

ISSN 1563-034X; eISSN 2617-7358
Индекс 75880; 25880

ӘЛ-ФАРАБИ атындағы ҚАЗАҚ ҰЛТТЫҚ УНИВЕРСИТЕТІ

ХАБАРШЫ

Экология сериясы

КАЗАХСКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ имени АЛЬ-ФАРАБИ

ВЕСТНИК

Серия экологическая

AL-FARABI KAZAKH NATIONAL UNIVERSITY

EURASIAN JOURNAL

of Ecology

№1 (62)

Алматы
«Қазақ университеті»
2020



ХАБАРШЫ

ЭКОЛОГИЯ СЕРИЯСЫ №1 (62) наурыз

ISSN 1563-034X; eISSN 2617-7358

Индекс 75880; 25880



04. 05. 2017 ж. Қазақстан Республикасының Ақпарат және коммуникация министрлігінде тіркелген

Күәлік № 16501-Ж

Журнал жылына 4 рет жарыққа шығады
(наурыз, маусым, қыркүйек, желтоқсан)

ЖАУАПТЫ ХАТШЫ

Ниязова Р.Е., б.ғ.к., профессор (Қазақстан)

E-mail: Raygul.Niyazova@kaznu.kz

РЕДАКЦИЯ АЛҚАСЫ:

Заядан Б.К., б.ғ.д., профессор, ҚР ҰҒА корр.-мүшесі,
(ғылыми редактор) (Қазақстан)

Колумбаева С.Ж., б.ғ.д., профессор (ғылыми редактордың
орынбасары) (Қазақстан)

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

Шалахметова Т.М., б.ғ.д., профессор (Қазақстан)

Кенжебаева С.С., б.ғ.д., профессор (Қазақстан)

Атабаева С.Дж., б.ғ.д., профессор (Қазақстан)

Садырова Г.А., б.ғ.д., профессор (Қазақстан)

Баубекова А.С., б.ғ.к., доцент (Қазақстан)

Мамилов Н.Ш., б.ғ.к., доцент (Қазақстан)

Инелова З.А., б.ғ.к., доцент (Қазақстан)

Кушнарченко С.В., б.ғ.к., доцент (Қазақстан)

Абилев С.К., б.ғ.д., профессор (Ресей)

Дигель И., PhD докторы, профессор (Германия)

Маторин Д., б.ғ.д., профессор (Ресей)

Рахман Е., PhD докторы, профессор (Қытай)

Тамо Тацуя, PhD докторы, профессор (Жапония)

Аллахвердиев Сулейман, PhD (Ресей)

ТЕХНИКАЛЫҚ ХАТШЫ

Салмұрзаұлы Р., аға оқытушы (Қазақстан)

Экология сериясы қоршаған ортаны қорғау және қоршаған ортаға антропогендік факторлардың әсері, қоршаған орта ластаушыларының биотаға және тұрғындар денсаулығына әсерін бағалау, биологиялық алуантүрлілікті сақтаудың өзекті мәселелері бағыттарын қамтиды.



Министерство образования и науки
Республики Казахстан
Официальный интернет-ресурс
Комитета по контролю в сфере
образования и науки



Ғылыми басылымдар бөлімінің басшысы

Гульмира Шаккозова

Телефон: +7 747 125 6790

E-mail: Gulmira.Shakkozova@kaznu.kz

Редакторлары:

Гульмира Бекбердиева

Агила Хасанқызы

Компьютерде беттеген

Айгүл Алдашева

ИБ № 13411

Пішімі 60x84 1/8. Көлемі 8,3 б.т. Тапсырыс № 2416.

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, 2020

ШОЛУ МАҚАЛАЛАРЫ

REVIEW ARTICLE

ОБЗОРНЫЕ СТАТЬИ

Б.К. Каримов¹, Н.В. Аладин², И.С. Плотников², Д. Кайзер³

¹Ташкентский институт инженеров ирригации и механизации сельского хозяйства,

Узбекистан, г. Ташкент, e-mail: b.karimov@tiame.uz

²Зоологический институт РАН, Россия, г. Санкт-Петербург

³Университет Гамбурга, Германия, г. Гамбург

СОСТОЯНИЕ И ВОЗМОЖНОЕ БУДУЩЕЕ АРАЛЬСКОГО МОРЯ И ГИДРОЭКОСИСТЕМ ЮЖНОГО ПРИАРАЛЬЯ В АНТРОПОЦЕНЕ

Историю эволюции экосистемы Аральского моря и Южного Приаралья разделяют на два периода: поздний голоцен и антропоцен. Морфологические показатели Аральского моря оставались относительно стабильными вплоть до эпохи раннего антропоцена, однако, начавшаяся деградация его экосистемы, начавшаяся в 1960-х гг., имела молниеносный и необратимый характер. Именно рост солености Аральского моря, начиная с 1960-х годов, сказался губительно на его биоразнообразии, так как в начале 1980-х годов 70% его водной поверхности и 50% водного объема еще сохранились. Следовательно, море обладало еще достаточной экологической емкостью для существования популяций живых организмов. В то же время основная проблема сохранения биоразнообразия водных экосистем и развития рыболовства в Южном Приаралье в антропоцене – это крайне нестабильный и дефицитный водный режим, который усугубляется естественными засухами, изменением климата и ухудшением качества воды. Особенно соляризация терминальных озер и водоемов приводит к уменьшению биоразнообразия и биологической продуктивности. Возможное будущее Аральского моря зависит полностью от возможного человеческого вмешательства, однако, проблематичным выглядит будущее Большого моря, которое может превратиться в гиперсоленый водоем. Для повышения устойчивости гидроэкосистем, в первую очередь, необходимо: усовершенствование управления водными ресурсами с учетом экологических требований сохранения биоразнообразия и развития рыбного хозяйства, ускоренное внедрение водосберегающих технологий орошения, интенсивной аквакультуры и озерно-товарного хозяйства, диверсификация аквакультуры путем интродукции солеустойчивых видов, усиление научно-исследовательской активности в НИИ и международного сотрудничества.

Ключевые слова: Аральское море, Приаралье, антропоцен, салинизация, рыбное хозяйство.

B.K. Karimov¹, N.V. Aladin², I.S. Plotnikov², D. Kaiser³

¹Tashkent Institute of Irrigation and Agricultural Mechanization Engineers,

Uzbekistan, Tashkent, e-mail: b.karimov@tiame.uz

²Zoological Institute RAS, Russia, St. Petersburg

³University of Hamburg, Germany, Hamburg

Status and possible future of the Aral Sea and aquatic ecosystems in southern Aral Sea Region (Priaralye) in Anthropocene

The history of the evolution of the ecosystem of the Aral Sea and the South Aral Sea is divided into two periods: the Late Holocene and the Anthropocene. The morphological indicators of the Aral Sea remained relatively stable up to the early anthropocene, however, started degradation of its ecosystem in the 1960s. had very fast and irreversible character. Above all the increase in salinity of the Aral Sea since the 1960s had a catastrophic effect on its biodiversity, since in the early 1980s 70% of its water surface and 50% of its water volume were still preserved. Consequently, the sea still possessed sufficient ecological carrying capacity for the existence of aquatic life populations. At the same time, the main problem of preserving the biodiversity of aquatic ecosystems and developing fisheries in the Southern Aral Sea region in the Anthropocene is an extremely unstable and scarce water regime, which is aggravated by natural droughts, climate change, and deterioration in water quality. Especially the salinization of terminal lakes and reservoirs leads to a decrease in biodiversity and biological productivity. The possible future of the Aral Sea depends entirely on possible human intervention, however, the future of the Large Sea looks problematic, which can turn into a hypersaline reservoir. To improve the sustainability of hydroecosystems, it is first of all necessary: improving water management taking into account envi-

ronmental requirements for the conservation of biodiversity and developing fisheries, accelerated implementation of water- saving irrigation technologies, introduction of intensive aquaculture and culture-based fisheries, diversification of aquaculture by introducing salt tolerant species, strengthening research activity in research institutes and international cooperation.

Key words: Aral Sea, Priaralye, anthropocene, salinization, fish economy.

Б.К. Каримов¹, Н.В. Аладин², И.С. Плотников², Д. Кайзер³

¹Ташкент ирригация және ауылшаруашылығын механикаландыру инженерлері институты, Өзбекстан, Ташкент қ., e-mail: b.karimov@tiiame.uz

²РФА зоологиялық институты, Ресей, Санкт-Петербург қ.

³Гамбург университеті, Германия, Гамбург қ.

Арал теңізі мен Оңтүстік Арал теңізі экожүйелерінің эволюциясының тарихы екі кезеңге бөлінеді: Кеш Голоцен және Антропоцен. Арал теңізінің морфологиялық көрсеткіштері ерте антропоценге дейін біршама тұрақты болды, алайда 1960 жылдары басталған оның экожүйесінің деградациясы басталды. Найзағай және қайтымсыз сипатқа ие болды. 60-шы жылдардан бастап Арал теңізінің тұздылығының жоғарылауы оның биоалуантүрлілігіне зиянды әсер етті, өйткені 1980 жылдардың басында оның беткі қабатының 70% және су көлемінің 50%-ы сақталды. Демек, теңіз әлі де тірі организмдердің популяциялары үшін жеткілікті экологиялық мүмкіндікке ие болды. Сонымен қатар, антропоцендегі Оңтүстік Арал өңіріндегі су экожүйелерінің биологиялық әртүрлілігін сақтау және балық шаруашылығын дамытудың басты мәселесі табиғи құрғақшылық, климаттың өзгеруі, су сапасының нашарлауы кезінде өте тұрақсыз және тапшы су режимі болып табылады. Әсіресе терминалды көлдер мен су қоймаларының тұздануы биоәртүрлілік пен биологиялық өнімділіктің төмендеуіне әкеледі. Арал теңізінің болашағы толығымен адамның араласуымен байланысты, алайда гипертұзды су қоймасына айналуы мүмкін. Ұлы теңіздің болашағы проблемалы болып көрінеді. Гидроэкожүйелердің тұрақтылығын арттыру үшін ең алдымен қажет: биологиялық әртүрлілікті сақтау және балық шаруашылығын дамыту үшін экологиялық талаптарды ескере отырып су ресурстарын басқаруды жетілдіру, суды үнемдейтін суару технологияларын жедел енгізу, қарқынды аквакультура және лакустралық-тауарлы егіншілік, аквакультураны әртараптандыру, тұзға төзімді түрлерін енгізу, ғылыми-зерттеу институттарында және халықаралық ынтымақтастықта.

Түйін сөздер: Арал теңізі, Арал теңізі аймағы, Антропоцен, тұздану, балық шаруашылығы.

Введение

Воздействие антропогенной деятельности на биосферу, особенно после начала периода промышленной и зеленой революции, стало существенным настолько, что стало возможным говорить о новой эпохе взаимодействия человека и природы – антропоцене (anthropocene). В антропоцене основным фактором изменений в биосфере является «человек разумный» (*Homo sapiens*). Понятие «антропоцен» активно используется с 2000 года, после появления публикаций о том, что закончилась эпоха голоцена и началась эпоха антропоцена [1]. На 35-м Международном геологическом конгрессе, проходившем в Кейптауне в 2016 г., объявлено о начале новой геологической эпохи – антропоцена.

Многие исследователи считают началом антропоцена 1950-е годы, но в зависимости от интенсивности промышленной и зеленой революции, а также природно-климатических и экологических особенностей масштаб и скорость наступления антропоцена в различных регионах мира могли несколько различаться. Однако, в

силу глобального характера основных экологических проблем, в настоящее время эпоха антропоцена быстро приобрела планетарный характер [2]. Катастрофа экосистемы Аральского моря и сложившийся острый дефицит пресной воды в ее бассейне, где основное воздействие человека на пресные водные ресурсы происходит на сильно аридной равнинной части, убедительно свидетельствует о наступлении эпохи антропоцена. Таким образом, историю эволюции Аральского моря и Южного Приаралья можно разделить на два периода: позднем голоцене и антропоцене. Саму эпоху антропоцена мы склонны разделить на ранний – с 1950-х годов до конца XX века, когда уже появились неопровержимые признаки тенденции изменения климата; и современный – период начала активной борьбы против глобального антропогенного изменения климата в XXI веке.

Аральское море в позднем голоцене

Аральское море в позднем голоцене представляло собой бессточное солоноватоводное

озеро, лежащее посреди обширных пустынь Центральной Азии. Арал питают 2 реки – Амударья и Сырдарья, берущие свое начало в горах Памира и Тянь-Шаня. Количество атмосферных осадков, выпадающих на поверхность этого озера, незначительно. Из-за этого уровень Арала определяется в основном балансом между притоком речной воды и испарением с поверхности.

В прошлом Аральское море было четвертым в мире по величине континентальным водоемом. На нем было развито промышленное рыболовство; море также служило важной региональной транспортной артерией. Арал был солоноватоводным водоемом со средней соленостью 10 г/л. Его населяли около 200 видов свободноживущих беспозвоночных животных и 32 вида аборигенных и интродуцированных рыб. Улов рыбы с Аральского моря и дельтовых водоемов составляли до 98% рыбодобычи в Узбекистане [3, 4].

За свою историю Аральское море пережило целый ряд регрессий и трансгрессий. Причиной большинства регрессий был частичный или даже полный поворот Амударьи под воздействием природных сил в Каспийское море. Но на уровень Арала влияли и древние земледельческие цивилизации. Их воздействие состояло не только из отбора значительного объема речной воды на орошение полей, но и периодических поворотов Амударьи в направлении Каспия. Последний такой поворот Амударьи имел место в XIII–XVI веках. Уровень Арала тогда падал более чем на 24 м. Об этом свидетельствуют как исторические записи, так и археологические памятники, а также пни саксаулов и следы древних речных русел, сохранившиеся на его дне. К середине XVII века Амударья вновь повернула (или же люди сами ее повернули) в Арал, и он восстановился.

Дегградация Аральского моря в антропоцене

Морфологические показатели Аральского моря оставались относительно стабильными вплоть до эпохи раннего антропоцена, однако, начавшаяся дегградация его экосистемы, начавшаяся в 1960-х гг., имела молниеносный и необратимый характер. Быстрое высыхание Арала стало следствием крайне нерационального расширения орошаемых площадей с неэффективным использованием воды, значительно сократившего сток Амударьи и Сырдарьи. Из-за образовавшегося дефицита водного баланса площадь моря постепенно стала уменьшаться, а

соленость воды увеличиваться. В сентябре 2009 года площадь Большого Арала составляла 4922 км² (8% от 1960 г.), объем 58 км³ (6% от 1960 г.), соленость Западной части достигала более 100 г/л, а Восточной части – более 200 г/л [5]. К 2018 году произошло дальнейшее снижение площади Большого Арала до 3960 км², а объем составлял 44,3 км³ [6]. Таким образом, на сегодняшний день суммарная остаточная площадь Аральского моря, включая акваторию Малого моря, составляет менее 10% от величины 1960 года.

Проведенные нами анализы показывают, что прежде всего рост солености Аральского моря, начиная с 1960-х годов, губительно сказался на его биоразнообразии и привел к краху рыболовства. Так как в начале 1980-х годов 70% его водной поверхности и 50% водного объема еще сохранились (рис.1). Следовательно, водная среда моря обладала еще достаточной экологической емкостью для существования популяций живых организмов. Основной причиной повышения солености воды явилось испарительное концентрирование солей, однако следует учесть также имевшуюся тенденцию постоянного роста минерализации воды в главных притоках моря. Например, в реке Амударья до 1980-х годов минерализация воды обычно не превышала 500 мг/л в период между май – октябрь месяцы и 800 мг/л между ноябрь – апрель [7, 8]. Однако, в последние годы эти показатели увеличились в среднем до 800 и 1600 мг/л соответственно [9]. В середине 1980-х, когда соленость моря превысила 23-25 г/л, исчезли все аборигенные виды рыб и беспозвоночных животных пресноводного и солоноватоводного происхождения (рис. 2). Из-за экономической нецелесообразности в 1983 году прекратилось промышленное рыболовство.

В результате падения уровня и пересыхания пролива Берга Арал разделился в 1987 г. на два водоема – «Малое» Аральское море на севере и «Большое» Аральское море на юге. В первый впадает Сырдарья, а во второй – Амударья. По образовавшемуся между этими озерами каналу воды первого стали стекать во второе. В 1992 г. местные власти Казахстана перекрыли его земляной дамбой, чтобы прекратить отток воды из Малого моря с целью поднять его уровень и снизить соленость, улучшив этим экологические условия. Это импровизированное сооружение несколько раз разрушалось, и его ремонтировали, пока в апреле 1999 г. его окончательно не разрушил шторм. В дальнейшем в этом месте была построена надежная Кок-Аральская земля-

ная плотина с водосбросным сооружением, для пропуска избытка воды из Малого моря (рис. 3). Строительство завершилось в августе 2005 г., и к марту следующего года уровень Малого Арала поднялся и стабилизировался [10]. Соленость Малого Арала стала снижаться, и в современном

антропоцене он вновь стал солоноватоводным. Это сделало возможным обратное вселение в Малое море естественным путем пресноводных и солоноватоводных беспозвоночных, а также промысловых пресноводных рыб, ранее исчезнувших из-за высокой солености.



Рисунок 1 – Аральское море в 1973 – 1999 гг. (Google Earth)

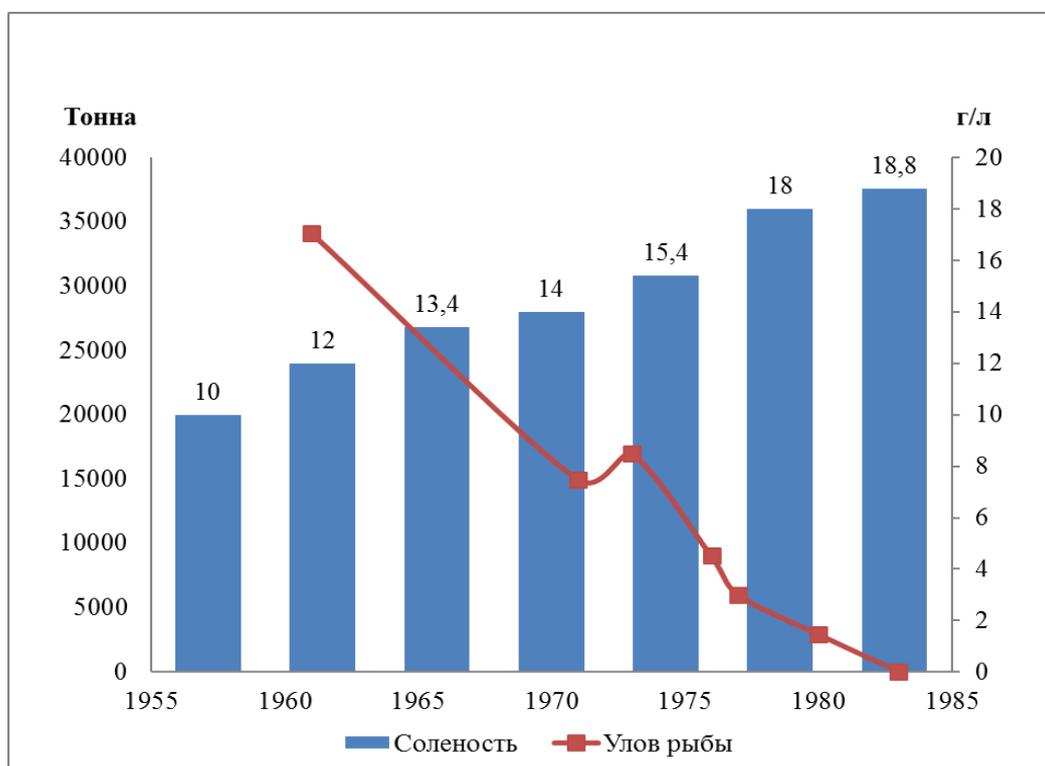


Рисунок 2 – Динамика изменения солености воды и рыбных уловов в Аральском море

Большому Аралу не столь повезло. После его отделения от Малого Арала рост солености не только продолжился, но и ускорился. Уровень его более глубокой Западной части упал на 26 м, и его соленость достигает 115 г/л и даже более [11]. Восточная часть стала мелководной с соленостью, возможно, выше 150 г/л. Она может то высыхать, то вновь наполняться водой в зависимости от годовой динамики речного стока и чередования влажных и сухих годов (рис.4). Превращение Большого моря в конце 1990-х гг. в гипергалинный водоем привело к новым и очень значительным изменениям в его фауне. Его и так уже низкое видовое разнообразие уменьшилось еще сильнее. Исчезли и еще выживавшие непромысловые мор-

ские виды рыб. Естественным путем в Большой Арал вселился рачок артемия, и сейчас активно ведется промышленная заготовка его цист. Эти яйца после соответствующей обработки используются в аквакультуре. Из этих цист вылупляются личинки рачков, являющиеся великолепным стартовым кормом. На сегодняшний день это единственный прибыльный бизнес на Большом Арале. Следует также отметить, что в последние годы на Западном Арале, со стороны плато Устюрт успешно развивается экологический туризм. Путешественников привлекает возможность увидеть деградировавшее море и останки процветавшего в былые времена рыболовного флота. Однако еще рано оценивать успехи этого бизнеса для локальной экономики.



Рисунок 3 – Кок-Аральская земляная плотина с водосборным сооружением, вид с нижнего бьефа (сентябрь 2007 г.). Фото: И. Плотников

Целесообразно отдельно остановиться на регионе Южного Приаралья, где с 1960-х годов произошли драматические экологические процессы (рис. 5). Тенденция резкого снижения уловов рыбы с моря в раннем антропоцене, начавшегося во второй половине 1960-х гг. и сопровождавшегося уменьшением биоразнообразия не только промысловых видов рыб, но и редких и исчезающих видов [12, 13, 14], заставила рыболовов искать новые промысловые водоемы. Ускоренная переориентация рыболовства на внутренние, в основном ирригационно-сбросные озерные системы, после полного свертывания в 1983 г. промысла в Аральском море, не смогла восполнить эти потери [15]. Например, по данным Госкомстата РУз, в 1991-2004 гг. максимальный объем годовых уловов в Приаралье составил всего

лишь 2336,9 т/г. По некоторым оценкам [16], ущерб, нанесенный рыбному хозяйству Каракалпакстана, включая рыбоперерабатывающую промышленность, составил 37,57 млн. долларов США. В начале 1990-х годов в воде и других компонентах (донные отложения, растения, рыбы) большинства этих водоемов содержались повышенные концентрации загрязняющих веществ, преимущественно сельскохозяйственного происхождения [17, 18, 19]. Следовательно, объем ущерба может еще вырасти, если учесть ущерб от загрязнения гидрэкосистем. Суммарные прямые и косвенные социально-экономические потери от экологической катастрофы Южного Приаралья (включая ущерб от прекращения рыболовства на самом Арале) составляют 144,83 млн. долларов США [11].

