptosis meets autophagy. *Cardiovasc. Drugs Ther.* vol. 20, no.6, pp. 445–462.
- 10 Harrison D. E., Strong R., Sharp Z. D., Nelson J. F., Ast-le C. M., Flurkey K., Nadon N. L., Wilkinson J. E., Frenkel K., Carter C. S., Pahor M., Javors M. A., Fernandez E., Miller R. A (2009) Rapamycin fed late in life extends lifespan in genetically hetero-geous mice. *Nature.* vol. 460, pp. 392–395.
- 11 Kaledin V. I., Zhukova N. Ah. Nikolin V. P. et al. (2009) Hepatocarcinoma-29 is a metastatic transplantable tumor of mice causing cachexia. *Bul. experiment. Biol. honey.* vol. 148, no. 12, pp. 664–669.
- 12 Kenific C. M. (2015) Cellular and metabolic functions for autophagy in cancer cells. C. M. Kenific, J. Debnath, *Trends Cell Biol.*, no. 25, vol. 1, pp. 37–45.
- 13 Klionsky D. J., Cuervo A. M., Seglen P. O. (2007) Methods for monitoring autophagy from yeast to human. *Autophagy.*, no. 3, vol.3, pp. 181–206.
- 14 Kroemer G., Marino G., Levine B. (2010) Autophagy and the integrated stress response. *Mol. Cell.* vol. 40, pp. 280–293.
- 15 Kovaleva O. V., Shitova M. S., Zborovskaya I. B. (2014) Autophagy: the way of survival? *Clinical Oncohematology.* vol.7, no. 2, pp. 103–114.
- 16 Lu L. C. (2016) Tumor heterogeneity in hepatocellular carcinoma: facing the challenges. L. C. Lu, C. H. Hsu, C. Hsu, A. L. Cheng. *Liver Cancer*, vol. 2, pp. 128–38.
- 17 Levine B., Klionsky D.J. (2004) Development by self-digestion: molecular mechanisms and biological functions of autophagy. *Dev. Cell* 6(4), pp. 463–77.
- 18 Mukhopadhyay S. (2014) Autophagy and apoptosis: where do they meet? S. Mukhopadhyay, P. K. Panda, N. Sinha, D. N. Das, S. K. Bhutia *Apoptosis.* no.19, vol. 4, pp. 555–66.
- 19 Mercer T. J. (2018) A molecular perspective of mammalian autophagosome biogenesis. T. J. Mercer, A. Gubas, S. A. Tooze *J. Biol. Chem.* no.293, vol. 15, pp. 5386–5395.
- 20 Mazzanti R. (2016) Hepatocellular carcinoma: Where are we? R. Mazzanti, U. Arena, R. Tassi. *World J. Exp. Med.* no. 6, vol. 1, pp. 21–36.
- 21 Maycotte P., Thorburn A. (2011) Autophagy and cancer therapy. *Cancer Biol.* no. 1, vol. 11, pp. 127–137.
- 22 Mizushima N., Yamamoto A., Matsui M., Yoshimori T., Ohsu-mi Y. (2004) In vivo analysis of autophagy in response to nutrient starvation using transgenic mice expressing a fluorescent autophagosome marker. *Mol. Biol. Cell.* no.3, vol.15, pp. 1101–1011.
- 23 Nikolettou V. (2013) Crosstalk between apoptosis, necrosis and autophagy. V. Nikolettou, M. Markaki, K. Palikaras, N. Tavernarakis, *Biochim. Biophys. Acta*, no. 1833, vol. 12, pp. 3448–3459.
- 24 Ohsumi Y. (2001) Molecular dissection of autophagy: two ubiquitin-like systems. Y. Ohsumi. *Nat. Rev. Mol. Cell Biol.*, no. 2, vol. 3, pp. 211–6.
- 25 Okada H., Mak T.W. (2004) Pathways of apoptotic and non-apoptotic death in tumor cells. *Nat. Rev. Cancer*; 4(8), pp.592–603.
- 26 Parzych K. R. (2014) An overview of autophagy: morphology, mechanism, and regulation. K. R. Parzych D. J. Klionsky. *Antioxid. Redox. Signal.*, no.20, vol. 3, pp. 460–73.
- 27 Roy S. (2010) Autophagy and tumorigenesis. S. Roy, J. Debnath. *Semin. Immunopathol.*, no. 32, vol. 4, pp. 383–96.
- 28 Ravikumar B. (2010) Regulation of mammalian autophagy in physiology and pathophysiology. B. Ravikumar, S. Sarkar, J. E. Davies, M. Futter, M. Garcia-Arencibia, Z. W. Green-Thompson et al. *Physiol. Rev.*, no. 90, vol. 4, pp. 1383–435.
- 29 Suzuki H. (2017) Structural biology of the core autophagy machinery. H. Suzuki, T. Osawa, Y. Fujioka, N. N. Noda. *Curr. Opin. Struct. Biol.*, vol. 43, pp. 10–17.
- 30 Shay J. W., Roninson I. B. (2004) Hallmarks of senescence in carcinogenesis and cancer therapy. *Oncogene.* no. 2, vol.23, pp. 2919–2933.
- 31 Thorburn A (2008) Apoptosis and autophagy: regulatory connections between two supposedly different processes. A. . *Apoptosis.*, no.13, vol. 1, pp. 1–9.
- 32 Wang K. (2018) Cancer stem cells of hepatocellular carcinoma. K. Wang, D. Sun. *Oncotarget*, no. 9, vol. 33, pp. 23306–23314.
- 33 White E. (2015) Autophagy, metabolism, and cancer. E. White, J. M. Mehnert, C. S. Chan. *Clin. Cancer Res.*, no. 21, vol. 22, pp. 5037–46.
- 34 Yu L. (2018) pathway: cellular and molecular mechanisms. L. Yu, Y. Chen, S. A. Tooze. *Autophagy.*, no.14, vol. 2, pp. 207–215.
- 35 Yang Z. (2009) An overview of the molecular mechanism of autophagy. Z. Yang, D. J. Klionsky. *Curr. Top. Microbiol. Immunol.* vol. 335, pp. 1–32.
- 36 Zhi X. (2015) Autophagy in cancer. X. Zhi, Q. Zhong. *F1000 Prime Rep.*, vol. 7, pp. 18