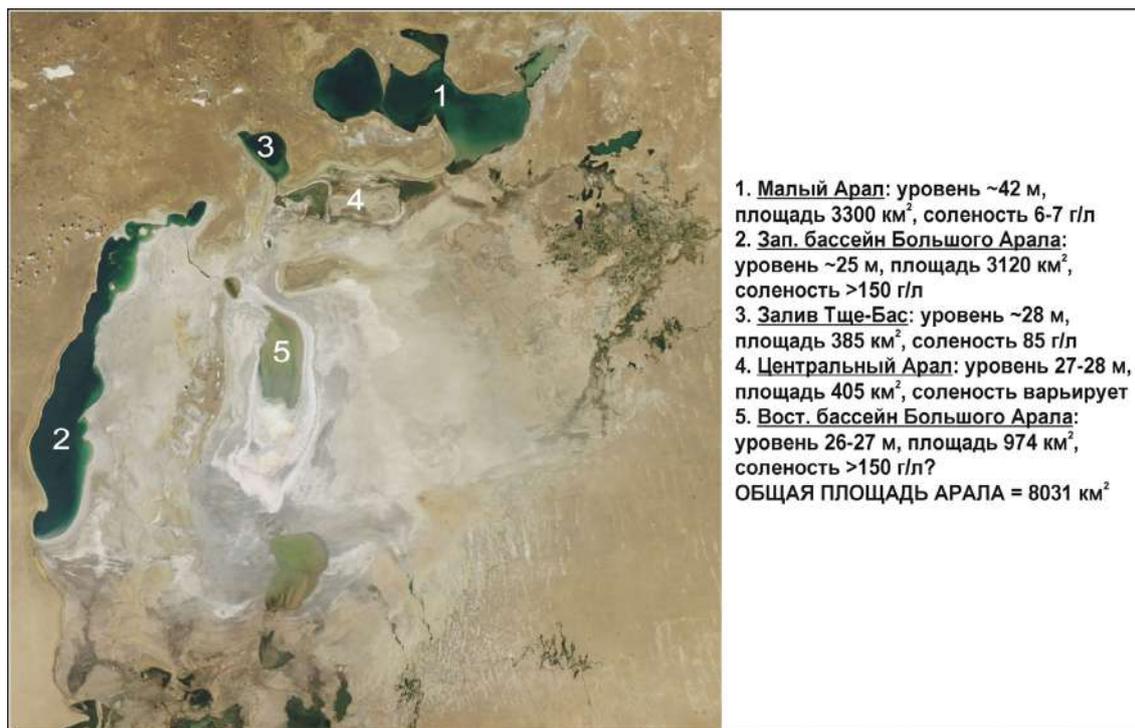


Рисунок 4 – MODIS снимок Аральского моря (22.05.2015) [10]

В период острой засухи и жестокого маловодья – 2000-2002 гг. практически все гидроэкосистемы региона высохли полностью, что привело к тотальному подрыву сырьевой базы и краху рыбного хозяйства Каракалпакстана. За эти два года оставшиеся 15-20% обмелевшие акватории озер были практически обезрыблены из-за вынужденного тотального облова рыбы и гибели ее в труднодоступных участках. Это привело в 2002г. к самому минимальному улову в истории Республики Каракалпакстан – всего лишь 130 т рыбы. Аналогичным образом, маловодье 2007-2008 гг. привело к высыханию большей части ветланда Судочье и подрыву рыбных запасов, из-за чего здесь в 2009г. и в первой половине 2010г. промысел не проводился [20].

Когда речь идет о влиянии засухи на водные экосистемы, следует учесть, что она влияет не только на количественные показатели водных ресурсов (водобеспеченность), но и на качественные характеристики воды для различных целей водопользования, на что посвящено мало исследований. Установлено, что в южных штатах США в период с 2000 по 2017 гг. в 55 из 66 мониторинговых станциях засуха приводила к сильному статистически достоверному ($p \leq 0.05$) увеличению минерализации воды (медианная величина 21%) по сравнению с периодами нор-

мальной водообеспеченности [21]. В бассейне Аральского моря засухи оказывают наиболее негативное воздействие на окружающую среду именно в регионах, близких к Аральскому морю: Южное Приаралье, Каракалпакстан и Хорезм, так как здесь антропогенные потери стока реки Амударьи составляют более 90% против около 10% естественных потерь [22, 23]. Так, наши исследования в водоемах дельтовой зоны реки Амударьи в период засухи 2000-2002 гг. показали примерно 3-4-кратное увеличение минерализации воды в Муйнакском и Сарбасском (Рыбачье) водохранилищах [24]. Эти факты еще раз доказывают серьезность проблемы и меры по смягчению последствий засух должны предусмотреть как доступность воды для минимальных потребностей, так и возможное снижение ее качества, прежде всего салинизацию.

В результате резкого сокращения стока реки Амударьи многие дельтовые озера исчезли. Если количество таких озер до 1960-х годов составляло около 2500, то в 1980-е годы их осталось всего лишь около 400. Проведенный анализ современного состояния водных экосистем этого региона показывает, что это крайне нестабильный и дефицитный водный режим является основной проблемой (рис. 6, 7). Экологические условия дельтовых водоемов крайне нестабиль-

ны. По данным космических дистанционных наблюдений были выявлены следующие изменения суммарной площади озер в различные по водности годы [16]:

В средний по водности 1984 г. – 7,02 тыс.га;

В многоводном 1997 г. – 12,08 тыс.га;

В маловодном 2000 г. – 2,6 тыс.га.

В последние годы наблюдались еще большие колебания площади открытой водной поверхности водоемов в дельте реки Амударьи. Так, если в 2003-2010 годы она колебалась в пределах от 70,7 до 115,2 тыс. га, то в период 2011-2014 эта величина колебалась в гораздо меньших пределах – от 20,0 до 45,1 тыс. га [11].

По самым скромным оценкам [16], достаточного водообеспечения дельтовых водоемов возможно достичь лишь при условии, что общее требование на воду всего водохозяйственного комплекса мероприятий в дельте р. Амударьи и на осушенном дне моря в объеме 5 220 млн. м³, в т.ч. 3 825 млн.м³ речной воды в год будет удовлетворяться. Для его водообеспечения потребуется удвоение стока Амударьи, чего можно достичь только за счет реально осуществимого повышения эффективности орошения в ее бассейне путем внедрения водосберегающих технологий (капельное орошение, дождевание, и т.п.).

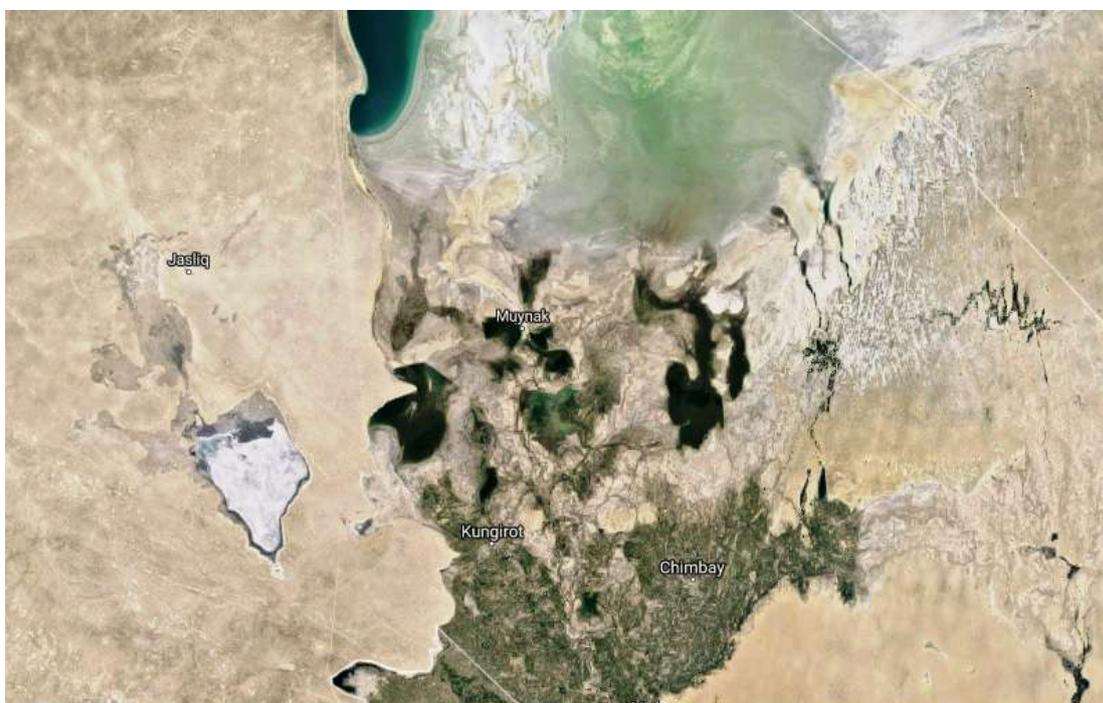


Рисунок 5 – Регион Южного Приаралья (Google Earth, 2018)

Таким образом, проведенный анализ современного состояния рыболовства в регионе низовья Амударьи показывает, что основные проблемы развития рыболовства в антропоцене – это крайне нестабильный и дефицитный водный режим, нарушающий естественные процессы нереста и формирования рыбных популяций. Салинизация воды терминальных озер и водоемов в результате прекращения водообеспечения, особенно в маловодные засушливые годы, является следующим негативным фактором, приводящим к уменьшению био-

разнообразия и биологической продуктивности [25, 26, 27, и др.]. Увеличение солености воды может привести не только к появлению различных заболеваний у человека, но и к увеличению стоимости водоподготовки для водоснабжения населения, к сокращению биоразнообразия, изменить экосистемные функции, ухудшить благосостояние населения путем снижения экосистемных услуг, получаемых от водных экосистем (например, коллапс рыболовства). Достаточно сказать, что при определении пригодности высокоминерализованной

воды реки Амударьи для питьевого водоснабжения все еще в качестве норматива используется 1000 мг/л как суммарное содержание всех главных ионов. А нормативы салинизации для охраны экологического благополучия естественных экосистем вовсе отсутствуют. Дока-

зано, что при этом необходимо устанавливать допустимые нормы не только по суммарному содержанию ионов, но и для каждого иона по отдельности. Только в этом случае благополучие естественных гидроэкосистем может быть гарантировано [28, 29].



Рисунок 6 – Резкое падение уровня воды в Междуреченском водохранилище после разрушения дамбы летом 2003 г. (стрелка показывает уровень воды 2 недели назад). Фото: Б. Каримов

Рыбное хозяйство, основанное на экстенсивном хозяйствовании с ориентацией преимущественно на естественное возобновление рыбных ресурсов в условиях дефицита воды и полной зависимости антропогенно нарушенного естественного гидрологического режима, не сможет удовлетворить потребности локального населения в рыбных продуктах. Развитие аквакультуры, т.е. разведение рыб в контролируемых условиях является потенциально основным источником, способным существенно увеличить производство рыбы в регионе низовья Амударьи, вплоть до удовлетворения нужд населения в рыбопродуктах. Аквакультура способна создать много новых рабочих мест и стимулировать создание структурированного

рыбного хозяйства (производство рыбы, переработка, маркетинг, образование, исследования, экспорт и т.д.). Современные технологии позволяют уверенно получать 50-200 кг/м³ воды и использовать любой тип водоемов. В зависимости от водоема можно развивать различные высокопродуктивные технологии производства рыбы: озерно-товарное хозяйство, садковую и бассейновую аквакультуру, рециркуляционные установки и т.д.

Основным ограничением на пути внедрения таких технологий в регионе Южного Приаралья является отсутствие знаний о современных разнообразных технологиях. Сегодняшний уровень финансирования научно-исследовательской и инновационной деятельности, а также экономи-

ческий потенциал существующих фермерских рыбоводческих хозяйств и рыбоперерабатывающих предприятий еще не соответствует потребностям. Наиболее эффективным методом является создание аквапарка – показательной (пилотной) фермы аквакультуры с высокой рыбопродуктивностью, высокой рентабельностью, на которой можно адаптировать несколько типов систем разведения разных видов рыб и других водных организмов. А потом аквапарк может быть использован для тренинга и мультипликации передовых технологий в различных районах региона. Например, нами доказана реальная возможность

очень перспективной диверсификации аквакультуры в регионе путем внедрения инновационной технологии выращивания пресноводных и морских креветок и крабов на базе солоноватоводных водоемов Приаралья и других регионов Узбекистана [30]. Следует также учитывать возможность налаживания производства микроводоросля дуналиелла и рачка артемии, так как соленость воды выше 55 г/л является подходящей для массового развития этого рачка, а при соленостях 80 г/л и еще выше она чувствует себя отлично и может становиться прибыльным бизнесом [31].

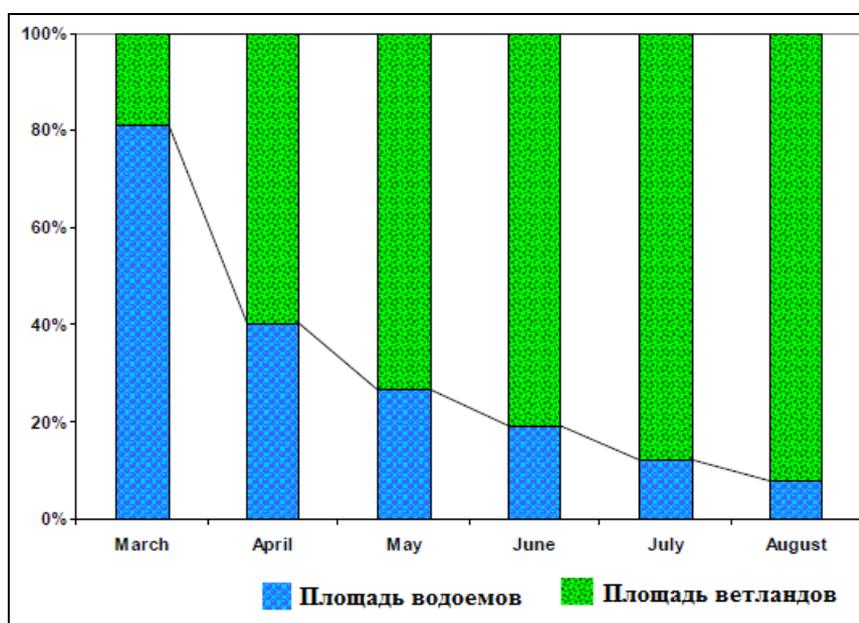


Рисунок 7 – Динамика изменения соотношения водной поверхности и ветландов в течение 2011 года (Источник: www.cawater-info.net/aral/data/monitoring_amu_e.htm)

Результаты изучения современного состояния сектора рыболовства и аквакультуры и воздействие на них изменения климата, дефицита воды и засоления, а также нормы потребления рыбных продуктов на душу населения и потребность в производстве рыбы в регионе Южного Приаралья показали, что в последние 2 года на душу населения было потреблено 2,0-2,6 кг/г рыбы, что гораздо ниже принятой медицинской нормы. Имеются практически все характерные для антропоцена серьезные антропогенные глобальные (изменение климата, рост численности населения, загрязнение природных экосистем) и локальные (дефицит воды и ухудшение ее качества, засуха) барьеры на пути развития сектора. Для повышения устойчивости к ним в пер-

вую очередь необходимо: совершенствование управления водными ресурсами с учетом экологических требований сохранения биоразнообразия и развития рыбного хозяйства, ускоренное внедрение водосберегающих технологий орошения, интенсивной аквакультуры и озерно-товарного хозяйства, диверсификация аквакультуры путем интродукции солеустойчивых видов, усиление научно-исследовательской активности в НИИ и международного сотрудничества, позволяющих смягчить и устранить негативное воздействие изменения климата, недостатка воды и засоления.

Таким образом, возможное будущее Приаралья зависит полностью от человеческого вмешательства. Для повышения устойчивости

гидроэкосистем в первую очередь необходимо: усовершенствование управления водопользованием и гидрологическим режимом с учетом экологических требований сохранения биоразнообразия и рыбного хозяйства, ускоренное внедрение водосберегающих технологий орошения, создание аквапарка интенсивных форм аквакультуры и озерно-товарного хозяйства, диверсификация аквакультуры путем интродукции солеустойчивых видов, усиление научно-исследовательской активности и международного сотрудничества.

Возможное будущее Аральского моря

Какое будущее возможно у Аральского моря? Утверждение, что в пике эпохи антропоцена (в XXI веке) Арал высохнет полностью, ошибочно. Даже если сток рек Амударьи и Сырдарьи сократится до нуля (что очень маловероятно), то сохранится остаточное поступление дренажных вод с орошаемых земель, грунтовых, талых и дождевых вод [32, 33]. Кроме того, со стороны Устюрта идет интенсивная подпитка Западного Арала подземным потоком более пресных вод минерализацией 40 г/л, что способствует стабилизацию уровня воды и солености [11]. В обозримом будущем возвращение Аральского моря к его состоянию на 1960 г. очень маловероятно. Это потребует восстановления речного стока до его прежнего объема и займет около 100 лет. Единственный реальный способ существенно увеличить речной сток – это очень сильно сократить потребление воды на орошение, что сделать очень непросто [32, 33]. Имеется также давно известная идея подпитки Западного Арала по так называемой системе Амударья – Судочье – Аджибай, согласно которой вся вода, поступающая в дельту реки Амударьи и коллекторно-дренажный сток, перебрасываются через залив Аджибай в этот глубокий водоем. В результате этого, в Западном Арале горизонт воды устанавливается на отметках 29 – 31 м, с кратковременными минимумом в 28 м и максимумом в 32,3 м. Такой приток позволит достигнуть устойчивого трен-

да снижения минерализации в Западном море до 45 ± 16 г/л к 2025 г. [11]. Однако, никто еще всерьез не взялся за разработку ТЭО для этого возможного варианта.

Тем не менее, не все обстоит так хорошо, имеются серьезные угрозы. Согласно данным [34], в течение XX века в аридных территориях бассейна Аральского моря средняя температура воздуха повысилась на $2,8^\circ\text{C}$. Межправительственная группа экспертов по изменению климата (МГЭИК) прогнозировала для этого региона повышение температуры воздуха к 2100 году на $3,7^\circ\text{C}$ и снижение осадков [35]. Из-за глобального потепления сокращаются ледники и снежники в горах Тянь-Шаня и Памира, служащие главным источником воды для Сырдарьи и Амударьи. Со временем их ускорившееся таяние увеличит речной сток. Но, в итоге, масса льда и снега может стать настолько малой, что сток с них начнет снижаться [32, 36]. Следовательно, наши предположения могут оказаться слишком оптимистичными.

Особенно проблематичным выглядит будущее Большого моря. Если сохранятся нынешние тенденции, то в течение некоторого времени уровень западной части продолжит падать, а ее площадь – сокращаться, пока, возможно, не наступит стабилизация. Вероятно, и продолжение этого процесса с неуклонным приближением к условиям, характерным для Большого Соленого озера в США, а также Мертвого моря на Ближнем Востоке и озера Урмия в Иране (соленость более 300 г/л) [32, 33]. Если рост солености не остановится, то и так уже низкое биоразнообразие западной части Большого Арала будет сокращаться. В результате в его фауне может остаться только артемия, но и она исчезнет, когда соленость приблизится к 350 г/л. Следует также особо отметить, что на возможное будущее Большого Аральского моря влияют и интенсивно ведущиеся разработка и освоение нефтегазовых месторождений на его обнажившемся дне.

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

Литература

1. Crutzen P.J., Stoermer E.F. The Anthropocene. // IGBP Newsletter. – 2000. – Vol. 41. – P. 17-18.
2. Bhaduri A., Bogárdi J., Leentvaar J., Marx S., et al. The Global Water System in the Anthropocene: Challenges for Science and Governance. – Springer, 2014. – 436p.
3. Барханскова Г.М., Павловская Л.П., Османов С.О., Реймов Р., Седов В.В. Водоемы низовьев Амударьи. – Нукус: Изд-во КГИ, 1963. – 110с.

4. Плотников И.С. Многолетние изменения фауны свободноживущих водных беспозвоночных Аральского моря. – СПб.: ЗИН РАН, 2016. – 168 с.
5. Micklin P. Chapter 15. Efforts to Revive the Aral Sea. / Micklin P., Aladin N., Plotnikov I. (Eds). The Aral Sea: The Devastation and Partial Rehabilitation of a Great lake. – Berlin, Heidelberg, Springer-Verlag 2014. – P. 361–405.
6. НИЦ МКВК. Основные морфометрические характеристики Аральского моря (1911–2018), 2018. www.cawater-info.net.
7. Рубинова Ф.Э. Изменение стока реки Амударья под влиянием водных мелиораций в ее бассейне // Труды САНИГМИ. – 1985. – № 106(187) – 115с.
8. Рубинова Ф.Э. Влияние водных мелиораций на сток и гидрохимический режим рек бассейна Аральского моря. – 1987. – № 124(205). – 159с.
9. Karimov B.K., Matthies M., Talskikh V., Plotsen M.A., Karimov E.B. Salinization of River Waters and Suitability of Electric Conductivity Value for Saving Freshwater from Salts in Aral Sea Basin // Asian Journal of Water, Environment and Pollution – 2019. – Vol. 16, no. 3. – P. 109-114. DOI 10.3233/AJW190039.
10. Aladin N., Chida T., Cretaux J.F., et al. Current status of lake Aral – challenges and future opportunities. In: Lake Ecosystem Health and Its Resilience: Diversity and Risks of Extinction. Proceedings of the 16th World Lake Conference, At Bali, Indonesia, 2017. – P. 448-457.
11. Аральское море и Приаралье [Текст] / под общ. ред. проф. В. А. Духовного [и др.]. – Ташкент: Baktria press, 2017. – 120 с.
12. Тлеуов Р.Т. Новый режим Арала и его влияние на ихтиофауну. – Ташкент: Изд-во Фан., 1981. – 190 с.
13. Glantz M.H. Aral Sea Basin: a sea dies; a sea also rises. // Ambio: A journal of the Human Environment. – 2007. – Vol.34, no.4. – P.323-328.
14. Gozlan R.E., Karimov B.K., Zadereev E., Kuznetsova D., Brucet S. Status, trends, and future dynamics of freshwater ecosystems in Europe and Central Asia. // Inland Waters – 2019. – Vol. 9, no.1. – P. 78-94. DOI: 10.1080/20442041.2018.1510271.
15. Kamilov B., Karimov B., Keyser D. The modern state of fisheries in the Republic of Uzbekistan and its perspectives // World Aquaculture Magazine. – 2004. – Vol.35, no 1. – P. 8-14.
16. Оценка социально-экономических последствий экологического бедствия – усыхания Аральского моря. Заключительный отчет по Южному Приаралью. Проект ИНТАС-РФФИ-1733 при участии проекта НАТО SFP №974357. Вена-Москва-Амерсфурд-Ташкент, 2001. – 123с.
17. Pavlovskaya L.P. Fishery in the lower Amu-darya under the impact of irrigated agriculture // FAO fisheries circular, No. 894. – Rome, FAO, 1995. – P.42-57.
18. Karimov B.K., Razakov R.M. The evaluation of toxicological situation on example of Central Asian region. The fundamentals of water protection. – Kharkov, 1990. – P. 26-94.
19. Thorpe A., Whitmarsh D., Drakeford B., et al. Feasibility of restocking and culture-based fisheries in Central Asia // FAO Fisheries and Aquaculture Technical Paper. No. 565. – Ankara, FAO, 2011. – 120p.
20. Жолдасова И.М. Состояние и тенденции развития рыбного хозяйства Каракалпакстана // Материалы республиканской научной конференции «Актуальные проблемы изучения и сохранения животного мира Узбекистана», Ташкент, 2011. – С. 54-55.
21. Jones E., van Vliet M. Drought impacts on river salinity in the southern US: Implications for water scarcity // Science of The Total Environment. – 2018. – 644. – P. 844-853.
22. Wegerich K. Natural drought or human made water scarcity in Uzbekistan // Central Asia and the Caucasus. – 2002. – Vol. 2(14). – P. 154-162.
23. Fedorov Y.A., Kulmatov R.A., Rubinova F. The Amudarya, in a water quality assessment the former Soviet Union. A Water Quality Assessment the Former Soviet Union. London and New York: E&FN Spon., 1998. – P. 413-45.
24. Karimov B., Lieth H., Kurambaeva M., Matsapaeva I. The problems of fishermen in the southern Aral Sea region // Mitigation and adaptation strategies for global change. – 2005. – Vol. 10, no. 1. – P. 87-103.
25. Коновалов П.М. Опыты по изучению влияния солености на развитие акры воблы, леща и сазана // Материалы по ихтиофауне и режиму вод бассейна Аральского моря. – М.: Изд-во МОИП., 1950. – С. 70-82.
26. Karimov B., Keyser D. The effect of salt composition on the salinity tolerance of mirror carp (*Cyprinus carpio* L.) during early ontogeny // Archive Fish. Mar. Res. – 1998. – Vol. 46, no.3. – P. 225-239.
27. Velasco J., Gutiérrez-Cánovas C., Botella-Cruz M., et al. Effects of salinity changes on aquatic organisms in a multiple stressor context // Philosophical Transactions of the Royal Society B. – 2018. – Vol. 374(1764). – 20180011. <http://dx.doi.org/10.1098/rstb.2018.0011>.
28. Cañedo-Argüelles M., Kefford B.J., Piscart C., Prat N., Schäfer R.B., Schulz C.J. Salinisation of rivers: an urgent ecological issue // Environmental pollution. – 2013. – Vol. 173. – P. 157-67.
29. Cañedo-Argüelles M., Hawkins C.P., Kefford B.J., et al. Saving freshwater from salts // Science. – 2016. – Vol. 351(6276). – P. 914-916. DOI: 10.1126/science.aad3488.
30. Aladin N., Keyser D., Plotnikov I., Karimov B. Distribution of Crayfish (Crustacea) in the Zarafshan river basin and their suitability for aquaculture. In: Proceedings of the International Conference on integrated innovative development of Zarafshan region: Achievements, challenges and prospects, Navoi, Uzbekistan, 2017. – P. 262-268.
31. Anufrieva E., Shadrin N. The long-term changes in plankton composition: Is Bay Sivash transforming back into one of the world's largest habitats of *Artemia* sp. (Crustacea, Anostraca)? // Aquaculture Research. – 2019. <https://doi.org/10.1111/are.14381>.

32. Micklin P. Chapter 8. Irrigation in the Aral Sea Basin. Micklin P., Aladin N., Plotnikov I. (Eds). *The Aral Sea: The Devastation and Partial Rehabilitation of a Great lake*. Berlin, Heidelberg: Springer-Verlag, 2014a. – P. 207–233.
33. Micklin P. The Future Aral Sea: hope and despair. // *Environmental Earth Science*. – 2016. -Vol. 75, No. 9. – P. 1–15.
34. *Environmental Atlas of Uzbekistan (EAU)*, Statcomlandgeodescadastre, Tashkent, 2008. – 63c.
35. IPCC 2007: *Climate Change 2007: Impacts, Adaptation and Vulnerability*. https://www.ipcc.ch/publications_and_data/publications_ipcc_fourth_assessment_report_wg2_report_impacts_adaptation_and_vulnerability.htm. – 2018.
36. Lioubimtseva E. Chapter 17. Impact of Climate Change on the Aral Sea and Its Basin. Micklin P., Aladin N., Plotnikov I. (Eds). *The Aral Sea: The Devastation and Partial Rehabilitation of a Great lake*. – Berlin, Heidelberg: Springer-Verlag, 2014. – P. 405–427.

References

1. Aladin, N., Chida, T., Cretaux, J.F., et al. Current status of lake Aral – challenges and future opportunities. In: *Lake Ecosystem Health and Its Resilience: Diversity and Risks of Extinction*. Proceedings of the 16th World Lake Conference, At Bali, Indonesia, 2017.
2. Aladin, N., Keyser, D., Plotnikov, I., Karimov, B. Distribution of Crayfish (Crustacea) in the Zarafshan river basin and their suitability for aquaculture. In: *Proceedings of the International Conference on integrated innovative development of Zarafshan region: Achievements, challenges and prospects*. Navoi, Uzbekistan, 2017.
3. Anufriieva, E., Shadrin, N. “The long-term changes in plankton composition: Is Bay Sivash transforming back into one of the world’s largest habitats of *Artemia* sp. (Crustacea, Anostraca)?” *Aquaculture Research*. (2019). <https://doi.org/10.1111/are.14381>.
4. *Aral’skoye more i Priaral’ye / pod obshch. red. prof. V. A. Dukhovnogo (i dr.)*. [The Aral Sea and Priaralye [text] / Edited by Prof. Dukhovny (et al.)]. Baktria press, 2017. (In Russian).
5. Barkhanskova, G.M., Pavlovskaya, L.P., Osmanov, S.O., Reimov, R., Sedov, B.B. *Vodoyomi nizovev Amudari*. [Water bodies of the Amudarya river downstream.]. Nukus: Izdatelstvo KGU, 1963. (In Russian).
6. Bhaduri, A., Bogárdi, J., Leentvaar, J., and Marx S. eds. *The Global Water System in the Anthropocene: Challenges for Science and Governance*. Springer, 2014.
7. Cañedo-Argüelles, M., Hawkins, C.P., Kefford, B.J., et al. “Saving freshwater from salts.” *Science* 351(6276) (2016): 914-916. DOI: 10.1126/science.aad3488.
8. Cañedo-Argüelles, M., Kefford, B.J., Piscart, C., Prat, N., Schäfer, R.B., Schulz, C.J. „Salinisation of rivers: an urgent ecological issue.” *Environmental pollution*. 173 (2013): 157-67.
9. Crutzen, P.J., Stoermer, E.F. “The Anthropocene.” *IGBP Newsletter* 41 (2000): 17-18.
10. *Environmental Atlas of Uzbekistan (EAU)*. Statcomlandgeodescadastre, Tashkent, 2008.
11. Fedorov, Y.A., Kulmatov, R.A., Rubinova, F. *The Amudarya, in a water quality assessment the former Soviet Union. A Water Quality Assessment the Former Soviet Union*, E&FN Spon, London and New York., 1998.
12. Glantz, M.H. “Aral Sea Basin: a sea dies, a sea also rises.” *Ambio: A journal of the Human Environment*. 34, no.4. (2007): 323-328.
13. Gozlan, R.E., Karimov, B.K., Zadereev, E., Kuznetsova, D., Brucet, S. “Status, trends, and future dynamics of freshwater ecosystems in Europe and Central Asia.” *Inland Waters* 9, no.1. (2019): 78-94. DOI: 10.1080/20442041.2018.1510271.
14. IPCC 2007: *Climate Change 2007: Impacts, Adaptation and Vulnerability*. https://www.ipcc.ch/publications_and_data/publications_ipcc_fourth_assessment_report_wg2_report_impacts_adaptation_and_vulnerability.htm, 2018.
15. Jones, E., van Vliet, M. “Drought impacts on river salinity in the southern US: Implications for water scarcity.” *Science of The Total Environment* 644 (2018): 844-853.
16. Kamilov, B., Karimov, B., Keyser, D. “The modern state of fisheries in the Republic of Uzbekistan and its perspectives.” *World Aquaculture Magazine* 35, no 1. (2004): 8-14.
17. Karimov, B. and Keyser, D. “The effect of salt composition on the salinity tolerance of mirror carp (*Cyprinus carpio* L.) during early ontogeny.” *Archive Fish. Mar. Res.* 46, no.3 (1998): 225-239.
18. Karimov, B., Lieth, H., Kurambaeva, M., Matsapaeva, I. “The problems of fishermen in the southern Aral Sea region.” *Mitigation and adaptation strategies for global change*. 10, no.1 (2005): P. 87-103.
19. Karimov, B.K., Matthies, M., Talskikh, V., Plotsen, M.A. and Karimov, E.B. “Salinization of River Waters and Suitability of Electric Conductivity Value for Saving Freshwater from Salts in Aral Sea Basin.” *Asian Journal of Water, Environment and Pollution* 16, no. 3 (2019): 109-114. DOI 10.3233/AJW190039.
20. Karimov, B.K., Razakov, R.M. *Otsenka toksikologicheskoy situatsii na primere Sredneaziatskogo regiona*. [The evaluation of toxicological situation on example of Central Asian region]. The fundamentals of water protection. Kharkov, 1990. (In Russian).
21. Konovalov, P.M. *Opyty po izucheniyu vliyaniya solenosti na razvitiye akry vobly, leshcha i sazana*. V Materialakh po ikhtiofaune i rezhimu vod basseyna Aral’skogo morya. [Experiments to study the effect of salinity on the development of acres of roach, bream and carp. In the Materials on the ichthyofauna and water regime of the Aral Sea basin. M., publishing house MOIP] M.: Izd-vo MOIP, 1950. (In Russian).
22. Lioubimtseva, E. Chapter 17. Impact of Climate Change on the Aral Sea and Its Basin. Micklin P., Aladin N., Plotnikov I. (Eds). *The Aral Sea: The Devastation and Partial Rehabilitation of a Great lake*. Berlin, Heidelberg: Springer-Verlag, 2014.
23. Micklin, P. “The Future Aral Sea: hope and despair.” *Environmental Earth Science*. 75, no. 9 (2016): 1–15.
24. Micklin, P. Chapter 15. Efforts to Revive the Aral Sea. Micklin P., Aladin N., Plotnikov I. (Eds). *The Aral Sea: The Devastation and Partial Rehabilitation of a Great lake*. Berlin, Heidelberg: Springer-Verlag, 2014.

25. Micklin, P. Chapter 8. Irrigation in the Aral Sea Basin. Micklin P., Aladin N., Plotnikov I. (Eds). The Aral Sea: The Devastation and Partial Rehabilitation of a Great lake. Berlin, Heidelberg: Springer-Verlag, 2014.
26. NITS MKVKK. Osnovnyye morfometricheskiye kharakteristiki Aral'skogo moraya. [SIC ICWC. The main morphometric characteristics of the Aral Sea (1911-2018)], 2018. www.cawater-info.net. (In Russian).
27. Otsenka sotsial'no-ekonomicheskikh posledstviy ekologicheskogo bedstviya – usykhaniya Aral'skogo morya. Zaklyuchitel'nyy otchet po Yuzhnomu Priaral'yu. Proyekt INTAS-RFFI-1733 pri uchastii proyekta NATO SFP №974357. [Assessment of the socio-economic consequences of environmental disaster – the drying up of the Aral Sea. Final report on the South Aral Sea region. The INTAS-RFBR-1733 project with the participation of NATO SFP project No. 974357. Vienna-Moscow-Amersford-Tashkent, August], Vena-Moskva-Amersford-Tashkent, 2001.
28. Pavlovskaya, L.P. “Fishery in the lower Amu-darya under the impact of irrigated agriculture.” FAO fisheries circular, No. 894, Rome, FAO, 1995.
29. Plotnikov, I.S. Mnogoletniye izmeneniya fauny svobodnozhivushchikh vodnykh bespozvonochnykh Aral'skogo morya. [Long-term changes in the fauna of free-living aquatic invertebrates of the Aral Sea]. SPb: ZIN RAN, 2016. (In Russian).
30. Rubinova, F.E. “Izmeneniye stoka reki Amudar'i pod vliyaniem vodnykh melioratsiy v yeye basseyne. [Discharge fluctuations of river Amudarya under impact of water melioration in its basin].” Trudii SANIGMI, no. 106 (187) (1985): 115. (In Russian).
31. Rubinova, F.E. “Vliyaniye vodnykh melioratsiy na stok i gidrokhimicheskiiy rezhim rek basseyna Aral'skogo morya. [Impact of water melioration on discharge and hydrochemical regime of rivers in the Aral Sea Basin].” Trudii SANIGMI, no. 124 (205) (1987): 159. (In Russian).
32. Thorpe, A., Whitmarsh, D., Drakeford, B., Reid, C., Karimov, B., Timirkhanov, S., Satybekov, K., Van Anrooy, R. Feasibility of restocking and culture-based fisheries in Central Asia. FAO Fisheries and Aquaculture Technical Paper. No. 565. Ankara, FAO, 2011.
33. Tleuov, R.T. Noviy rezhim Arala i yego vliyaniye na ikhtiofaunu. [The new regime of the Aral Sea and its influence on the ichthyofauna]. Tashkent: Izdatel'stvo FAN, 1981. (In Russian).
34. Velasco, J., Gutiérrez-Cánovas, C., Botella-Cruz, M., et al. “Effects of salinity changes on aquatic organisms in a multiple stressor context.” *Philosophical Transactions of the Royal Society B*. 374(1764) (2018): 20180011. <http://dx.doi.org/10.1098/rstb.2018.0011>.
35. Wegerich, K. “Natural drought or human made water scarcity in Uzbekistan.” *Central Asia and the Caucasus*, no 2(14) (2002): 154-162.
36. Zholdasova, I.M. Sostoyaniye i tendentsii razvitiya rybnogo khozyaystva Karakalpakstana. V kn.: Materialy respublikanskoy nauchnoy konferentsii «Aktual'nyye problemy izucheniya i sokhraneniya zhitovnogo mira Uzbekistana». [Zholdasova I.M. Status and development trends of fisheries of Karakalpakstan. In the book: Materials of the Republican Scientific Conference “Actual Problems of the Study and Preservation of the Fauna of Uzbekistan”, Tashkent]. Tashkent, 2011. (In Russian).

1-бөлім
**ҚОРШАҒАН ОРТАНЫ ҚОРҒАУ
ЖӘНЕ ҚОРШАҒАН ОРТАҒА
АНТРОПОГЕНДІК ФАКТОРЛАРДЫҢ ӘСЕРІ**

Section 1
**ENVIRONMENTAL IMPACT
OF ANTHROPOGENIC FACTORS
AND ENVIRONMENTAL PROTECTION**

Раздел 1
**ВОЗДЕЙСТВИЕ НА ОКРУЖАЮЩУЮ СРЕДУ
АНТРОПОГЕННЫХ ФАКТОРОВ
И ЗАЩИТА ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ**

А.С. Сапаров¹, Н. Токсеитов¹, И.Ж. Карабаева² ,
Г.Б. Серикбай¹, А.К. Абай¹, Г.Д. Ултанбекова^{1,2} , Р.К. Сыдыкбекова² 

¹Казахский научно-исследовательский институт почвоведения и агрохимии
им. У.У. Успанова, Казахстан, г. Алматы

²Казахский национальный университет имени аль-Фараби,
Казахстан, г. Алматы, e-mail: ultanbekova77@mail.ru

ВЛИЯНИЕ ГАЛОФИЛЬНЫХ МИКРООРГАНИЗМОВ *BACILLUS SP.* ПК-1 НА РОСТ И РАЗВИТИЕ КУКУРУЗЫ В УСЛОВИЯХ ОРОШАЕМЫХ ЗАСОЛЕННЫХ ПОЧВ ТУРКЕСТАНСКОЙ ОБЛАСТИ

В исследовании изучали влияние солеустойчивых галофильных микроорганизмов, выделенных из орошаемых засоленных почв Туркестанской области, на рост и развитие зерновых культур кукурузы. Нашей целью было, изучение влияния инокуляции семян и внекорневой подкормки штаммом *Bacillus sp.* ПК-1 для роста и развития кукурузы в условиях орошаемых засоленных почв Туркестанской области. Культивирование штамма *Bacillus sp.* ПК-1 проводили на среде МПА (мясо пептонный агар) (50,0 г/л NaCl, pH 7.1) в круговой качалке 220 об/мин при температуре 28°C в течение 72 часа. Установлено, что предпосевная обработка семян кукурузы культуральной жидкости *Bacillus sp.* ПК-1 повышает всхожесть на 15-35 %. Двукратная внекорневая подкормка растений кукурузы усиливает рост и развитие растений в два раза, способствует увеличению биомассы корней на 50 %. Проведенные нами исследования показали, что штамм *Bacillus sp.* ПК-1 может быть перспективным для создания нового биопрепарата на основе аборигенных галофильных бактерий для инокуляции семян и внекорневой подкормки для роста и развития кукурузы в условиях орошаемых засоленных почв Туркестанской области.

Ключевые слова: кукуруза на зерно, солеустойчивые микроорганизмы, PGPR бактерий, *Bacillus*, ростостимулирующая активность.

S.S. Saparov¹, N. Tokseitov¹, I.Z. Karabaeva²,
G.B. Serikbay¹, A.K. Abay¹, G.D. Ultanbekova^{1, 2*}, Rh.K. Sydykbekova²

¹Kazakh research Institute of soil science and Agrochemistry. U. U. Uspanova, Kazakhstan, Almaty

²Al-Farabi Kazakh National University, Kazakhstan, Almaty, e-mail: ultanbekova77@mail.ru

The effect of halophilic microorganisms *BACILLUS SP.* ПК-1 for growth and development of corns in irrigated saline soils of Turkestan region

The study examined the effect of salt tolerant halophilic microorganisms isolated from irrigated saline soils of the Turkestan region on the growth and development of corn crops. Our goal was to study the effect of seed inoculation and foliar feeding of the strain *Bacillus sp.* ПК-1 for the growth and development of corn in irrigated saline soils of the Turkestan region. Cultivation of the strain *Bacillus sp.* ПК-1 was carried out on a medium MPA (meat peptonic agar) (50.0 g/l NaCl, pH 7.1) circular rocking 220 rpm at a temperature of 28°C for 72 hours. It was established that pre-sowing treatment of corn seeds with culture liquid *Bacillus sp.* ПК-1 increases germination by 15-35 %. Double foliar feeding of maize plants enhances the growth and development of plants twice, increases the biomass of roots by 50 %. Thus, our research has shown that the strain *Bacillus sp.* ПК-1 may be promising for the creation of a new biological product based on native halophilic bacteria for seed inoculation and foliar feeding for the growth and development of maize in irrigated saline soils of Turkestan region.

Key words: corn for grain, salt-resistant microorganisms, PGPR bacteria, *Bacillus*, growth-stimulating activity.

А.С. Сапаров¹, Н. Тоқсеитов¹, И.Ж. Қарабаева²,
Г.Б. Серикбай¹, А.К. Абай¹, Г.Д. Ұлтанбекова^{1,2*}, Р.К. Сыдықбекова²

¹О.О. Оспанов атындағы Қазақ топырақтану және агрохимия ғылыми-зерттеу институты, Қазақстан, Алматы қ.
²Әл-Фараби атындағы Қазақ ұлттық университеті, Қазақстан, Алматы қ., e-mail: ultanbekova77@mail.ru

Түркістан облысының суармалы тұздалған топырағы жағдайында жүгерінің өсуі мен дамуына *BACILLUS SP.* ПК-1 галофильды микроағзалардың әсері

Зерттеу барысында Түркістан облысының суармалы тұздалған топырағы жағдайында дәнді дақыл жүгерінің өсуі мен дамуына *Bacillus sp.* ПК-1 галофильді микроағзаның әсерін зерттеу. Біздің мақсатымыз бойынша, Түркістан облысының суармалы тұздалған топырағы жағдайында дәнді дақыл жүгерінің өсуі мен дамуына *Bacillus sp.* ПК-1 галофильді микроағзаның дақылдық сұйықтығымен инокуляциялау және тамырдан тыс қоректендіруді зерттеу. *Bacillus sp.* ПК-1 штамын өсіру 220 айн/мин шайқағышта 28 °С температура аралығында 72 сағат бойы ЕПА (ет пептонды агар) (50,0 г/л NaCl, рН 7.1) қоректік ортасында өсірілді. *Bacillus sp.* ПК-1 штамының дақылдық сұйықтығымен жүгері дақылының тұқымдарын өңдегенде, өсімдіктің өнімі 15-35 % артты. Екі қайтара тамырдан тыс өңдегенде жүгері өсімдігінің өсіп, өнуі артып, тамырының салмағының 50 % арттыруына себеп болатыны тұрақталды. Біздің жүргізген зерттеулерде, Түркістан облысының суармалы тұздалған топырағы жағдайында дәнді дақыл жүгерінің өсуі мен дамуына аборигенді галофильді микроағза *Bacillus sp.* ПК-1 штамын келешекте жаңа биопрепараттардың негізі ретінде қолдануға болатындығы анықталды. Жүгерінің дәнді дақылдарының өсуі мен дамуын арттыру үшін оны топырақ биоценоздарына жерсіндіру үшін пайдалану мүмкіндігі көрсетілген.

Түйін сөздер: жүгері дәні, тұзға төзімді микроағзалар, PGPR бактериялары, *Bacillus*, өсуді тездеткіш белсенділік.

Сокращения и обозначения

МПА – мясо пептонный агар; МПБ – мясо пептонный бульон.

Введение

Засоленность почвы является ключевым экологическим фактором, сдерживающим продуктивность почвы и сельскохозяйственных культур. В разных частях мира производительность сельского хозяйства снижается в основном из-за засухи и засоления. В связи с этим, биологические методы управления стрессом от засоления являются хорошей альтернативой и галотолерантные бактерии могут играть важную роль в смягчении стресса от засоленности. Солеустойчивые ризобактерии, способствующие росту растений (PGPR), могут играть важную роль в уменьшении стресса засоления почвы во время роста растений, а бактериальные эксудаты влияют на уменьшение стресса от засоления, за счет снижения содержания Na они способны производить гормоны, способствующие росту растений [1-4].