МАЗМҰНЫ – СОДЕРЖАНИЕ

Шолу мақалаасы – Обзорная статья

Нуркенов Т.Т., Аскарлова Ш.Н., Цой А.К., Шалахметова Т.М.
Перспективы использования мезенхимальных стволовых клеток в терапии инсульта 4

1-бөлім Раздел 1 Ботаника Ботаника

Инелова З.А., Нестерова С.Г., Ерубаяева Г.К., Запарина Е.Г., Айтжан М.У., Избасар А.
Биоразнообразие растений Талгарского, Енбекшиказахского районов Алматинской области 20

Kurbassova E.A., Dyuskaliev G., Baitasheva G.U., Imanova E.M.
Biological and phytochemical features of underground organs of medicinal plants of the genus *Aegopodium* l. 28

Оразов А.Е., Мухитдинов Н.М., Мырзагалиева А.Б., Турусбеков Е.К., Шрамко Г., Кубентаев С.А.
Распространение и характеристика ценопопуляций *Amygdalus ledebouriana* schlecht. на территории Нарымского хребта 36

Садырова Г.А.
Биоразнообразие флористических комплексов на территории хребта Кетпен-Темерлик 46

Чилдибаева А.Ж., Аметов А.А., Тыныбеков Б.М.
Іле өзенінің жайылмасындағы ареалы шектеулі эндемдік *Rosa iliensis* Chrshan. кездесетін кейбір өсімдіктер қауымдастықтарының сипаттамасы 58

2-бөлім Раздел 2 Биотехнология Биотехнология

Нурабаев С.Ш., Волгин Е.С., Оразалиев Д.М., Исмагамбетов Б.М., Кондибаева Ж.Б., Оразымбетова Н.К., Сапаргалиева Н.С., Закарья К.Д., Кошематов Ж.К.
Оптимизация условий постановки ИФА для диагностики вируса ящура типа А 76

3-бөлім Раздел 3 Өсімдіктер физиологиясы мен биохимиясы Физиология и биохимия растений

Амангелдиева А.А., Даниярова А.К., Альчимбаева П.А., Анапияев Б.Б., Дидоренко С.В., Ержебаева Р.С.
Оценка коллекционных образцов сои по анатомо-морфологическим и физиолого-биохимическим признакам засухоустойчивости 88