Известно, что засоление почв является постоянной угрозой для урожайности сельскохозяйственных культур и экологии почв во всем мире. Абиотические стрессы, в том числе солевой стресс представляют собой порочные экологические факторы, ограничивающие урожайность сельского хозяйства на всей территории Казах-

стана, в то время как спрос на продовольствие увеличивается с ростом населения. Туркестанская область является очень жарким регионом в Казахстане, здесь повсюду, кроме некоторых горных районов, испаряемость в 10 – 20 и более раз превышает количество атмосферных осадков, что вызвано продолжительным жарким и сухим летом. Наряду с преобладающим равнинным характером местности и ее общей слабой дренированностью, что способствует широкому распространению засоленных почв. Интенсивное использование плодородия орошаемых почв в годы переходного периода, неудовлетворительное состояние оросительных и коллекторно-дренажных сетей, несоответствие их технических параметров проектным нормам привело к резкому ухудшению почвенно-мелиоративных условий орошаемых массивов [5, 6].

Однако, чрезмерная концентрация соли в почве не только разрушает структуру почвы, но также влияет на поглощение питательных веществ из почвы, делая питательные вещества недоступными для поглощения растениями. Солевой стресс существенно влияет на рост, урожайность и фотосинтез и приводит к нарушению питательного баланса, а также к ионному и осмотическому стрессу [7].

Основными регионами по производству сельскохозяйственной культур кукурузы в Казахстане являются Алматинская, Жамбылская и Туркестанская области. Общая площадь воз-

делывания кукурузы – 135170 га. Валовый сбор зерна кукурузы составил 762 360,32 тонн, при средней урожайности 5,64 тонн с 1 га.

Высота растений кукурузы составляет 290-320 см, высота прикрепления початка – 125-135 см. Листья темно-зеленой окраски. Устойчив на полегание, толерантен к болезням стебля, початка и листьев. Кукуруза предъявляет повышенные требования к влаге, теплу, свету, питательным веществам и другим факторам внешней среды. Кукуруза экономно расходует почвенную влагу. На создание 1 кг сухого вещества она использует примерно 250-400 кг воды. Продолжительный вегетационный период кукурузы позволяет сформировать мощную листостебельную массу, при этом расход воды может достигать за вегетацию 3-6 тонн на 1 гектар. Кукуруза теплолюбивое растение. Семена кукурузы прорастают при температуре 8-10°C. Наиболее благоприятные для роста и развития растений в период всходы – выбрасывание метелок, среднесуточная температура составляет 20-23°C. Сорт возделываемой кукурузы является Каз-ЗП-777 – ТОО «Будан» (позднеспелый гибрид). Технология возделывания кукурузы традиционная.

В литературе имеется обширная информация о развитии сельскохозяйственных культур с атрибутом солеустойчивости, которое отнимает много времени и стоимость является непомерно высокой. Следовательно, применение солеустойчивого микробного инокулята, имеющего влияние на рост и развитие растений, является потенциально экономичной альтернативной технологией для улучшения абиотического стресса. PGPR бактерий играет значительную роль как пробиотиков для растений, стимулирующих рост растений путем увеличения скорости прорастания, роста корневых побегов, площади листьев, урожайности, содержания белка и выполняющих роль агентов биоконтроля заболеваний растений [8-11].

В литературе приведено много данных, подтверждающих разнообразие солеустойчивых бактерий, выделенных из засоленных почв, которые адаптированы в больших дозах минерализованных почвах. Например, к ним можно отнести микроорганизмы рода *Actinobacterium*, *Azospirillum*, *Flavobacterium*, *Alcaligenes*, *Virgibacillus*, *Thalassobacillus*, *Planococcus*, *Sporosarcina*, стафилококк, *Halomonas*, *Halobacillus*, *Brevibacterium*, *Enterobacter*, *Terribacillus*, и *Oceanobacillus*. Для эффективного роста и развития сельскохозяйственных культур, PGPR бактерии должны размножаться в ризосфере растений и в почве.

Солеустойчивые микроорганизмы являются привлекательным кандидатом для повышения продуктивности сельского хозяйства в засоленной экосистеме [12, 13].

В настоящее время разработка и внедрение биологических приемов, улучшающих агроэкологическое состояние орошаемых земель, является актуальным направлением развития сельского хозяйства. Приемам, способствующим восстановлению экологического равновесия почвообразовательных процессов, относится применение биопрепаратов, улучшающих плодородие почвы.

Активно изучается возможность использования биопрепаратов на основе аборигенных галофильных бактерий для повышения урожайности сельскохозяйственных культур в условиях засоленных почв. В связи с этим, разработка новых типов биопрепаратов на основе галофильных штаммов для сельскохозяйственных культур кукурузы, обладающих ростостимулирующим эффектом, является особенно актуальной задачей.

За последние годы наблюдается стремление к интенсивному использованию потенциального плодородия почв путем насыщения севооборота пропашными культурами, использование пашни в виде чистого пара, интенсивная обработка почвы и т.д. Одновременно снижается использование органических удобрений, наблюдается недооценка посева сидеральных культур. Если гумус является интегральным показателем плодородия почвы, источником биогенных элементов, улучшателем физико-химических и иных ее свойств, активатором биологической активности, то удобрения, повышающие содержание гумуса, также выполняют важные экологические функции. Все это приводит к активизации процессов минерализации органического вещества почв, к ухудшению ее гумусного состояния [14].

В исследовании была выделена аборигенная галотолерантная солеустойчивая бактерия рода *Bacillus sp.* ПК-1, способствующая повышению роста кукурузы.

Целью данного исследования является изучение влияния инокуляции семян и внекорневой подкормки штаммом *Bacillus sp.* ПК-1 для роста и развития кукурузы в условиях орошаемых засоленных почв Туркестанской области.

Материалы и Методы

Объектом исследования являлся штамм *Bacillus sp.* ПК-1, выделенный из экстремальной экосистемы Казахстана Туркестанской области

(Луговая орошаемая среднесуглинистая почва, Туркестанская область). Штамм выращивали на среде МПБ. Состав питательной среды (г/л) был следующим: среда: МПБ + NaCl – (50,0). Штамм культивировали в лабораторных условиях при температуре 29 °С в круговой качалке 220 об/мин в течение 72 часов. Титр бактериальных клеток составлял $1,2 \times 10^9$, что подтверждает жизнеспособность галотолерантных микроорганизмов на данной среде МПБ + NaCl – (50,0 г/л).

В условиях микрополевого опыта семена кукурузы обрабатывались культуральной жидкостью *Bacillus sp.* ПК-1 из расчета 200 мл культуральной жидкости на 2 литра воды для обработки одного гектара. В фазы 3-5 и 7-8 листьев проводилась некорневая подкормка с культуральной жидкостью *Bacillus sp.* ПК-1. Культуральную жидкость бактерии штамма *Bacillus sp.* ПК-1 использовали в качестве инокулянта для семян кукурузы сорта Каз-3П-777 – ТОО «Будан» (позднеспелый гибрид), инокулированные семена оставили на 1,5 часа для хорошего прикрепления микроорганизмов.

Для анализа вещественного состава почв использованы аналитические методы, подробно изложенные в руководстве по общему анализу почв. Лабораторные исследования проводились по следующим методикам. Определение органического вещества (гумуса) по ГОСТ 26213-91, легкогидролизуемого азота по методу Тюрин-Кононовой, подвижных соединений фосфора и калия – по методу Мачигина в модификации ЦИНАО ГОСТ 26205-91, рН водный по ГОСТ 26423-85. Валовые формы азота – по Кьельдалю, фосфора – по Гинзбург-Щегловой, калия – по Смитю.

Изучение эффективности влияния штаммов галотолерантных микроорганизмов на рост и развитие кукурузы проводим путем закладки микрополевых опытов по методике Ф.А. Юдина [15].

В данной работе, в микрополевым опыте проводились исследования по фенологическим наблюдениям в фазе (3-5) – (7-8) и фазе созревания и влияние на повышение урожайности почвы.

Для характеристики плодородия почвы отбирались пробы с глубины 0-20 см в пятикратной повторности.

Результаты и Обсуждение

Агрохимическая характеристика почвенных анализов предусматривает определение содержания основных питательных веществ в

почве (азота, фосфора и калия) в виде усвояемых и неусвояемых растениями соединений. Соединение выше перечисленных элементов обеспечивает эффективность плодородия почвы. Исходные показатели агрохимических анализов содержания в почве гумуса, валовых и подвижных макроэлементов представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Исходные агрохимические показатели содержания в светло-каштановой почве гумуса, валовых и подвижных макроэлементов

Гумус, %	рН	CO ₂	Подвижные формы, мг/кг		
			N	P ₂ O ₅	K ₂ O
2,8	8,3	0,46	36,4	45,4	415
3,4	7,8	0,50	45,5	-	-

Из таблицы 1 видно, что почва опытного участка достаточно обеспечена подвижными формами макроэлементов для роста и развития кукурузы. После обработки семян и внекорневой подкормки фазы 3-5 и 7-8 листьев культуральной жидкостью штамма *Bacillus sp.* ПК-1 количество газа CO₂ существенно повышается на 0,04 %.

По результатам анализов наблюдаются незначительное снижение уровня рН, где весной было отмечено максимальное значение – 8,3, следующей осенью оно снизилось до 7,8. Установлено, что почва опытного участка является слабощелочной.

По данным исследований, одним из биологических активных ингредиентов, находящихся в почве и способствующих гумусообразованию и повышению плодородия, является углерод, который образуется при разложении углекислого газа CO₂ [16, 17].

Еще одним несомненно важным показателем, определяющий реализацию экологических функций почвы, является ее гумусное состояние. Гумус способствует накоплению и удержанию питательных для растений веществ, которые при его разложении переходят в почвенный раствор и могут потребляться растениями.

Из рисунка 1 видно, что в нашем исследовании после применения культуральной жидкости на основе штамма *Bacillus sp.* ПК-1 содержание органического вещества гумуса в верхнем 0-20 см слое почвы повышается на 0,6 %.

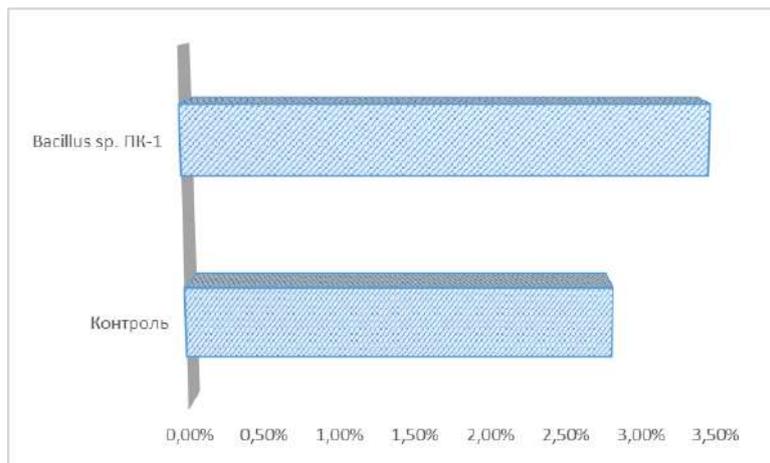


Рисунок 1 – Содержание органического вещества гумуса в верхнем 0-20 см слое почвы. По оси ординат – Контроль, без обработок; обработка штаммом *Bacillus sp.* ПК-1, %

Посев кукурузы в микрополевом опыте проведен 25 апреля 2018 года, глубина заделки семян – 5-6 см. Фаза 3-5 листьев наступила 18 мая, фаза 7-8 листьев – 1 июня, фаза созревания початков – 6 августа. Качество семян определяется их энергией прорастания и всхожестью, которые могут увеличиваться или снижаться при воздействии различных факторов.

Результаты эксперимента показали, что обработка семян *Bacillus sp.* ПК-1 активизирует

процесс прорастания семян за счет ускорения биохимических процессов, повышает всхожесть семян, повышает иммунитет и стрессоустойчивость, внекорневая подкормка улучшает рост и развитие. Так, количество растений на микрополевом эксперименте на контрольном варианте без обработок в фазе 3-5 листьев составила 8,0 штук. На варианте с обработкой семян и двукратным опрыскиванием растений кукурузы количество растений несколько выше – 12 штук.

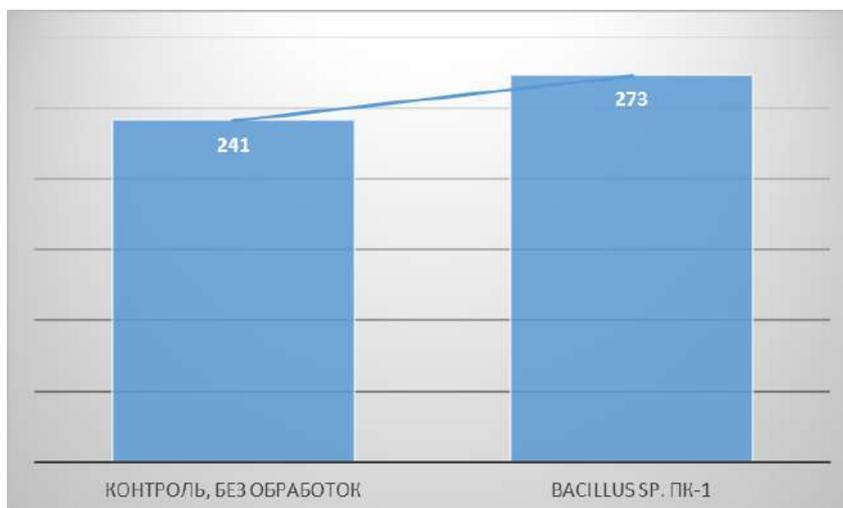


Рисунок 2 – Биометрические показатели кукурузы, см. По оси абсцисс – Контроль, без обработок; обработка штаммом *Bacillus sp.* ПК-1

Применение галотолерантных микроорганизмов не только улучшает рост, развитие и продуктивность кукурузы, но оказывает влияние на развитие корневой системы кукурузы.

По результатам биометрических данных в варианте с обработкой семян кукурузы до посева и двукратной внекорневой подкормкой растений *Bacillus sp.* ПК-1 высота растений больше на

34,0 см по сравнению с контрольным вариантом (рисунок 2).

В условиях микрополевого опыта проведен учет накопления биомассы корней кукурузы по вариантам опыта. Обработка семян кукурузы и двукратное опрыскивание растений оказало положительное влияние на накопление биомассы корней. Основная масса корней кукурузы расположена на глубине 30-60 см, часть корней проникает на глубину 150-200 см. При недостатке влаги в верхнем слое в начале вегетационного периода корни распространяются вглубь, при обильном увлажнении верхнего слоя корни ветвятся у поверхности почвы. Растения с корневой системой, расположенной близко к поверхности

почвы, хуже переносят недостаток влаги во время цветения, чем растения с корневой системой, проникающей глубоко. Как видно из рисунка 3, корневая система у кукурузы мочковатая, состоит из нескольких ярусов. На варианте с обработкой семян кукурузы до посева и двукратной внекорневой подкормкой растений *Bacillus sp.* ПК-1 корневая система растений больше на 10,2 см по сравнению с контролем.

Таким образом, наглядным примером преимущества является разница между корневой системой кукурузы на контроле без обработок по сравнению с обработанным вариантом культуральной жидкостью штамма *Bacillus sp.* ПК-1 (рисунок 3).



А – Контроль (без обработок)

В – обработка семян и двукратная внекорневая подкормка растений

Рисунок 3 – Общий вид корневой системы кукурузы

Заключение

Галотолерантный микроорганизм штамма *Bacillus sp.* ПК-1, выделенный из орошаемых почв Туркестанской области, способствует ро-

сту и развитию зерновых культур кукурузы и применяется для обработки семян и внекорневой подкормки растений кукурузы.

Установлено, по результатам проведенных в условиях микрополевого испытания галотоле-

рантный штамм *Bacillus sp.* ПК-1 может рассматриваться как перспективный штамм для создания биопрепарата для орошаемых засоленных почв Туркестанской области для зерновых культур кукурузы. Показана возможность его использования для интродукции в почвенные биоценозы для повышения роста и развития зерновых культур кукурузы. Это свойство особенно важно для растениеводства Туркестанской области, в которой засоленные почвы в общем объеме земельных ресурсов занимают 107 тыс. гектаров засолены от средней до очень сильной степени.

Выводы

Таким образом, предпосевная обработка семян кукурузы культуральной жидкостью штам-

мом *Bacillus sp.* ПК-1 повышает всхожесть на 10-40 %. Двукратная внекорневая подкормка растений кукурузы усиливает рост и развитие растений, количество початков составляет в обработанном варианте 2 штуки на одно растение, а также способствует увеличению биомассы корней на 50 %.

Работа выполнена в рамках проекта «Проблемы орошаемых засоленных почв Туркестанской области и их решение на основе применения инновационной технологии повышения плодородия почв и урожайности», Министерство сельского хозяйства Республики Казахстан, НАО «Национальный аграрный научно-образовательный центр (НАО «НАНОЦ»).

Литература

1. Banerjee A., Sarkar S., Cuadros-Orellana S., Bandopadhyay R. Exopolysaccharides and Biofilms in Mitigating Salinity Stress: The Biotechnological Potential of Halophilic and Soil-Inhabiting PGPR Microorganisms. In: Giri B., Varma A. (eds) Microorganisms in Saline Environments: Strategies and Functions // Soil Biology. – 2019. – Vol. 56. – Springer, Cham DOIhttps://doi.org/10.1007/978-3-030-18975-4_6.
2. Kasim W.A., Osman M.E., Omar M.N., Abd El-Daim I.A., Bejai S., Meijer J. Control of drought stress in wheat using plant-growth promoting bacteria // Journal of Plant Growth Regulation. – 2012. – Vol. 32, Iss. 1. – P. 122-130.
3. Bais H.P., Weir T.L., Perry L.G., Gilroy S., Vivanco J.M. The role of root exudates in rhizosphere interactions with plants and other organisms // Annu. Rev. of Plant Biol. – 2006. – Vol. 57. – P. 233-266.
4. Akiyoshi D.E., Regier D.A., Gordon M.P. Cytokinin production by Agrobacterium and Pseudomonas spp. // Journal of Vacteriology. – 1987. – Vol. 169, Iss. 9. – P. 4242-4248.
5. Сағымбаев С. Арал өңіріндегі суармалы жерлердің қазіргі жағдайы, егіншілік саласын әртарап тандыру, күріш және дәстүрлі емес дақылдарды келешекте қолдану // Доклад Республиканской научно-практической конференции. – Шымкент, 2006. – С.14-18.
6. Отаров А.А., Ибраева М.А., Усипбеков В. Краткая характеристика почвенного покрова и анализ современного состояния плодородия почвы Южно-Казахстанской области // Журнал Почвоведение и агрохимии. – 2008, №1. – С. 68-76.
7. Ondrasek G., Rengel Z., Veres S. Soil salinization and salt stress in crop production. In: Shanker A (ed) Abiotic stress in plants– mechanisms and adaptations. InTech, Rijeka. – 2011. – P.171–190.
8. Laslo E., Gyorgy E., Mara G., Tamas E., Abraham B., Lanyi S. Screening of plant growth promoting rhizobacteria as potential microbial inoculants // Crop Protection. – 2012. – Vol. 40. – P.43–48.
9. Verma J.P., Yadav J., Tiwari K.N., Jaiswal D.K. Evaluation of plant growth promoting activities of microbial strains and their effect on growth and yield of chickpea (*Cicer arietinum L.*) in India. // Soil Biol Biochem. – 2014. – Vol. 70. – P. 33–37
10. Verma V., Ravindran P., Kumar P.P. Plant hormone-mediated regulation of stress responses // BMC Plant Biology. – 2016. – Vol. 16, Iss. 1. – P. 86-88.
11. Ibragimova S., Revin V., Zakharkina A. Obtaining of biopreparations for plant protection against phytopathogens // Journal of Biotechnology. – 2014. – Vol. 185. – P. 567-569.
12. Bloembergen G.V., Lugtenberg B.J. Molecular basis of plant growth promotion and biocontrol by rhizobacteria // Curr Opin Plant Biol. – 2001. – Vol. 4. – P. 343–350.
13. Feng Y., Shen D., Song W. Rice endophyte *Pantoea agglomerans* YS19 promotes host plant growth and affects allocations of host photosynthates // Journal Appl Microbiol. – 2006. – Vol.100. – P. 938–945.
14. Структурно функциональная роль почвенной биоты в биосфере / Г.В. Добровольская, И.П. Бабаева, Л.Ж. Богатырев и др. / Отв. ред. Г.В. Добровольская. – М.: Наука, 2003. – 364 с.
15. Юдин Ф.А. Методика агрономических исследований. – М., 1980 – 251 с.
16. Пиндак В.И., Лобойко В.Ф., Кутузов Д.С. Повышения плодородия почвы за счет углекислоты // Известия Нижневольского агроуниверситетского комплекса, Агрономия и лесное хозяйство. – 2008, №4 (12). – С. 1-5.
17. Аринушкина Е.Р. Руководство по химическому анализу почв. – М.: Изд-во МГУ, 1977. – 489 с.

References

1. Banerjee, A., Sarkar, S., Cuadros-Orellana, S. and Bandopadhyay, R. "Exopolysaccharides and Biofilms in Mitigating Salinity Stress: The Biotechnological Potential of Halophilic and Soil-Inhabiting PGPR Microorganisms. [In: Giri B., Varma A. (eds) *Microorganisms in Saline Environments: Strategies and Functions*."] *Soil Biology* 56. (2019).
2. Kasim, W.A., Osman, M.E., Omar, M.N., Abd El-Daim, I.A., Bejai, S. and Meijer, J. "Control of drought stress in wheat using plant-growth promoting bacteria" *Journal of Plant Growth Regulation* 32. (2012): 122-130.
3. Bais, H.P., Weir, T.L., Perry, L.G., Gilroy, S., Vivanco, J.M. "The role of root exudates in rhizosphere interactions with plants and other organisms" *Annu. Rev. of Plant Biol* 57. (2006): pp. 233-266.
4. Akiyoshi, D.E., Regier, D.A. and Gordon, M.P. "Cytokinin production by *Agrobacterium* and *Pseudomonas* spp." *Journal of Vacteriology* 169. (1987): 4242-4248.
5. Saŕymbaev, S. "Aral oñirindegi suarmal' zherlerdiñ kazirgi zhardajy, eginshilik salasyn ertaraptandyru, kyrish zhøne dastyrlı emes dakylardy esiru perspektivalary" [The current state of irrigated lands in the Aral sea region, diversification of agriculture, promising use of rice and non-traditional crops]. *Doklady respublikanskoj nauchno-prakticheskoy konferencii. Shymkent.* (2006): 14-18. (In Kazakh).
6. Otarov, A.A., Ibraeva M.A., Usipbekov M., Wilkomirski B., Suska-Malawska M. "Kratkaya harakteristika pochvennogo pokrova i analiz sovremennogo sostoyaniya plodorodiya pochv YUzhno-Kazahstanskoj oblasti" [Brief description of soil cover and analysis of the current state of soil fertility in South Kazakhstan region]. *ZHurnal Pochvovedenie i agrohimiya*, No 21. (2008): 68-76. (In Russian).
7. Ondrasek, G., Rengel, Z., Veres, S. Soil salinization and salt stress in crop production. [In: Shanker A. *Abiotic stress in plants— mechanisms and adaptations*]. InTech, Rijeka, 2011.
8. Laslo, E., Gyorgy, E., Mara, G., Tamas, E., Abraham, B. and Lanyi, S. "Screening of plant growth promoting rhizobacteria as potential microbial inoculants" *Crop Protection* 40. (2012): 43-48.
9. Verma, J.P., Yadav, J., Tiwari, K.N., Jaiswal, D.K. "Evaluation of plant growth promoting activities of microbial strains and their effect on growth and yield of chickpea (*Cicer arietinum* L.) in India". *Soil Biol Biochem.* 70 (2014): 33–37.
10. Verma, V., Ravindran, P., Kumar, P.P. "Plant hormone-mediated regulation of stress responses" *BMC Plant Biology* 16 (2016): 86-88.
11. Ibragimova, S., Revin, V., Zakharkina, A. "Obtaining of biopreparations for plant protection against phytopathogens". *Journal of Biotechnology* 185 (2014): 567.
12. Bloemberg, G.V., Lugtenberg, B.J. "Molecular basis of plant growth promotion and biocontrol by rhizobacteria" *Curr Opin Plant Biol.* 4 (2001): 343–350.
13. Feng, Y., Shen, D., Song, W. "Rice endophyte *Pantoea agglomerans* YS19 promotes host plant growth and affects allocations of host photosynthates" *Journal Appl Microbiol.* 100 (2006): 938–945.
14. Dobrovol'skij, G.V., Bab'eva, I.P., Bogatyrev, L.G. i dr. *Strukturno-funkcional'naya rol' pochv i pochvennoj bioty v biosfere* [Structural and functional role of soil biota in the biosphere]. Otv. red. G.V. Dobrovol'skij. M.: Nauka, 2003. (In Russian).
15. Yudin, F.A. *Metodika agrohimicheskikh issledovanij* [Methods of agronomic research]. M., 1980. (In Russian).
16. Pyndak, V.I., Lobjko, V.F., Kutuzov, D.S. "Povysheniya plodorodiya pochvy za schet uglekisloty" [Increase soil fertility due to carbon dioxide]. *Izvestiya nizhnevolzhskogo agrouniversitetskogo kompleksa, Agronomiya i lesnoe hozyajstvo* 4, No. 12. (2008): 1-5. (In Russian).
17. Arinushkina, E. P. *Rukovodstvo po himicheskomu analizu pochv* [Manual of chemical analysis of soils]. M.: MSU, 1977. (In Russian).

A.I. Iliyassova^{1*} , A.V. Lovinskaya¹ ,
S.Zh. Kolumbaeva¹ , Abilev S.K.^{2,3}

¹Al-Farabi Kazakh National University, Kazakhstan, Almaty

²Vavilov Institute of General Genetics, Russia, Moscow

³Lomonosov Moscow State University, Russia, Moscow,

*e-mail: ailiyassova@mail.ru

GENOTOXIC AND PROTECTIVE ACTIVITY OF EXTRACTS FROM *INULA BRITANNICA* (FAM. *COMPOSITAE*) IN THE BODY OF LABORATORY MICE

The protective and mutagen-modifying activity of the complex of biologically active substances (BAS) in the extract from the underground part of the plant *Inula britannica* in the cells of the visceral organs of laboratory mice was studied. Alkaline variation of the comet assay was used to determine genotoxic/antigenotoxic activity. The frequency of single-stranded DNA breaks in the cells of the brain and bone marrow, lungs, heart, kidneys, liver, stomach, spleen was assessed by the following parameters: % of DNA in tail, Olive tail moment, damage index. It was found that extracts of BAS in concentrations of 100.0 mg/l and 150.0 mg/l did not show genotoxic activity, the frequency of single-strand breaks in all studied organs did not statistically significantly exceed the spontaneous level in intact animals. When exposed to asymmetric dimethylhydrazine (UDMH), the cells of the studied organs showed a statistically significant increase in the number of single-stranded DNA breaks compared to intact laboratory mice. When combined with UDMH as a positive control, extract of *Inula britannica* significantly reduces the genotoxic effect of xenobiotics. The frequency of DNA breaks in animals that simultaneously received UDMH and *Inula britannica* extract was statistically significantly lower compared with mice that received only UDMH. All this suggests the presence of antimutagenic and antigenotoxic activity in the extract of *Inula britannica*.

Key words: *Inula britannica*, biologically active substances, mutagen, antimutagen, genotoxicity, DNA comet assay.

А.И. Илиясова^{1*}, А.В. Ловинская¹, С.Ж. Колумбаева¹, С.К. Абилов^{2,3}

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

²РГА Н.И. Вавилов атындағы Жалпы генетика институты, Ресей, Мәскеу қ.

³М.В. Ломоносов атындағы Мәскеу мемлекеттік университеті, Ресей, Мәскеу қ.

*e-mail: ailiyassova@mail.ru

Британдық аңдыз (*Inula britannica* (*Compositae* тұқымдасы)) сығындысының зертханалық тышқандардың ағзасындағы генотоксикалық және қорғаушы белсенділігі

Inula Britannica өсімдігінің жерасты бөлігінен алынған сығындысын зертханалық тышқандардың висцеральды дене мүшелерінде жасушаларына антимутогенді және мутагенді белсенділігі зерттелді. Генотоксикалық немесе антигенотоксикалық белсенділікті анықтау үшін ДНК-комет әдісінің сілті вариациясы пайдаланылды. Оливе құйрық сәті, комета құйрықтағы ДНК пайызы, залал индексі параметрлер бойынша келесі 8 дене мүше жасушаларында ДНК үзілістерінің жиілігін бағаладық: ми және сүйек кемігі, өкпе, жүрек, бүйрек, бауыр, асқазан, көкбауыр. Биологиялық активті заттарды (БАЗ) 100.0 мг/л және 150,0 мг/л концентрациясында пайдаландық. Осы екі концентрациясында БАЗ-ды зертханалық тышқандарға ішкізкенде олардың бүкіл мүше жасушаларында ДНК үзілістер жиілігі интактты жануарлармен салыстырғанда риясыз деңгейінен айтарлықтай жоғары емес еді, демек *Inula britannica* сығындысының генотоксикалық белсенділігі табылған жоқ. Ал симметриясыз диметилгидразинді (НДМГ) қолданғанда зерттелген дене мүшелерінің жасушаларын интактты зертханалық тышқандармен салыстырғанда ДНК-үзілістер санының статистикалық маңызды ұлғаюы болды. НДМГ-мен БАЗ-ды бір мезгілде қолданған кезде, *Inula britannica* сығындысы ксенобиотиктердің генотоксикалық әсерін статистикалық түрде айтарлықтай азайтты. Мұның

барлығы *Inula britannica* сығындысы антимуутагендік және антигенотоксикалық белсенділікті білдіретін қабілеті бар екендігін болжайды.

Түйін сөздер: британдық андыз, биологиялық активті заттар, мутаген, антимуутаген, генотоксикалық әсер, ДНК-комета әдісі.

А.И. Илиясова^{1*}, А.В. Ловинская¹, С.Ж. Колумбаева¹, С.К. Абишев^{2,3}

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

²Институт общей генетики им. Н.И. Вавилова РАН, Россия, г. Москва

³Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова, Россия, г. Москва

*e-mail: ailiyassova@mail.ru

Генотоксическая и протекторная активность экстрактов девясила британского (*Inula britannica* (сем. *Compositae*)) в организме лабораторных мышей

Изучена протекторная и мутаген-модифицирующая активность комплекса биологически активных веществ (БАВ) в экстракте из подземной части растения *Inulabritannica* в клетках висцеральных органов лабораторных мышей. Для определения генотоксической/антигенотоксической активности была использована щелочная вариация метода ДНК-комет. Оценивали частоту одонитевых разрывов ДНК в клетках головного и костного мозга, легких, сердца, почках, печени, желудка, селезенки по параметрам: %ДНК в хвосте кометы, момент хвоста по Оливе, индекс повреждения. Установлено, что экстракты БАВ в концентрациях 100,0 и 150,0 мг/л не проявили генотоксической активности, частота одонитевых разрывов во всех изученных органах статистически значимо не превышала спонтанного уровня у интактных животных. При воздействии несимметричного диметилгидразина (НДМГ) в клетках изучаемых органов наблюдалось статистически значимое увеличение количества одонитевых разрывов ДНК по сравнению с интактными лабораторными мышами. При совместном действии с НДМГ в качестве положительного контроля экстракт *Inulabritannica* существенно модифицировал генотоксический эффект ксенобиотика в сторону его снижения. Частота разрывов ДНК у животных, которые одновременно получали НДМГ и экстракт *Inulabritannica*, была статистически значимо ниже по сравнению с мышами, получавшими только НДМГ. Все это позволяет предполагать наличие антимуутагенной и антигенотоксической активности у экстракта *Inula britannica*.

Ключевые слова: девясил британский, биологически активные вещества, мутаген, антимуутаген, генотоксичность, метод ДНК-комет.

Abbreviations

PAHs – polycyclic aromatic hydrocarbons; BAS – biologically active substances; UDMH – unsymmetrical dimethylhydrazine; OTM – Olive tail moment; %DNA – “% DNA in tail; DI – damage index.

Introduction

Recently, due to the increase of anthropogenic pressure on the environment, the issue of protecting the population from the negative impact of environmentally hazardous factors has emerged. Due to the activity of industrial enterprises, automobile, the anthropogenic impact on the environment growing every year and the biosphere is rapidly accumulating chemical compounds with genotoxic properties [1-6]. A number of authors have shown mutagenic and carcinogenic activity for PAHs, alkylating compounds, a number of heavy metals, organochlorine and organophosphorus pesticides, nitroso compounds, and some plant secondary

compounds [6–9]. Environmental pollution by mutagens of a physical, chemical and biological nature facilitates to the development of many chronic diseases, including oncological ones. Therefore, the search for protectors from the mutagenic, genotoxic and toxic effects of environmental pollutants is relevant. Plant are the promising sources of antimutagens that reduce mutations. Plants contain a variety of biologically active substances (BAS), such as vitamins, saponins, glycopeptides, amino acids, flavonoids, coumarins, flavones, terpenoids, which have complex therapeutic effect and antioxidant properties [10-15]. In addition, plants are an affordable and rapidly renewable resource.

In the flora of Kazakstan are about 6000 species of higher strata, 1406 of them are medicinal, but only 230 species of these plants are used in official medicine. These medicinal plants contain most of the known classes of biologically active substances. Among them prevail the species containing flavonoids and their derivatives (60% of species), alkaloids (42%), organic and phenolic acids (34%), vitamins (32%), tannins (29%), coumarins

(25%) and other biologically active substances. In accordance with the phytochemical composition, medicinal plants in Kazakhstan have a very broad spectrum of pharmacological action [16].

One of the widely used medicinal plants is *Inula britannica* L., from the genus *Inula*, subfamily *Asteraceae*, family *Compositae*. In Kazakhstan *Inula britannica* grows everywhere, with the exception of highlands. The underground and above-ground parts of the *Inula Britannica* contain such bioactive substances as essential oils, sesquiterpenes, alkaloids, tannins, saponins, phenol carboxylic acids, coumarins, flavonoids, steroids, etc. [17-19]. All of the above suggests that *Inula britannica* is a promising plant for obtaining new phytochemicals [20-21].

In this regard, the purpose of this study was to study the mutagenic and protective activity of extract from the underground part of the *Inula britannica* (fam. *Compositae*) in the body of laboratory mice.

Materials and methods

The extract from the underground part of *Inula britannica* L. (Fam. *Compositae*) in concentrations of 100 and 150 mg / kg was tested to the antimutagenic and mutagenic activity.

An aqueous solution of asymmetric dimethyl hydrazine (UDMH) was used as a positive control. It is known that UDMH is a highly toxic compound [23-26] and has pronounced mutagenic effect [25].

As an object white laboratory mice of BALB/c line (*Mus Musculus* Linn.) were used. Laboratory mice are widely used to evaluate the efficacy and toxicity of various xenobiotics and drugs [22].

In total, 30 laboratory mice at age of 2-3 months were used in the experiment. The animals were subjected to acute separate and combined exposure to asymmetric dimethylhydrazine at a dose of 6.6 mg / kg and to extracts of biologically active substances from the underground part of *I. britannica* at doses of 100 and 150 mg / kg. Extracts of *I. britannica* were administered orally, and UDMH was administered intraperitoneally. 24 hours after the administration of the substances, the animals were killed. All animals were divided into 6 groups of 5 mice each: I – intact animals; II - animals treated with UDMH at a dose of 6.6 mg / kg once; III, IV – animals that received the extract of BAS *I. britannica* in doses of 100 and 150 mg / kg, respectively; V, VI – animals that received join UDMG at a dose of 6.6 mg / kg and extracts of BAS *I. britannica* at doses of 100 and 150 mg / kg, respectively. The dose of UDMH was chosen based on the available information about LD50 for mice –

132.0 mg / kg for intraperitoneal administration. The animals were carried out according to international standards [27].

To determine the genotoxic/antigenotoxic effect of the compounds the DNA comet assay (alkaline variation) was used. 8 organs of mice were examined – bone and brain, stomach, kidneys, liver, spleen, lungs and heart [28]. At least 100 photos of DNA comets were taken from each preparation. At each point of the experiment were analyzed at least 500 “DNA comets”.

The following parameters were calculated: “the percentage of DNA in the tail” (%DNA in tail) and the “Olive tail moment” (OTM). The Casp 1.2.2 software (CASPlab, Wroclaw, Poland) was used. The parameter “percentage of DNA in the tail of a comet” is the number of single-stranded fragments that were formed as a result of breaks and the realization of alkaline-DNA segments and migrated towards the anode during electrophoresis. “Olive tail moment” is the distance from the center of the nucleus to the center of the comet’s tail density multiplied by “% DNA in the comet’s tail”. The DNA damage index (DI) determines the degree of genotoxic effect of any factor and is calculated by dividing “%DNA in tail” (or “Olive tail moment”) in the experimental group on “%DNA in tail” (or “Olive tail moment”) in the control group. The factor has a pronounced genotoxic property when the damage index exceeds 2.0 [28].

Statistical processing of the results was performed in the Data Analysis add-in Microsoft Excel and StatPlus5Pro version 6 (Analyst Soft Inc., USA). In all cases, mean values and mean errors were determined. The significance of differences between averages was evaluated by Student’s t test, the differences were considered reliable at a confidence level of 0.95 ($p < 0.05$).

Results and discussion

Alkaline variation of DNA comets allows to register single-strand breaks in DNA. In this study, DNA breaks in the cells of 8 organs of mice — the bone marrow, brain, stomach, kidneys, liver, spleen, lungs, and heart — were analyzed (Table 1, 2).

BAS from the underground part of *I. britannica* in doses of 100.0 and 150.0 mg/l induced in the brain cells of mice DNA breaks at the level of control according to the parameters “% DNA in tail” (%DNA) and “Olive tail moment” (OTM). UDMH, which has mutagenic activity, induced in the brain cells the number of DNA breaks with a frequency exceeding the control level. In the group

with combined effects of BAS and UDMH in doses of 100.0 and 150.0 mg / l, the frequency of single-stranded DNA breaks in the brain cells of mice in %DNA decreased 1.89 ($p < 0.05$) times and 1.95 ($p < 0.05$) times according to %DNA, and according to the OTM – 2.51 ($p < 0.05$) and 2.91 times ($p < 0.05$) in comparison with the positive control, respectively. The damage index (DI) when exposed to BAS in doses of 100.0 and 150.0 mg/l was 1.37 and 1.45 by parameter %DNA, and according to the OTM – 1.06 and 1.17, respectively. DI in the brain cells of mice when exposed to UDMH was 3.33 and 3.70, for the parameters % DNA and OTM, respectively. With the combined effect of BAS and UDMH, DI amounted to 1.76 and 1.71 by parameter %DNA, and 1.48 and 1.27 by OTM, respectively.

In the cells of the heart, the number of DNA breaks with the intoxication of biologically active substances in both doses was at the level of control by parameters %DNA and OTM.

As a result of the intoxication mice by UDMH, the number of single-stranded DNA breaks in the heart cells was statistically significantly increased, according to %DNA 5.93 ± 0.45 , and according to OTM – 1.63 ± 0.14 . With the joint action of BAS and UDMH, a decrease in the values of the studied parameters was observed. So, the BAS in the dose of 100.0 mg/l reduced the DNA breaks induced by UDMH by 1.52 times ($p < 0.05$) according to %DNA and by 1.35 times ($p < 0.05$) to OTM, and the BAS in the dose of 150 mg/l – 1.74 times ($p < 0.05$) by %DNA and 1.55 times by OTM. DI when exposed to *I.britannica* in doses of 100.0 and 150.0 mg/l amounted to 1.12 and 1.19 by %DNA, and according to OTM by 1.08 and 1.21 times. When exposed to UDMH, DI was 2.20 by %DNA and 2.04 in terms of the OTM, respectively. With the combined effect of biologically active substances at doses of 100.0 and 150.0 mg/l and UDMH DI was, respectively, 1.45 and 1.27 according to %DNA, and to OTM – 1.51 and 1.31.

A similar pattern was observed for the liver cells of mice that took the BAS and UDMH separately and together. The frequency of breaks in groups III and IV was at the control level. UDMH induced in the liver cells of mice (group II) DNA breaks with a frequency significantly higher than the control level. With the combined effect of BAS and UDMH, BAS significant decreased the genotoxic effect of xenobiotics. Thus, in the liver cells of animals of V and V groups, the frequency of single-stranded DNA breaks significantly decreased as compared with mice intoxicated with UDMH by 1.68 ($p < 0.05$) and 1.82 ($p < 0.05$) times for the parameter

% DNA, and 1.84 ($p < 0.05$) and 1.57 times for the parameter OTM – ($p < 0.05$), respectively. DI in the liver cells of mice of groups III and IV, according to %DNA, was 1.17 and 1.25, and according to OTM, it was 1.07 and 1.26. When exposed to UDMH, DI in animals of group II was 2.55% by % DNA, and 2.1% by OTM. With the combined effect of a BAS with UDMH (Group III and IV), the DI by %DNA was 1.49 and 1.37, and in the OTM, it was 1.16 and 1.36, respectively.

In the kidney cells of mice of III and IV, groups the number of DNA breaks was at the level of control in both studied parameters. UDMH induced single-strand DNA breaks in the kidney cells of mice (group II) with a frequency significantly higher than the spontaneous level. In III and IV groups, the joint effect of BAS and UDMH reduced the frequency of single-stranded DNA breaks as compared with group II animals intoxicated with UDMH. So, with a dose of 100 mg/l BAS, the reduction amounted 2.12 ($p < 0.05$) and 2.38 ($p < 0.05$) times according to %DNA and OTM, respectively, and at 150.0 mg/l – 2.07 ($p < 0.05$) and 2.34 ($p < 0.05$) times, respectively. DI in the kidney cells when exposed to *I.britannica* in doses of 100.0 and 150.0 mg/l according to OTM was 1.07 and 1.14, and to %DNA – 1.04 and 1.15. DI when exposed to UDMH by parameters %DNA and OTM was 3.29 and 4.19, respectively. With the combined effect of biologically active substances in doses of 100.0 and 150.0 mg/l with UDMH, the damage index by parameter %DNA was 1.55 and 1.59, by parameter OTM – 1.76 and 1.79, respectively.

The same picture was shown for the lung cells. In the experiment with the introduction of biologically active substances, the number of DNA breaks was at the level of control by parameters % of DNA in tail and Olive tail moment. With the introduction of UDMH, the number of DNA breaks has statistically significantly increased as compared with the control and with groups of animals that took BAS.

When BAS combined with UDMH, the frequency of single-stranded DNA breaks in lung cells was statistically significantly reduced in contrast with mice intoxicated with UDMH. So, at a dose of 100.0 mg / l, this decrease amounted 1.87 ($p < 0.05$) times by parameter % of DNA in tail and 1.65 ($p < 0.05$) times by Olive tail moment. At a dose of 150.0 mg/l, the decrease amounted by 1.89 ($p < 0.05$) times according to %DNA and 1.93 times ($p < 0.05$) according to the OTM. DI in the lungs cells of mice when exposed to UDMH was 2.80 and 2.74, by parameters %DNA and OTM, respectively. The DI in lung cells when taken in

mice with BAS at doses of 100.0 and 150.0 mg/l was 1.17 and 1.30 for % DNA, and 1.06 and 1.33 for OTM, respectively. DI with the combined effect

of BAS and UDMH was 1.50 and 1.48 according to %DNA, and in the case of OTM – 1.67 and 1.42 times, respectively.

Table 1 – The frequency of DNA breaks in the cells of organs of mice with separate and joint effects of UDMH and the complex of biologically active substances from *Inula britannica* by parameter “% DNA in the comet’s tail”

Variant	The frequency of DNA breaks in the cells of various organs by parameter «%DNA in tail» (%DNA)							
	brain	heart	liver	kidneys	lungs	bone marrow	stomach	spleen
I – control	2,30 ± 0,35	2,69 ± 0,20	2,83 ± 0,37	2,49 ± 0,19	2,09 ± 0,38	2,20 ± 0,32	1,97 ± 0,31	2,65 ± 0,37
II – UDMH 6,6 mg/kg	7,67 ± 0,58*	5,93 ± 0,45*	7,08 ± 0,42*	8,19 ± 0,51*	5,86 ± 0,32*	5,98 ± 0,44*	4,12 ± 0,17*	5,75 ± 0,16*
III – BAS 100 mg/kg	3,16 ± 0,33	3,02 ± 0,24	3,31 ± 0,29	2,58 ± 0,19	2,44 ± 0,19	2,60 ± 0,28	2,39 ± 0,14	3,14 ± 0,25
IV – BAS 150 mg/kg	3,34 ± 0,42	3,20 ± 0,37	3,53 ± 0,19	2,86 ± 0,25	2,72 ± 0,24	2,84 ± 0,26	2,53 ± 0,25	3,23 ± 0,20
V – UDMH + BAS, 100 mg/kg	4,05 ± 0,21•	3,89 ± 0,29•	4,22 ± 0,22•	3,86 ± 0,28•	3,14 ± 0,33•	3,87 ± 0,31•	3,05 ± 0,15•	3,65 ± 0,20•
VI – UDMH + BAS, 150 mg/kg	3,94 ± 0,23•	3,41 ± 0,25•	3,89 ± 0,24•	3,95 ± 0,20•	3,10 ± 0,40•	3,33 ± 0,42•	2,87 ± 0,14•	3,53 ± 0,21•
Note – * – p<0,05 in comparison with control values; • – p<0,05 in comparison with UDMH								

In bone marrow cells under the influence of biologically active substances, the frequency of DNA breaks by the parameters %DNA and OTM was at the control level. The number of single-stranded DNA breaks was statistically significantly higher compared to the control when UDMH was administered. The combined effect of BAS with UDMH reduced the frequency of DNA breaks induced by UDMH. Thus, a BAS at a dose of 100.0 mg / l reduced the number of single-strand breaks by 1.55 times (p <0.05) and 1.42 times (p <0.05) for parameters % DNA and OTM, respectively. BAS at a dose of 150.0 mg/l reduced the frequency of DNA breaks in comparison with the positive control of 2.07 (p <0.05) and 2.15 (p <0.05) times for the parameters %DNA and OTM, respectively. Damage index in bone marrow cells when exposed to biologically active substances in doses of 100.0 and 150.0 mg/l, according to % of DNA in tail of comet was 1.18 and 1.29; according to the Olive tail moment – 1.21 and 1.49. When exposed to UDMH, DI was 2.72 and 3.84, respectively, according to % of DNA and OTM. With the combined effect of BAS and UDMH, DI was 1.76 for the dose of 100 mg / l and 1.51 for the dose of 150 mg/l by parameter %DNA, and 1.86 and 1.78 for the parameter OTM, respectively.