4-бөлім Раздел 4 Молекулалық биология және генетика Молекулярная биология и генетика

Atambayeva S.A., Niyazova R.E., Ivashchenko A.T., Yurikova O.Y., Mukushkina D.D.
Characteristics of miRNA interaction with 5'UTR, CDS, 3'UTR mRNA candidate genes of metabolic syndrome disease 100

5-бөлім Раздел 5 Гидробиология Гидробиология

Гришаева О. В., Калиева К.Б., Ерекеева Г.С.
Современный макрозообентос р. Илек с притоками на территории Актюбинской области Казахстана 116

6-бөлім Раздел 6
Гистология Гистология

Shalgimbaeva S.M., Ibragimova N.A., Jumakhanova G.B., Popov N., Omarova Zh.S., Kairat B.K., Rakybayeva A.A.
Biomarkers of effect: gross and histopathological indicators *Atherina boyeri* of the Caspian Sea, Kazakhstan Sector 130

Досымбекова Р.С., Тунгушбаева, З.Б., Шарипов К.О., Таскаева Ю.С., Соловьева А.О., Бгатова Н.П.
Гепатокарцинома-29 жасушаларындағы гетерогенділік және базальды аутофагия 140

CONTENTS

Review article

- Nurkenov T.T., Askarova Sh.N., Tsoy A.K., Shalakhmetova T.M.*
Prospects for the use of mesenchymal stem cells in stroke therapy4

Section 1 Botany

- Inelova Z.A., Nesterova S.G., Yerubaeva G.K., Zapparina Y.G., Aitzhan M.U., Izbasar A.*
Systematic analysis of the flora of the Talgar, Enbekshikazakh districts of the Almaty region 20
- Kyrbassova E.A., Dyuskaliev G., Baitasheva G.U., Imanova E.M.*
Biological and phytochemical features of underground organs of medicinal plants of the genus *Aegopodium* L.28
- Orazov A.E., Mukhitdinov N.M., Myrzagalieva A.B., Turuspekov Y.K., Shramko G., Kubentaev S.A.*
Distribution and characterization of cenopopulation of *Amygdalus ledebouriana* Schlecht. on the territory of the Naryn Range36
- Sadyrova G.A.*
Biodiversity of floristic complexes on the territory of the Ketpen-Temerlik range46
- Childibayeva A.Zh., Ametov A.A., Tynybekov B.M.*
Characteristics of some plant communities with a narrow-endemic species *Rosa iliensis* Chrshan. in the floodplains of the Ili River58

Section 2 Biotechnology

- Nurabaev S.Sh., Volgin E.S., Orazaliev D.M., Ismagambetov B.M., Kondibaeva Zh.B., Orazymbetova N.K., Sapargaliev N.S., Zakar'ja K.D., Koshmetov Zh.K.*
Optimization of the conditions of ELISA for the diagnosis of FMD virus type A76

Section 3 Plants Physiology and Biochemistry

- Amangeldiyeva A.A., Daniyarova A.K., Alchimbaeva P.A., Anapiyayev B.B., Didorenko S.V., Erzhebayeva R.S.*
Assessment of soybean collection samples by anatomical, morphological, physiological and biochemical characteristics of drought tolerance88

Section 4 Molecular biology and genetics

- Atambayeva S.A., Niyazova R.E., Ivashchenko A.T., Yurikova O.Y., Mukushkina D.D.*
Characteristics of miRNA interaction with 5'UTR, CDS, 3'UTR mRNA candidate genes of metabolic syndrome disease100

Section 5 Hydrobiology

- Grishayeva O.V., Kaliyeva K.B., Yerekeyeva G.S.*
Modern macrozoobenthos of the Ilek river with the tributaries on the territory of Kazakhstan's Aktobe region116

Section 6
Hystology

Shalgimbaeva S.M., Ibragimova N.A., Jumakhanova G.B., Popov N., Omarova Zh.S., Kairat B.K., Rakybayeva A.A.
Biomarkers of effect: gross and histopathological indicators *Atherina boyeri* of the Caspian Sea, Kazakhstan Sector.....130

Dossymbekova R.S., Tungushbaeva Z.B., Sharipov K.O., Taskaeva Y.S., Solovieva A.O., Bgatova N.P.
Heterogeneity and basal autophagy in the cells of hepatocarcinoma-29140