The exposition the extract of *Inula britannica* show the same pattern in the stomach cells: the

frequency of DNA breaks was at the level of control in both studied parameters. When exposed to UDMH, the number of DNA breaks increased as compared with the control and the amount of %DNA and OTM was 4.12 ± 0.17 and 1.52 ± 0.03, respectively. The combined effect of biologically active substances in doses of 100.0 and 150.0 mg/l with UDMH reduced the frequency of single-strand breaks in the both parameters and amounted to 3.05 ± 0.15 and 2.87 ± 0.14% according to %DNA, and according to OTM – 0.88 ± 0.05 and 0.83 ± 0.05, respectively. The DI in the stomach cells of mice, when exposed to the extract of biologically active substances in doses of 100.0 and 150.0 mg/l, was 1.21 and 1.28 by %DNA and by OTM – 1.23 and 1.28. DI with the introduction of UDMH was 2.09 by %DNA and by OTM – 2.49. DI with the combined effect of BAS with UDMH was 1.55 and 1.46 by %DNA, according to OTM – 1.44 and 1.36, respectively.

BAS in both studied doses caused the frequency of DNA breaks at the control level in the spleen cells. With the introduction of UDMH, the number of single-strand DNA breaks increased and amount to 5.75 ± 0.16 by % DNA, and 1.86 ± 0.07 by OTM. The combined effect of BAS at a dose of 100.0 mg/l with UDMH reduced the frequency of single-strand breaks by 1.57 times (p <0.05) and 1.84 times (p <0.05), respectively, according to the parameters %

DNA and OTM compared with positive control. The joint action of biologically active substances in a dose of 150.0 mg/l with UDMH reduced the frequency of DNA breaks by 1.63 times ($p < 0.05$) and 1.86 times ($p < 0.05$), respectively, according to % DNA and OTM. DI in the spleen cells of mice exposed to BAS

in doses of 100.0 and 150.0 mg/l was 1.18 and 1.22 by % DNA; according to OTM – 1.04 and 1.07. DI when exposed to UDMH was 2.17 by % DNA, and 2.07 by OTM. With the combined effect of BAS with UDMH, DI was 1.38 and 1.33 by % DNA, according to OTM – 1.12 and 1.11, respectively.

Table 2 – The frequency of DNA breaks in the cells of organs of mice with separate and joint effects of UDMH and the complex of biologically active substances from *Inula britannica* by parameter “Olive tail moment”

Variant	The frequency of DNA breaks in the cells of various organs by parameter «Olive tail moment» (OTM)							
	brain	heart	liver	kidneys	lungs	bone marrow	stomach	spleen
I – control	0,88 ± 0,05	0,80 ± 0,07	0,89 ± 0,07	0,72 ± 0,07	0,66 ± 0,11	0,70 ± 0,07	0,61 ± 0,04	0,90 ± 0,07
II – UDMH 6,6 mg/kg	3,26 ± 0,27*	1,63 ± 0,14*	1,90 ± 0,12*	3,02 ± 0,35*	1,81 ± 0,11*	2,69 ± 0,21*	1,52 ± 0,03*	1,86 ± 0,07*
III – BAS 100 mg/kg	0,93 ± 0,05	0,86 ± 0,08	0,95 ± 0,06	0,77 ± 0,07	0,70 ± 0,05	0,85 ± 0,10	0,75 ± 0,09	0,94 ± 0,07
IV – BAS 150 mg/kg	1,03 ± 0,06	0,97 ± 0,09	1,12 ± 0,05	0,82 ± 0,08	0,88 ± 0,14	1,04 ± 0,09	0,78 ± 0,11	0,96 ± 0,07
V – UDMH + BAS, 100 mg/kg	1,30 ± 0,11•	1,21 ± 0,11•	1,03 ± 0,06•	1,27 ± 0,07•	1,10 ± 0,19•	1,30 ± 0,19•	0,88 ± 0,05•	1,01 ± 0,07•
VI – UDMH + BAS, 150 mg/kg	1,12 ± 0,07•	1,05 ± 0,09•	1,21 ± 0,06•	1,29 ± 0,05•	0,94 ± 0,15•	1,25 ± 0,18•	0,83 ± 0,05•	1,00 ± 0,07•

Note – * – $p < 0,05$ in comparison with control values;
• – $p < 0,05$ in comparison with UDMH

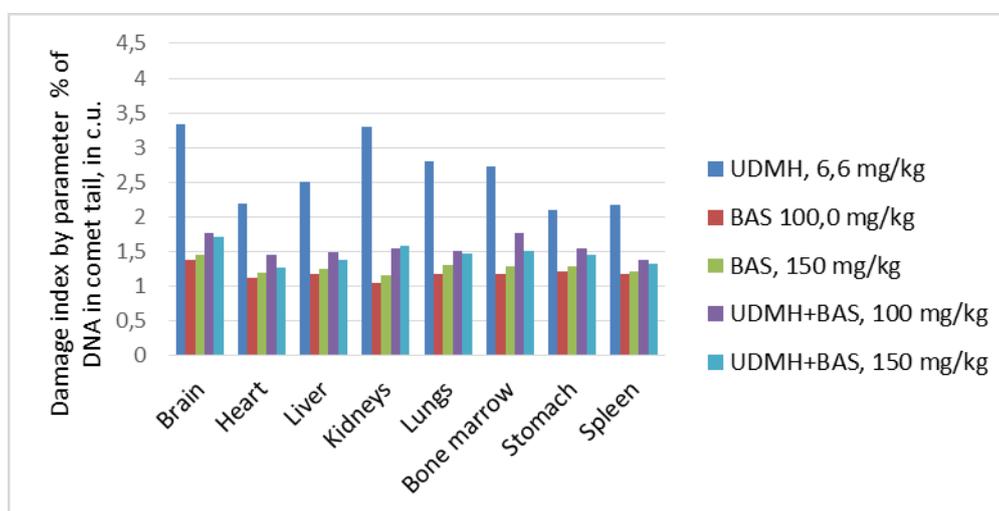


Figure 1 – The index of damage to the genotoxic effect on the cells of the organs of mice with separate and combined effects of *I. britannica* and UDMH (by parameter “% DNA in tail”)

DNA comet assay method did not reveal the genotoxic activity of extracts from the underground part of *Inula britannica* in the body of laboratory mice. The frequency of single-strand breaks in the cells of the visceral organs of mice treated with

aqueous solutions of extracts at concentrations of 100 mg / l, 150 mg / l was at the control level.

Using the comet assay, a pronounced genotoxic effect of asymmetric dimethylhydrazine has been established. When exposed to UDMH, there was

shown a statistically significant increase in single-strand DNA breaks in the cells of the organs studied compared with intact animals. According to the DNA-damaging effect of UDMH, the studied organs can be arranged in the following order: kidneys <brain <bone marrow <lungs <liver <stomach <heart <spleen (Figure 1, 2).

The frequency of single-stranded DNA breaks in the cells of various organs in mice susceptible to the co-effect of the biologically active substances from *I.britannica* and UDMH was statistically signifi-

cantly lower compared with mice that were intoxicated with only UDMH. The organs studied are sensitive to the DNA-damaging effects of the combined effect of *I.britannica* in the used doses and UDMH can be arranged in the following order: bone marrow <kidney <brain <lungs <stomach <heart <liver <spleen (Figure 1, 2).

Thus, as a result of the conducted research, the antigenotoxic effect of extracts of biologically active substances from the underground part of *I. britannica* was established.

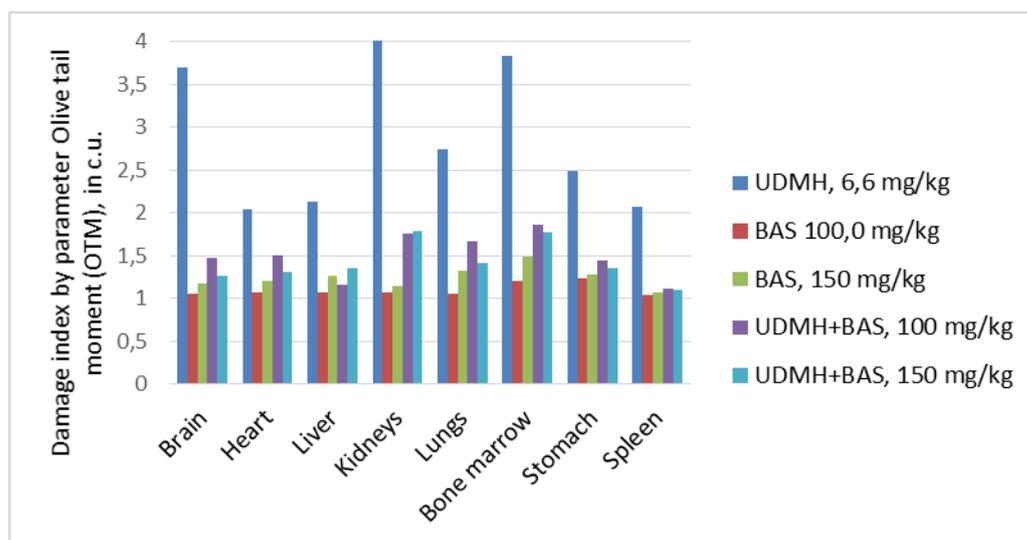


Figure 2 – The index of damage to the genotoxic effect on the cells of the organs of mice with separate and combined effects of *I.britannica* and UDMH (by parameter «Olive tail moment»)

Conclusion

Due to the large-scale environmental pollution of environmentally dangerous factors with toxic, genotoxic and mutagenic activity, it becomes urgent to search for effective protector action. Plants are promising sources of natural compounds with biological activity. They contain biologically active substances such as vitamins, saponins, glycopeptides, amino acids, flavonoids, coumarins, flavones, terpenoids, with pronounced antioxidant properties.

As noted earlier, one of the widely used medicinal plants is elecampane (*Inula britannica* L.). It is widely distributed in Kazakhstan, it grows almost everywhere, with the exception of highlands. *Inula britannica* contains essential oils, sesquiterpenes, alkaloids, tannins, saponins, phenolcarboxylic acids, coumarins, flavonoids, steroids, and other compounds that have high biological activity [17-19].

All the organs of this plant contain alkaloids, carbohydrates and essential oils. Roots and rhizomes contain inulin (30–40%), alkaloids (0.063–0.075%), saponins, sesquiterpenoids, tannins, and essential oils (up to 3%) [17].

A number of vitamins are known to be strong antioxidants and are able to neutralize the superoxide radical to hydrogen peroxide [10, 31]. A number of studies have shown that many vitamins have antimutagenic properties [10, 29, 31]. Thus, vitamins A, C and E reduced the mutagenic effect of methylazoxymethanol in the Ames test [10], β -carotene reduced the clastogenic effect of dioxidine and cyclophosphamide in the body of laboratory mice [29]. Another group of biologically active substances – phenolic compounds also possess antioxidant activity [30]. It was found that such phenolic compounds as epicatechin, (-) – epicaellatallatum, (-) – epigallocatechin, (-) – epigallocatechingallat, are responsible for the antimutagenic activity of green and black tea

in the Ames test. Phenolic compounds present in turmeric and cloves, namely curcumin and eugenol, inhibit the mutagenic effect of N-methyl-N'-nitro-N-nitrosoguanidine in the Ames test using strains *S. typhimurium* TA100 and TA1535 [10]. In addition to a wide range of biological activities, flavanoids also have antimutagenic properties. All flavones and many flavonoids with a phenolic hydroxyl group (leutolin, kaempferol), chalcones and dihydrochlo-rins are powerful antimutagens. Citrus juice flavonoids have anti-carcinogenic and antimutagenic properties. Such flavonoids, such as glaberrin from *Glycyrrhiza glabra*, quercetin, myricetin, kamferol, hesperidin from *Ocimum javonica*, showed antimutagenic activity in the Ames test [10]. The anticarcinogenic and antimutagenic potential of tannins is associated with their antioxidant activity. The antimutagenic effect of tannic acid has been demonstrated in vivo using a micronucleus test. Thus, it was found that the frequency of micronucleus induced by mitomycin C, ethyl nitrosourea and 4-nitroquinolin-1-oxide in mouse bone marrow cells decreased when oral tannin acid was taken 6 hours before mutagen injection. Also, antimutagenic effects have (+) – catechin, ellagic and gallic acids [10]. Saponins have a broad spectrum of pharmacological action. Four saponins from *C. arvensis* and three saponins from *H. helix* showed antimutagenic activity against benzo (a) pyrene in the modified Ames test method [10]. Essential oils can also exhibit antimutagenic, antioxidant activities. For example, the essential oil of rosemary medicinal *Rosmarinus officinalis* has antibacterial, cytostatic, antimutagenic, antioxidant, anti-inflammatory properties [32]. Phytochemicals have an important influence on the metabolism and neutralization of foreign substances, including carcinogens and mutagens. They have the ability to bind free radicals and reactive metabolites of foreign substances, inhibit xenobiotic activating en-

zymes, and activate detoxification enzymes [33]. A comprehensive study of phyto compounds as potential protectors in the toxic, genotoxic and mutagenic effects of various environmental pollutants on the body is necessary.

Based on our results, we can draw the following conclusions:

- the extract from the underground part of the *Inula britannica* did not show genotoxic activity in the organism of laboratory animals. The frequency of single-stranded DNA breaks did not exceed the spontaneous level of breaks in intact animals;

- UDMH causes single-stranded DNA breaks in the cells of various organs of laboratory mice with a frequency that is significantly higher than the spontaneous level. Organ-specificity to its genotoxic effect was revealed, the kidneys were the most sensitive to the DNA-damaging effects of xenobiotics, and the spleen was the least sensitive;

- extract of *I. britannica* when used together with UDMH significantly modified the genotoxic activity of xenobiotic. The frequency of single-strand breaks in animals that simultaneously received UDMH and BAS extract was statistically significantly lower compared with mice that received only UDMH, which indicates the presence of the protective properties of BAS from the underground part of *I. britannica*.

Thus, the gene-protective effect of the studied extract of *Inula britannica* may be due to the antioxidant effect of the biologically active substances contained in the underground part of *I. britannica*, listed above.

This work was carried out as part of the project "Study of the mutagenic, antimutagenic and antioxidant potential of biologically active substances of natural origin" (supervisor – Kolumbaeva S.Zh., GR No. 0115PK00378, 2015-2017).

References

1. Sabirov, Zh.B. "Puti vozniknoveniya strukturnykh mutacij pri himicheskoj prirode mutagenezha." [Pathways of structural mutations in the chemical nature of mutagenesis] *Gigiena truda i medicinskaya ekologiya*, no. 2 (2015): 26-31.
2. Ibragimova, E.E. "Palinomorfologicheskaya i palinotoksicheskaya ocenka aerotekhnogennogo zagryazneniya v urboekosistemah." [Palynomorphological and palynotoxic assessment of aerotechnogenic pollution in urban ecosystems] *SNV*, no. 2 (2015): 83-86.
3. Lazareva, N.V. "Vliyaniye ekologicheskikh avarij i katastrof na zdorov'e naseleniya." [The impact of environmental accidents and disasters on public health] *Regional'noe razvitiye*, no. 4 (2017).
4. Yagi, T. "Genes and Environment: providing open access to environmental mutagenesis and genomics studies for global cooperation" 37, no. 4 (2015). <https://doi.org/10.1186/s41021-015-0007-7>.
5. Kolumbayeva, S. Zh. et al. "Toksicheskaya i mutagennaya aktivnost' biologicheskii aktivnykh veshchestv iz rastenij *Inula britannica* L. semeystva Compositae." [Toxic and mutagenic activity of biologically active substances from *Inula Britannica* L. Compositae fam.] *Experimental Biology*, no. 1 (2018): 86-97.

6. Kanilo, P.M., Solovej, V.V., Kostenko, K.V. "Problemy zagryazneniya atmosfery gorodov kancerogenno-mutagennymi supertoksikantami." [Problems of urban air pollution with carcinogenic mutagenic supertoxicants] Vestnik Har'kovskogo nacional'nogo avtomobil'no-dorozhnogo universiteta, no. 52 (2011): 47-53.
7. Weinberg, J. An NGO Guide to Persistent Organic Pollutants. A framework for action to protect human health and the environment from persistent organic pollutants (POPs), 2008.
8. WHO. 1978. Nitrates, nitrites and N-nitroso compounds. Environmental Health Criteria 5. World Health Organization, 2014.
9. Durnev, A. D., Lapitskaya, S.A. "The genotoxicology of plant compounds." Russian Journal of Genetics: Applied Research 3, no. 5 (2013): 388-398.
10. Bhattacharya, S. "Natural Antimutagens: A Review." Research Journal of Medicinal Plant 5, no. 2 (2011): 116-126.
11. Goryaeva, I. V., Dibirova, M. D., Cibizova, A. A. "Opredelenie biologicheski aktivnykh veshchestv v trave Verbylyuzh'ej kolyuchki (Alhagi pseudalhagi)." [Determination of biologically active substances in the grass of the Camel spine (Alhagi pseudalhagi)] Farmaceuticheskoe obrazovanie, nauka i praktika: gorizonty razvitiya (2016): 458-460.
12. Laksaeva, E.A. "Plody rasteniy roda irgi (Amelanchier medic) kak istochnik biologicheski aktivnykh veshchestv i mineralov." [Fruits of plants of the genus Irgi (Amelanchier Medic) as a source of biologically active substances and minerals] Rossiiskii mediko-biologicheskii vestnik imeni akademika I.P. Pavlova 2, no. 26 (2018): 296-304.
13. Rabotyagov, V. D., Palij, A. E., Fedotova, I. A. "Izuchenie biologicheski aktivnykh veshchestv u lavandina (Lavandula X Intermedia Emeric Ex Loisel)." [The study of biologically active substances in lavender (Lavandula X Intermedia Emeric Ex Loisel)] Byulleten' Gosudarstvennogo Nikitskogo botanicheskogo sada, no. 126 (2018): 55-61.
14. Bubenchikova, V. N., Stepnova, I. V. "Gorlyuha yastrebinokovaya – perspektivnyj istochnik biologicheski aktivnykh veshchestv." [Gorlyuha yastrebinokovaya – a promising source of biologically active substances] Farmaciya i farmakologiya, no. 1 (2018): 33-46.
15. Kostikova, V.A., Banaev, E.V., Kostikov, D.K., Kukushkina, T.A. "Sravnitel'noe izuchenie sodержaniya biologicheski aktivnykh veshchestv v nadzemnykh organakh Atraphaxis frutescens i A. pungens (Polygonaceae), proizrastayushchih v Sibiri." [Sravnitel'noe izuchenie sodержaniya biologicheski aktivnykh veshchestv v nadzemnykh organakh Atraphaxis frutescens i A. pungens (Polygonaceae), proizrastayushchih v Sibiri] Himiya rastitel'nogo syr'ya, no. 2 (2018): 77-87.
16. Grudzinskaya, L.M., Gemedzhieva, N.G., Nelina, N.V., Karzhaubekova, Zh.Zh. Annotirovannyj spisok lekarstvennykh rastenij Kazahstana: Spravochnoe izdanie. [List of medicinal plants in Kazakhstan. Reference publication] Almaty, 2014.
17. Mitrofanova, I.Yu., Yanickaya, A.V. "Kolichestvennoe opredelenie gidroksikorichnykh kislot i dinamika ih nakopleniya v trave devyasila britanskogo." [Quantitative determination of hydroxycinnamic acids and the dynamics of their accumulation in the grass of Elecampane British] Volgogradskij nauchno-medicinskij zhurnal, no. 1 (2013): 24-26.
18. Dusmatova, D.E., Uzbekov, V.V., Muhamathanova, R.F., Beshko, N.Yu., Dzhuraeva, L.T. "Kolichestvennoe opredelenie seskviterpenovykh laktonov britanina i inuchinenolida s v cvetkakh devyasila britanskogo Inula Britannica L. metodom VEZHKh." [Quantitative determination of sesquiterpene lactones of britinin and inocinenolide c in the flowers of elecampane british Inula Britannica L. by HPLC] Universum: himiya i biologiya 7, no. 49 (2018).
19. Todorova, M. et al. "Essential oil composition of Inula britannica L. from Bulgaria." Natural product research 31, no. 14 (2017): 1693-1696.
20. Butko, A. Yu. "Farmakoterapevticheskie aspekty primeneniya rastitel'nogo syr'ya devyasila vysokogo i devyasila britanskogo v oficial'noj i narodnoj medicine." [Pharmacotherapeutic aspects of the use of plant materials of elecampane high and elecampane British in official and traditional medicine] Nauchnye vedomosti BelGU. Seriya: Medicina. Farmaciya 11, no. 154 (2013): 272-277.
21. Mitrofanova, I. Yu., Yanickaya, A. V., Shulenina, Yu. S. "Perspektivy primeneniya inulina v medicinskoj i farmacevticheskoy praktike." [Prospects for the use of inulin in medical and pharmaceutical practice] Vestnik novykh medicinskih tekhnologij 19, no. 2 (2012): 45-46.
22. Karkishchenko, V.N., Shmidt, E.F., Brajceva, E.V. "Issledovateli predpochitayut myshej BALB/c." [Researchers Prefer BALB / c Mice] Biomedicina 1, no. 1 (2007): 57-70.
23. Belov, A.A. "K voprosu o toksichnosti i opasnosti gidrazina i ego proizvodnykh." [To the question of toxicity and danger of hydrazine and its derivatives] Promyshlennaya toksikologiya, no 5 (1999): 3-15.
24. Kolumbayeva, S. Zh. et al. "Mutagennyye efekty nesimmetrichnogo dimetilgidrazina i nitrozodimetilamina v organizme mlekopitayushchih." [Mutagenic effects of asymmetric dimethylhydrazine and nitrosodimethylamine in mammals.] Eurasian Journal of Ecology 2, no. 2 (2016): 197-202.
25. Kolumbaeva, S.Zh., Begimbetova, D.A. Mutagennyye efekty himicheskikh zagryaznitelej okruzhayushchej sredy. [Mutagenic effects of chemical environmental pollutants]. Almaty: Kazakh University, 2013.
26. Brit'ko, V. V., Kislickaya, V. N., Esil'baeva, B. T., Tatina, E. S., Kinayatov, M. A. "Morfofiziologicheskie pokazateli spermatogeneza krysov pri vozdejstvii nesimmetrichnogo dimetilgidrazina." [Morphophysiological indicators of spermatogenesis of weaned rats when exposed to asymmetric dimethylhydrazine] Medicina i ekologiya 3, no. 64 (2012): 99-102.
27. National Research Council. Guide for the care and use of laboratory animals. The National Academies Press, 2011.
28. Durnev, A.D., Zhanataev, A.K., Anisina, E.A. Primenenie metoda shchelochnogo gel'-elektroforeza izolirovannykh kletok dlya ocenki genotoksicheskikh svoystv prirodnykh i sinteticheskikh soedinenij. [The use of the method of alkaline gel electrophoresis of isolated cells to assess the genotoxic properties of natural and synthetic compounds]. The Russian Academy of Medical Sciences and the Russian Academy of Agricultural Sciences. Method. Recommendations M., 2006.

29. Efimov, S.N., Dmitruk, S.E., Il'inskih, N.N. "Ekologicheskaya situaciya Tomskoj oblasti i poisk prirodnyh biologicheski aktivnyh veshchestv s antimutagennym dejstviem." [The ecological situation of the Tomsk region and the search for natural biologically active substances with antimutagenic effect] *Doklady Tomskogo gosudarstvennogo universiteta sistem upravleniya i radioelektroniki* 1, no. 8 (2003): 36-43.

30. Sycheva, L.P., Zhurkov, V.S., Rahmanin, Yu.A. "Novyj podhod k diagnostike mutagennyh i kancerogennyh svoystv faktorov okruzhayushchej sredy." [A new approach to the diagnosis of mutagenic and carcinogenic properties of environmental factors] *Gigiena i sanitariya*, no. 6 (2003): 87-91.

31. Konopleva, M.M. *Farmakognoziya: prirodnye biologicheski aktivnye veshchestva*. [Pharmacognosy: natural biologically active substances] Vitebsk: VGMU, 2002.

32. Tohsyrova, Z.M., Popova, O.I., Nikitina, A.S. "Izuchenie antimikrobnogo dejstviya efirnogo masla iz pobegov rozmarina lekarstvennogo (*Rosmarinus officinalis* L., Lamiaceae)" [The study of the antimicrobial action of essential oil from the shoots of rosemary officinalis (*Rosmarinus officinalis* L., Lamiaceae)] *Farmaciya i farmakologiya* 1, no. 14 (2016): 66-71.

33. Les, F., Venditti, A., Cásedas, G., Frezza, C., Guiso, M., Sciubba, F., Serafini, M., Bianco, A., Valero, M.S., López, V. "Everlasting flower (*Helichrysum stoechas* Moench) as a potential source of bioactive molecules with antiproliferative, antioxidant, antidiabetic and neuroprotective properties." *Industrial Crops and Products*, no. 108 (2017): 295–302.

ГДЕ ОРИГИНАЛ ЛИТЕРАТУРЫ???????????????

Н.В. Терлецкая¹ , **Н.А. Алтаева²**, **У. Ережетова¹** , **А.Н. Зорбекова¹** 

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

²Институт биологии и биотехнологии растений, Казахстан, г. Алматы

e-mail: daizy-c@mail.ru

МОРФОФИЗИОЛОГИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ИЗУЧЕНИЯ ЗАСУХОУСТОЙЧИВОСТИ МЕЖВИДОВЫХ ГИБРИДОВ ПШЕНИЦЫ

В статье приведены результаты изучения засухоустойчивости двух видов и двух межвидовых гибридов (аллоплазматических линий) пшеницы по показателям анатомии и фотосинтетической активности листовых пластинок в условиях индуцированного осмотического стресса. Показано негативное воздействие засухи на анатомическую структуру листа и на такие фотосинтетические параметры, как максимальный квантовый выход фотосинтеза фотосистемы II (Fv/Fm), изменение скорости транспорта электронов через фотосистему II (ETR). Экспериментально определен квантовый выход регулируемого рассеяния энергии (Y(NPQ)) и квантовый выход нерегулируемого рассеяния энергии ФСII (Y(NO)). Показано, что увеличение или сохранение неизменными при стрессе размеров защитных и механических тканей листа могут служить критериями отбора засухоустойчивых форм пшеницы на ранних этапах онтогенеза. Наглядно отражено, что понижение уровня ETR при стрессе может быть связано с активацией механизмов нефотохимического тушения, а их совокупность характеризует низкую устойчивость изучаемой формы к засухе. На высокий уровень устойчивости к засухе указывает минимальное снижение значений параметра Y(NPQ) при стрессе. В результате исследования отмечено, что линию D-d-05b можно считать более устойчивой, а линию D-42-05 – менее устойчивой к засухе. Различная степень засухоустойчивости изучаемых линий позволяет высказать предположение о том, что полученное от межвидовых скрещиваний сочетание ядра и цитоплазмы может способствовать как повышению, так и понижению значений важных физиологических параметров засухоустойчивости и фотосинтетической активности, что говорит о необходимости продолжения исследований с привлечением молекулярно-генетического анализа.

Ключевые слова: засухоустойчивость, лист, проростки, пшеница, фотосинтез

N.V. Terletskaia¹, N.A. Altayeva², U. Erezhetova¹, A.N. Zorbekova¹

¹Al-Farabi Kazakh National University, Kazakhstan, Almaty

²Institute of Plant Biology and Biotechnology, Kazakhstan, Almaty

e-mail: daizy-c@mail.ru

Morphophysiological aspects of studying the dry resistance of wheat inter-species hybrids

The article presents the results of a study of drought tolerance of two species and two interspecific hybrids (alloplasmic lines) of wheat according to the anatomy and photosynthetic activity of leaf blades under conditions of induced osmotic stress. The negative effect of drought on the leaf anatomical structure and on such photosynthetic parameters as the maximum quantum yield of photosynthesis of photosystem II (Fv/Fm) and a change in the electron transport through photosystem II (ETR) was shown. The quantum yield of controlled energy dissipation (Y (NPQ)) and the quantum efficiency of unregulated energy dissipation of PSII (Y (NO)) were experimentally determined. It was shown that the increase or preservation of the size of the protective and mechanical tissues of the leaf unchanged under stress can serve as criteria for the selection of drought-resistant forms of wheat in the early stages of ontogenesis. It was clearly reflected that a decrease in the ETR level during stress can be associated with activation of non-photochemical quenching mechanisms, and their combination were characterizing the low resistance of the studied form to drought. A high level of resistance to drought was indicated by a minimal decrease in the parameter Y (NPQ) under stress. As a result of the study, it was noted that the D-d-05b line can be considered more stable, and the D-42-05 line – less resistant to drought. A different degree of drought tolerance of the studied lines allowed us to suggest that the combination of nucleus and cytoplasm obtained from interspecific crosses can contribute to both increasing and lowering the important

physiological parameters of drought tolerance and photosynthetic activity. This implies the need to continue research involving molecular genetic analysis.

Key words: drought tolerance, leaf, seedlings, wheat, photosynthesis

Н.В. Терлецкая¹, Н.А. Алтаева², У. Ережетова¹, А.Н. Зорбекова¹

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

²Өсімдіктер биологиясы және биотехнологиясы институты, Қазақстан, Алматы қ.

e-mail: daizy-c@mail.ru

Бидайдың тұраралық гибридтерінің құрғақшылыққа төзімділігін зерттеудің морфофизиологиялық аспектілері

Мақалада құрғақшылыққа төзімді екі бидай түрі мен тұраралық гибридтерінің (аллоплазмалық тізбектер) индукцияланған осмотикалық стресс жағдайында жапырақтардағы фотосинтетикалық белсенділігі мен анатомиялық көрсеткіштерінің зерттеу нәтижелері келтірілген. II (ETR) фотосистемасы арқылы электронды тасымалдың өзгеруі, (Fv / Fm) II фотосинтездің максималды кванттық шығымы сияқты фотосинтетикалық параметрлерге және жапырақтың анатомиялық құрылымына құрғақшылықтың кері әсері көрсетілген. Бақыланатын энергияның таралуының кванттық шығымы (Y (NPQ)) және ФСII (Y (NO)) бақыланбайтын энергия таралуының кванттық шығымы эксперименталды түрде анықталды. Стресс жағдайында өзгермеген жапырақтың қорғаныш және механикалық ұлпаларының мөлшерін ұлғайту немесе сақтау онтогенездің алғашқы кезеңдерінде бидайдың құрғақшылыққа төзімді түрлерін іріктеудің өлшемі бола алатындығы көрсетілген. Стресс кезінде ETR деңгейінің төмендеуі фотохимиялық емес сөндіргіш механизмдердің активациясымен байланысты болуы мүмкін және олардың комбинациясы зерттелген форманың құрғақшылыққа төмен қарсылығын сипаттайды. Құрғақшылыққа төзімділіктің жоғары деңгейі стресс кезінде Y (NPQ) параметрінің минималды төмендеуімен сипатталады. Зерттеу нәтижесінде D-d-05b тізбегін құрғақшылыққа неғұрлым тұрақты деп санауға болады, ал D-42-05 тізбегі – құрғақшылыққа төзімсіздеу. Зерттелетін тізбектердің құрғақшылыққа төзімділігінің әртүрлі дәрежесі бізге әр түрлі кресттерден алынған ядро мен цитоплазманың үйлесуі құрғақшылыққа төзімділік пен фотосинтетикалық белсенділіктің маңызды физиологиялық параметрлерін жоғарылатуға және төмендетуге ықпал етуі мүмкін, бұл молекулалық-генетикалық талдауды қолдана отырып зерттеуді жалғастырудың қажеттілігін көрсетеді.

Түйін сөздер: құрғақшылыққа төзімділік, жапырақ, көшеттер, бидай, фотосинтез.

Введение

За последние 20 лет средняя температура Земли повысилась, а это повлекло за собой необратимые явления, существенно отразившиеся на сельском хозяйстве почти всех регионов планеты. В результате глобального изменения климата и нарастающего процесса опустынивания земель во всем мире увеличивается частота и интенсивность засух [1]. Для основных зерносеющих регионов Казахстана характерны как почвенные, так и атмосферные засухи. Почвенная засуха развивается при снижении запасов влаги в почве до влажности постоянного завядания. Во время атмосферной засухи запасы воды в почве могут не достигать критического уровня, но при этом относительная влажность воздуха снижается до 30 % и ниже, что вызывает интенсивную эвакотранспирацию [2]. Сочетание почвенной и атмосферной засух является особенно губительным для растений. Зачастую действие засухи усугубляется действием высоких температур.

Понимание важнейших механизмов реагирования растений на недостаток влаги имеет ре-

шающее значение для прогнозирования последствий изменения климата на продуктивность сельскохозяйственных культур. Кратковременные, жесткие, типа «ударов», воздействия затрагивают прежде всего структурную организацию растения. Медленно нарастающие, длительные и перемежающиеся воздействия неблагоприятного фактора – функциональную организацию растения, сферу основного обмена [3]. Сильнее всего засуха повреждает те вегетативные и генеративные органы, которые подпадают под ее действие с самого начала их роста и формирования. Основное действие абиотических стрессоров на растения можно обобщить как нарушение водного метаболизма и ингибирование роста путем растяжения делящихся клеток [4]. Снижение содержания воды в листьях и прекращение роста в поле является важным показателем засухоустойчивости [5]. Снижение оводненности растительных тканей под действием засухи может зависеть от снижения энергии и наблюдалось на многих растениях [6, 7]. В зерновых культурах продуктивность определяется в первую очередь работой корня, поглощающие и метаболические

функции которого несут информацию, прежде всего о его реакции на стресс [8]. Основная стратегия адаптации растений к засухе реализуется с помощью ряда физиологических и молекулярных механизмов, которые позволяют корню продолжать поглощать почвенные воды в условиях засухи [9].

Но засуха является важным фактором, ответственным не только за ингибированный рост растений и снижение их оводненности, но и за снижение фотосинтеза [10]. Только имея достаточные запасы свободной энергии, аккумулированной в процессе фотосинтеза, как отдельные растения, так и биоценозы, в том числе, агроценозы, могут обеспечить высокую потенциальную продуктивность и экологическую устойчивость в варьирующих условиях внешней среды [11].

Изучение процессов фотосинтеза невозможно без внимания к работе листового аппарата. И адаптивная устойчивость клеток и тканей листа в ряде случаев может служить характеристикой стрессоустойчивости вида, сорта, линии.

Засуха, как правило, ограничивает деление и расширение клеток листьев, что приводит к уменьшению площади листьев, но также вызывает развитие новых листьев после снятия стресса [12]. Стресс может сопровождаться снижением эффективности светопоглощающей функции листьев, определяемой параметром F_v/F_m . В целом, чем выше стрессовое напряжение в растении, тем меньше доступных открытых работоспособных реакционных центров [13]. Скорость переноса электронов (ETR) также является параметром, непосредственно связанным с энергетическим балансом фотосистемы II. Относительные значения ETR важны для измерений стрессового воздействия при сравнении одного растения с другим, если сопоставляемые растения имеют аналогичные характеристики поглощения света [14]. Характеристики светопоглощения листьев могут варьировать в зависимости от содержания воды, возраста и других факторов. Помимо этого, наглядными параметрами изменения фотосинтетической активности листьев при стрессе признаны показатели $Y(NO)$ и $Y(NPQ)$, определяющие изменение квантового выхода нерегулируемого и регулируемого рассеяния энергии соответственно [15].

Потери зерновой продуктивности важных сельскохозяйственных культур могут значительно возрасти, если они подвергаются стрессу на ювенильной стадии [13]. Отсутствие осадков и быстрое иссушение почвы могут вызвать быструю гибель молодого растения. Поэтому роль

морфологии и анатомии листового аппарата проростков пшеницы в стрессовых условиях не может быть недооценена. Чрезвычайно важно также проведение исследований устойчивости фотосинтетического аппарата различных видов пшеницы к осмотическому стрессу на ранних этапах развития.

Необходимость увеличения производства сельскохозяйственных культур в аридных регионах непосредственно связана с необходимостью активизации исследований в области улучшения генетического потенциала с привлечением в исследования генетического материала ее диких сороричей, как правило, отличающихся большей устойчивостью к абиотическим стрессовым факторам среды.

Поэтому целью данной работы было изучение важнейших анатомических и фотосинтетических параметров листовых пластинок проростков видов и межвидовых гибридов (аллоплазматических линий) пшеницы в моделируемых условиях индуцированной засухи.

Материалы и методы исследования

В качестве материала для исследований взяты виды *T. aestivum* (сорт Мироновская-808) и *T. dicocum*, изученный нами ранее и показавший высокую устойчивость к осмотическому и солевому стрессам [16], а также два межвидовых гибрида (аллоплазматические линии), полученных от скрещиваний этих видов с последующим беккроссированием (до 5 лет) и многолетним отбором (F_{11}). Аллолинии были получены ранее профессором Н.А. Хайленко [17].

Консервацию растительного материала для анатомических исследований проводили по методике Strasburger-Flemming [18]. Фиксацию осуществляли в 70% этаноле. Сохранение фиксированного материала проводили в смеси этанол: глицерин: вода в соотношении 1:1:1. Анатомические препараты готовили с помощью микротомы, имеющего блок замораживания ТОС-2. Срезы были помещены в глицерин и бальзам в соответствии с традиционными методиками Прозиной [18], Пермяковой [19] и Барыкиной [20]. Микрофотографирование анатомических срезов проводили с помощью микроскопа с камерой MC 300 CAMV400/1.3M (Австрия).

Определение квантового выхода флуоресценции фотосистемы II (ФСII) и фиксацию скорости транспорта электронов через фотосистему II (ETR) проводили в режиме записи световой кривой на флуориметре Junior-PAM (Chlorophyll Fluorometer, "Heinz Walz GmbH", Германия) при

длине волны 450 нм. Для оценки фотосинтетической активности (ФА) листа учитывали область средней трети листа, как наиболее гомогенную по интенсивности ФА. Полученные данные сохраняли в формате электронной таблицы. Из данных исключали нетипичные значения на основе Т-критерия, рассчитывали стандартную ошибку средней по выборке. Состояние фотосинтетического аппарата определяли на основе нескольких параметров, по Baker [14].

Все параметры рассчитывались с использованием программного обеспечения ImagingWinv2.41a (Walz). На основании полученных результатов строили графики. Обработка данных, полученных на флуориметре, и построение графиков осуществлялись с использованием возможностей MS Excel.

Все эксперименты проводились не менее, чем в трех повторностях. Статистическую обработку данных проводили по методу Удольской [21].

Результаты исследования

Эффект индуцированной засухи на рост первого листа проростков видов и аллоплазма-

тических линий пшеницы в нашем эксперименте представлен в таблице 1. Полученные результаты показывают, что засухоустойчивая родительская форма *T. dicoccum* продемонстрировала значимое увеличение толщины мезофилла и диаметра центрального проводящего пучка. У вида *T. aestivum* наблюдали увеличение толщины абаксиального эпидермиса. У линии D-b-05 при засухе отмечено значимое увеличение толщины мезофилла то время, как у линии D-40-05 – значимые снижения толщины адаксиального, абаксиального эпидермиса и центральной жилки по отношению к контрольным значениям. Что касается непосредственно фотосинтетических параметров, то по показателю максимальной потенциальной квантовой эффективности ФСЦ, определяемому соотношением Fv/Fm контрольных и стрессированных групп аллолиний и эуплазматических родительских форм, не отмечено достоверных различий (таблица 2). При этом обе аллолинии в относительных значениях стресс/контроль по показателю Fv/Fm достоверно превышали родительскую форму *T. aestivum*, а в процентном отношении к контролю линия D-b-05 несколько превышала и родительскую форму *T. dicoccum*.

Таблица 1 – Морфометрические параметры первого листа проростков видов и аллоплазматических линий пшеницы в контрольных и стрессовых условиях, мкм

Вид, линия	Толщина адаксиального эпидермиса	Толщина абаксиального эпидермиса	Толщина мезофилла	Толщина центральной жилки	Диаметр центрального проводящего пучка
контроль					
<i>T. aestivum</i>	34.9 ± 2.2	30.4 ± 0.9	142.2 ± 3.5	434.8 ± 3.7	44092.1
<i>T. dicoccum</i>	37.2 ± 1.5	36.7 ± 2.6	164.4 ± 6.4	476.4 ± 5.8	31949.5
D-b-05	37.9 ± 0.8	37.0 ± 0.8	123.1 ± 4.8	480.6 ± 6.8	42661.8
D-40-05	37.5 ± 0.8	36.8 ± 1.3	99.7 ± 3.5	473.4 ± 2.0	43759.2
индуцированная засуха (сахароза, 17.6%, 72 часа)					
<i>T. aestivum</i>	36.9 ± 3.1	39.6 ± 1.4*	151.2 ± 5.4	459.9 ± 5.8	45423.7
<i>T. dicoccum</i>	38.8 ± 2.2	38.8 ± 1.5	184.2 ± 4.0*	469.4 ± 5.6	43253.6*
D-b-05	38.1 ± 2.3	38.7 ± 2.3	145.5 ± 4.6*	470.0 ± 7.9	41946.7
D-40-05	35.1 ± 1.3*	33.6 ± 0.8*	100.1 ± 3.5	452.4 ± 4.7*	43914.5

Таблица 2 – Максимальный квантовый выход ФСЦ листьев видов и аллоплазматических линий пшениц в условиях засухи (сахароза, 17,6%, 72 ч)

Вид, линия	Контроль	Засуха	% к контролю
<i>T. aestivum</i>	0,73±0,01	0,71±0,01	98
<i>T. dicoccum</i>	0,75±0,01	0,71±0,02	95

Вид, линия	Контроль	Засуха	% к контролю
D-b-05	0.75 ± 0.01 ^a	0.75 ± 0.01 ^a	100
D-40-05	0.76 ± 0.01 ^a	0.75 ± 0.01 ^a	98

Примечание – Знак ^a показывает достоверность показывавают достоверные отличия от *T. aestivum* при p ≤ 0.05

Результаты экспериментов по определению значений скорости переноса электронов и изменения фотосинтетической активности листьев при стрессе представлены на рисунке 1.

Как следует из рисунка 1а, линия D-b-05 сохраняла относительно высокую скорость нециклического транспорта электронов в условиях индуцированной засухи (95, 97 и 100% к кон-

тролю соответственно). У линии D-40-05 величина данного показателя существенно снижалась под действием стрессора. При этом как в контрольных, так и в стрессовых условиях выявлены четкие достоверные отличия у изучаемых аллолиний в сторону повышения значения ETR относительно эуплазматической формы *T. aestivum*.

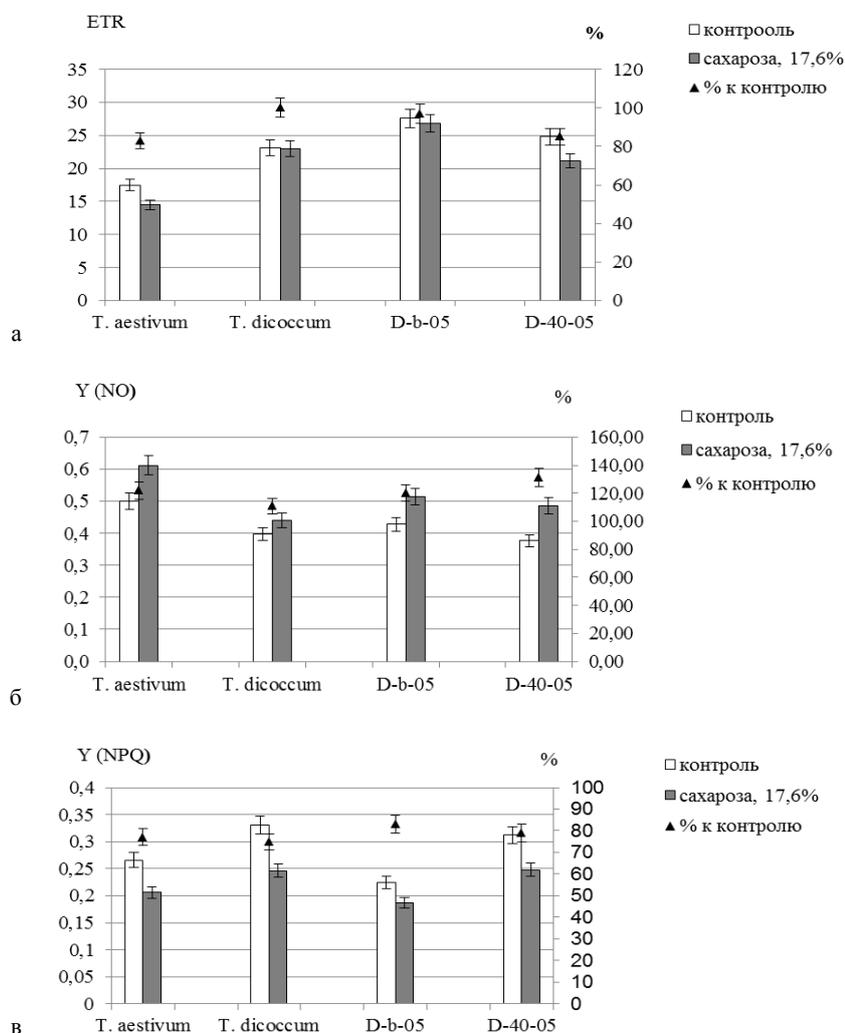


Рисунок 1 – Изменения фотосинтетических параметров ETR (а), Y(NO) (б), Y(NPQ) (в) (относительные единицы) у проростков видов и аллоплазматических линий пшеницы в условиях засухи

Показатель изменения квантового выхода нерегулируемого рассеяния энергии $Y(NO)$ в условиях засухи возрастал у изучаемых аллолиний до 131% к контролю у линии D-40-05 (Рис. 16). При этом мы наблюдали наглядно выраженную тенденцию снижения величины данного признака в контрольных и стрессовых условиях относительно эуплазматической формы *T. aestivum*.

Значения показателя квантового выхода регулируемого рассеяния энергии $Y(NPQ)$ в стрессовых условиях имели тенденцию к снижению (рис. 1в). При этом значение данного показателя у аллолинии D-b-05 в присутствии стрессора осталось на уровне, близком к контрольному (83%).

Обсуждение результатов

Кратко обобщая основные направления функциональной значимости поверхности листа, их можно сгруппировать в два блока: поддержание структурно-функционального статуса листа и оптимизация энергообеспечения фотосинтеза [22]. Эффект индуцированной засухи на рост первого листа проростков видов и межвидовых гибридов (аллоплазматических линий) пшеницы в эксперименте был схож с его влиянием на мягкую пшеницу и другие культуры, описанным в литературе [23-25], а также показанным в собственных предыдущих исследованиях [16]. Это изменения (как в сторону увеличения, так и снижения) толщины эпидермиса, диаметра центрального сосудистого пучка и изменения толщины мезофилла листа. На их основании мы можем утверждать, что такие параметры, как увеличение при стрессе толщины мезофилла, механических и защитных тканей, могут быть хорошими критериями отбора стрессоустойчивых форм пшеницы на ранних этапах онтогенеза. И линию D-b-05 можно считать более устойчивой, а линию D-40-05 – менее устойчивой к засухе.

Повышение чувствительности листовых пластинок к фотоингибированию в стрессовых условиях, как правило, выражается в уменьшении соотношения F_v/F_m [26, 27]. Значения параметра F_v/F_m в ответ на эффект засухи в эксперименте существенно не изменились, что указывает на сохранение в условиях созданного стресса работоспособности реакционных центров фотосистемы II всех изученных форм.

При этом, под действием стрессора у всех изучаемых форм снижалось значение ETR. Если значения скорости транспорта электронов мо-

гут служить индикатором уровня фотосинтетической активности [28], то изменения в уровне данного показателя при стрессе, в сравнении с контрольными, являются критерием повреждений ФСII под действием стрессора. Снижение этого показателя, как у линии D-40-05, может быть связано с активацией механизмов нефотохимического тушения [29], что на фоне наблюдаемой линии увеличения показателя изменения квантового выхода нерегулируемого рассеяния энергии $Y(NO)$ может свидетельствовать о наличии проблем с перераспределением избыточной световой энергии, поступающей в ФСII [30]. Вероятно, у линии D-40-05 в стрессовых условиях возникли некоторые нарушения в работе ФСII или даже в ее структуре.

Значения показателя квантового выхода регулируемого рассеяния энергии $Y(NPQ)$ у изучаемых форм в стрессовых условиях имели тенденцию к снижению, выраженную у линии D-40-05 в большей степени. Низкий уровень $Y(NPQ)$ и высокий $Y(NO)$ в условиях засухи свидетельствует о нарушении механизма регулируемого сброса световой энергии и появлении дополнительных нефотохимических потерь световой энергии [30].

То, что линия D-b-05, полученная от скрещиваний с *T. dicoccum*, в эксперименте проявила себя как более засухоустойчивая, чем *T. aestivum*, что говорит о положительном влиянии генов *T. dicoccum*, на активацию фотосинтетической активности аллолиний в условиях засухи. Относительно меньшая, чем у D-b-05 и *T. dicoccum*, засухоустойчивость линии D-40-05, выявленная в результате проведенных экспериментов, позволяет высказать предположение о том, что возможное сочетание в аллоплазматической линии ядра и цитоплазмы, несущих генетическую информацию разных видов, может как улучшить, так и ухудшить важные физиологические параметры засухоустойчивости и фотосинтетической активности. Это говорит о необходимости дальнейшего продолжения исследований в выбранном направлении с привлечением методов молекулярно-генетического анализа.

Заключение

Таким образом, в результате проведенных экспериментов в условиях индуцированной засухи показаны некоторые изменения (как в сторону увеличения, так и снижения) толщины адаксиального и абаксиального эпидермиса, диаметра центрального сосудистого пучка и изме-

нения толщины мезофилла. Подтверждено, что такие анатомические параметры, как увеличение или сохранение неизменными при стрессе размеров защитных и механических тканей листа могут служить критериями отбора засухоустойчивых форм пшеницы на ранних этапах онтогенеза. Отмечено, что значения параметра Fv/Fm в ответ на эффект засухи в эксперименте существенно не изменились, что указывает на сохранение в условиях созданного стресса работоспособности реакционных центров фотосистемы II всех изученных форм. Наглядно отражено, что понижение уровня ETR при стрессе может быть связано с активацией механизмов нефотохимического тушения, а их совокупность характеризует низкую устойчивость изучаемой формы к засухе. На высокий уровень засухоустойчивости видов и гибридов пшеницы указывает минимальное снижение значений параметра Y(NPQ) при стрессе. По результатам проведенных исследований можно сделать вывод о том, что линия D-b-05 более устойчива, а линия D-40-05 – менее

устойчива к засухе. Различная степень засухоустойчивости изучаемых линий позволяет высказать предположение о том, что полученное от межвидовых скрещиваний сочетание в гибриде ядра и цитоплазмы может способствовать как повышению, так и понижению значений важных физиологических параметров засухоустойчивости и фотосинтетической активности, что говорит о необходимости продолжения исследований с привлечением молекулярно-генетического анализа.

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

Работа выполнена в рамках исследований по проекту ГФ АР05131734 «Физиологические и молекулярно-генетические особенности функционирования фотосинтетического аппарата аллоплазматических линий пшеницы, полученных в результате межвидовых скрещиваний, в связи с их засухоустойчивостью», 2018-2020 гг.

Литература

1. Kulkarni M., Soolanayakanahally R., Ogawa S., Uga Y., Selvaraj M.G., Kagale S. Drought Response in Wheat: Key Genes and Regulatory Mechanisms Controlling Root System Architecture and Transpiration Efficiency. *Front Chem.* -2017.- 5. – P.106. doi:10.3389/fchem.2017.00106
2. Cui, Y., Tian, Z., Zhang, X. et al. Effect of water deficit during vegetative growth periods on post-anthesis photosynthetic capacity and grain yield in winter wheat (*Triticum aestivum* L.) // *Acta Physiol Plant.* – 2015.- 37. – P.196. doi:10.1007/s11738-015-1944-2
3. Альтергот В.Ф., Мордкович С.С., Игнатъев Л.А. Принципы оценки засухо- и жароустойчивости растений // *Методы оценки устойчивости растений к неблагоприятным условиям среды.* – Л.: Колос, Ленинградское отделение, 1976. – С. 6-17.
4. Veselov D.S., Growth by extension and water metabolism in water deficit conditions: author's abstract of dissertation of Dr. *Boil. Sci.*, SEI Bashkir State Univ., – Ufa, 2009. – 47 p.
5. Lugojan C., Ciulca S. Evaluation of relative water content in winter wheat. *J. Hortic // Fores. Biotechnol.* – 2011. – Vol. 15. – P.173–177.
6. Liu Y., Fiskum G., Schubert D. Generation of reactive oxygen species by the mitochondrial electron transport chain // *J. Neurochem.* – 2002. – Vol. 80. – P. 780-787.
7. Ramos M.L.G., Parsons R., Sprent J.L., Games E.K. Effect of water stress on nitrogen fixation and nodule structure of common bean // *Pesq. Agropec.* – Brasilia., 2003. – № 38. – P. 339-347.
8. Aroca R., Porcel R., Ruis-Lozano J.M. Regulation of Root Water Uptake under Drought Stress Conditions. *J Exp Bot.* – 2011. – Vol. 63 (1). – P.43-57. DOI: 10.1093/jxb/err266.
9. Arriagada O., Mora F., Quitral Y., Del Pozo A. Identification of QTL underlying agronomic, morphological and physiological traits in barley under rainfed conditions using SNP markers. *Acta Scientiarum Agronomy.* -2017. – 39. – P. 321 – 329
10. Zhuchenko A.A. Adaptive plant growing (ecologo-genetic basis): theory and practice. – М.: Agrorus, 2008. – Т. 1. – 814 p.
11. Xu Z, Zhou G, Shimizu H. Are plant growth and photosynthesis limited by pre-drought following rewatering in grass? *J Exp Bot.* -2009. -60. -P.3 737–3749
12. Dalal, V. K. & Tripathy, B. C. Modulation of chlorophyll biosynthesis by water stress in rice seedlings during chloroplast biogenesis. *Plant Cell Environ.* -2012. -35. P. 1685–1703.
13. Baker N.R. Chlorophyll Fluorescence: A Probe of Photosynthesis In Vivo // *Annu Rev. Plant Biol.* – 2008. – Т. 59. – P. 89–113.
14. Sperdouli I., Moustakas M. Spatio-temporal heterogeneity in Arabidopsis thaliana leaves under drought stress // *Plant Biology.* – 2012. – Vol. 14. – P.118-128.
15. Терлецкая Н.В., Зобова Н.В., Ступко В.Ю., Исакова А.Б., Луговцова С.Ю., Курманбаева М.С. Изучение устойчивости фотосинтетического аппарата мягкой пшеницы (*T. aestivum* L.) и ее диких сородичей к абиотическим стрессорам in vivo и in vitro: Монография. – Алматы, 2017. – 172 с.

16. Khailenko NA, Terletskaia NV, Iskakova AB, Altayev NA, Zhangaziev AS, Kuttumbetova NT. Growth and development of plants of species, varieties and alloplasmic lines of wheat in field experiments. Proceeding of the International Conference "Achievements and prospects of development of agrarian science in the field of agriculture and plant growing". Almalybak. – 2014. – P. 421-425.
17. Prozina M.N. Botanical microtechnique. – Moscow: MSU, 1960.
18. Permyakova A.I. Microtechnique. – Moscow: MSU, 1988.
19. Barykina R.P. Guide on botanical microtechnique. Base and methods. – Moscow: MSU, 2004.
20. Удольская Н.Л. Введение в биометрию. – Алма-Ата, 1976. – 85 с.
21. Кавеленова Л.М., Кравцева А.П., Трубников А.М., Янков Н.В. К возможностям оценки функциональной активности листовых пластинок древесных растений // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. – 2013. – № 3-7, Т.15. – С. 2333-2336.
22. Bastias E, Gonzales-Moro MB, Gonzales-Murua C. Zea mays L. amylacea from the Lluta Valley (Arica Chile) tolerates salinity stress when high levels of boron are available. // Plant and Soil. – 2005. – V. 267. – P.73-84.
23. Ионова Е.В., Газе В.Л. Уровень развития проводящей системы листьев сортов озимой пшеницы при различных условиях выращивания // Зерновое хозяйство России. – 2014. – Т. 201, № 3. – С. 11-15.
24. Tyagi K., Park M.R., Lee H.J., Lee C.A., Rehman Sh. et al. Fertile crescent region as source of drought tolerance at early stage of plant growth of wild barley (*Hordeum vulgare* L. ssp. *spontaneum*) // Pak. J. Bot. – 2011. – V.43 (1) – P.475-486.
25. Anjum S.A., Xie X., Wang L. et al. Morphological, physiological and biochemical responses of plants to drought stress // Afr. J. Agr. Res. – 2011 – V.6. – P. 2026-2032.
26. Hosseinzadeh SR, Amiri H, Ismaili A.. Nutrition and biochemical responses of chickpea (*Cicer arietinum* L.) to vermicompost fertilizer and water deficit stress. J Plant Nutrition. –2017. – 40. – P. 2259-2268. <https://doi.org/10.1080/01904167.2016.1262412>
27. Lu C.-M., Vonshak A. Effects of salinity stress on Photosystem II function in cyanobacterial *Spirulina platensis* cells // Physiologia Plantarum. – 2002. – V.114. – P. 405-413.
28. Dalal, V.K., Tripathy, B.C. Water-stress induced downsizing of light-harvesting antenna complex protects developing rice seedlings from photo-oxidative damage. Sci Rep. – 2018. – 8. – P. 5955. doi:10.1038/s41598-017-14419-4
29. Sperdouli I., Moustakas M. Spatio-temporal heterogeneity in *Arabidopsis thaliana* leaves under drought stress // Plant Biology. – 2012. – Vol.14. – P.118-128.

References

1. Kulkarni, M., Soolanayakanahally, R., Ogawa, S., Uga, Y., Selvaraj, M.G., Kagale, S. "Drought Response in Wheat: Key Genes and Regulatory Mechanisms Controlling Root System Architecture and Transpiration Efficiency". Front Chem. 5. (2017): 106. doi:10.3389/fchem.2017.00106
2. Cui, Y., Tian, Z., Zhang, X. et al. "Effect of water deficit during vegetative growth periods on post-anthesis photosynthetic capacity and grain yield in winter wheat (*Triticum aestivum* L.)". Acta Physiol Plant. 37. (2015): 196. doi.:10.1007/s11738-015-1944-2
3. Al'tergot, V.F., Mordkovich, S.S., Ignat'yev, L.A. Printsipy otsenki zasukho- i zharoustoychivosti rasteniy. Metody otsenki ustoychivosti rasteniy k neblagopriyatnym usloviyam srede [Principles for assessing drought and heat resistance of plants. Methods for assessing plant resistance to adverse environmental conditions]. L.: Kolos, Leningrad branch, 1976.
4. Veselov, D.S. Growth by extension and water metabolism in water deficit conditions: author's abstract of dissertation of Dr. Boil. Sci. Ufa: SEI Bashkir State Univ., 2009.
5. Lugojan, C., Ciulca, S. "Evaluation of relative water content in winter wheat." J. Hortic Fores. Biotechnol. 15 (2011): 173–177.
6. Liu, Y., Fiskum, G., Schubert, D. "Generation of reactive oxygen species by the mitochondrial electron transport chain." J. Neurochem. 80 (2002): 780-787.
7. Ramos, ML.G., Parsons, R., Sprent, J.I., Games, E.K. "Effect of water stress on nitrogen fixation and nodule structure of common bean." Pesq. Agropec. Brasilia, no 38 (2003): 339-347.
8. Aroca, R., Porcel, R., Ruis-Lozano, J.M. "Regulation of Root Water Uptake under Drought Stress Conditions." J Exp Bot. 63, no. 1 (2011): 43-57. DOI: 10.1093/jxb/err266.
9. Arriagada, O., Mora, F., Quitral, Y., Del Pozo, A. "Identification of QTL underlying agronomic, morphological and physiological traits in barley under rainfed conditions using SNP markers." Acta Scientiarum Agronomy. 39 (2017): 321 – 329.
10. Zhuchenko, A.A. Adaptive plant growing (ecologo-genetic basis): theory and practice. M.: Agorus, 2008.
11. Xu, Z., Zhou, G., Shimizu, H. "Are plant growth and photosynthesis limited by pre-drought following rewatering in grass?" J Exp Bot. 60. (2009): 3737–3749.
12. Dalal, V. K. & Tripathy, B. C. "Modulation of chlorophyll biosynthesis by water stress in rice seedlings during chloroplast biogenesis." Plant Cell Environ. 35. (2012): 1685–1703.
13. Baker, N.R. "Chlorophyll Fluorescence: A Probe of Photosynthesis In Vivo." Annu Rev. Plant Biol. 59 (2008). 89–113.
14. Sperdouli, I., Moustakas, M. "Spatio-temporal heterogeneity in *Arabidopsis thaliana* leaves under drought stress." Plant Biology 14 (2012): 118-128.
15. Terletskaia, N.V., Zobova, N.V., Stupko, V.YU., Iskakova, A.B., Lugovtsova, S.YU., Kurmanbayeva, M.S. Izucheniye ustoychivosti fotosinteticheskogo apparata myagkoy pshenitsy (*T. aestivum* L.) i yeye dikikh sorodichey k abioticheskim stressoram

in vivo i in vitro [Study of the resistance of the photosynthetic apparatus of common wheat (*T. aestivum* L.) and its wild relatives to abiotic stressors in vivo and in vitro] Monograph. Almaty: 2017.

16. Khailenko, N.A., Terletskaia, N.V., Iskakova, A.B., Altayev, N.A., Zhangaziev, A.S., Kuttumbetova, N.T. "Growth and development of plants of species, varieties and alloplasmic lines of wheat in field experiments." Proceeding of the International Conference "Achievements and prospects of development of agrarian science in the field of agriculture and plant growing". (2014): 421-425.

17. Prozina, M.N. Botanical microtechnique. Moscow: MSU, 1960.

18. Permyakova, A.I. Microtechnique. Moscow: MSU, 1988.

19. Barykina, R.P. Guide on botanical microtechnique. Base and methods. Moscow: MSU, 2004.

20. Udol'skaya, N.L. Vvedeniye v biometriyu [Introduction to biometrics]. Alma-Ata: 1976.

21. Kavelenova, L.M., Kravtseva, A.P., Trubnikov, A.M., Yankov, N.V. "K vozmozhnostyam otsenki funktsional'noy aktivnosti listovykh plastinok drevesnykh rasteniy" [On the possibilities of assessing the functional activity of leaf blades of woody plants]. Bulletin of the Samara Scientific Center of the Russian Academy of Sciences 15, No. 3-7. (2013): 2333-2336.

22. Bastias, E., Gonzales-Moro, M.B., Gonzales-Murua, C. "Zea mays L. amylacea from the Lluta Valley (Arica Chile) tolerates salinity stress when high levels of boron are available." Plant and Soil. 267 (2005): 73-84.

23. Ionova, Ye.V., Gaze, V.L. "Uroven' razvitiya provodyashchey sistemy list'yev sortov ozimoy pshenitsy pri razlichnykh usloviyakh vyrashchivaniya [The level of development of the conductive system of leaves of winter wheat varieties under various growing conditions]." Grain Farm of Russia 201, No. 3 (2014): 11-15.

24. Tyagi, K., Park, M.R., Lee, H.J., Lee, C.A., Rehman, Sh. et al. "Fertile crescent region as source of drought tolerance at early stage of plant growth of wild barley (*Hordeum vulgare* L. ssp. *spontaneum*)." Pak. J. Bot. 43, no. 1 (2011): 475-486.

25. Anjum, S.A., Xie, X., Wang, L. et al. "Morphological, physiological and biochemical responses of plants to drought stress." Afr. J. Agr. Res. 6 (2011): 2026-2032.

26. Hosseinzadeh, S.R., Amiri, H., Ismaili, A. «Nutrition and biochemical responses of chickpea (*Cicer arietinum* L.) to vermicompost fertilizer and water deficit stress». J Plant Nutrition. 40. (2017): 2259-2268. <https://doi.org/10.1080/01904167.2016.1262412>

27. Lu, C.-M., Vonshak, A. "Effects of salinity stress on Photosystem II function in cyanobacterial *Spirulina platensis* cells." Physiologia Plantarum 114 (2002): 405-413.

28. Dalal, V.K., Tripathy, B.C. "Water-stress induced downsizing of light-harvesting antenna complex protects developing rice seedlings from photo-oxidative damage." Sci Rep 8, no. 5955 (2018) doi:10.1038/s41598-017-14419-4

29. Sperdouli, I., Moustakas, M. "Spatio-temporal heterogeneity in *Arabidopsis thaliana* leaves under drought stress." Plant Biology 14 (2012): 118-128.

З.Ж. Алимбетова¹, Л.А. Димеева^{2*}, Г.К. Сатекеев¹

¹ГПЗ «Барсакельмесский» КЛХЖВ МЭГПР, Казахстан, г. Аральск

²РГП «Институт ботаники и фитоинтродукции» КЛХЖВ МЭГПР, Казахстан, г. Алматы,
e-mail: l.dimeyeva@mail.ru

ОПЫТ ЗАКРЕПЛЕНИЯ ПОДВИЖНЫХ ПЕСКОВ В ПОСЕЛКЕ АРАЛКУМ

В статье приведены результаты мероприятий по закреплению движущихся песков методами фитомелиорации в сочетании с устройством механических защит от выдувания на площади 2 га, разделенной на два участка скотопрогонной тропой, вокруг которых были установлены металлические ограждения. Для фитомелиорации использовали виды местной флоры: саксаул черный, жузгун, курчавку, терескен, изень. Результаты мониторинга насаждений в конце первого вегетационного периода показали, что приживаемость саженцев варьировала в зависимости от геоморфологических условий участков от 32 до 60 % для саксаула и 24-40 % для жузгуна. Курчавка не прижилась. Приживаемость сеянцев саксаула была 22 %, терескена – 9 %, изеня – 17 %. Мониторинг насаждений на третий год обследования показал, что на плантации сохранилось от 35 до 53 % саженцев саксаула, 24-36 % саженцев жузгуна, 59 % сеянцев терескена, 16 % сеянцев саксаула, менее 5 % сеянцев изеня. Всходы жузгуна появились на третий год после посева, самосев терескена начался на третий год. Один из участков регулярно нарушается скотом, что приводит к деградации насаждений, сокращению семенного возобновления и снижению пескоукрепительной функции. На основе полученного опыта разработаны рекомендации, которые могут применяться для закладки новых участков в пос. Аралкум и в других очагах образования подвижных песков в Аральском регионе.

Ключевые слова: Аралкум, фитомелиорация, пустынные растения, саксаул, приживаемость.

Z.Zh. Alimbetova¹, L.A. Dimeyeva², G.K. Satekeyev¹

¹Barsakelmes State Natural Reserve KFAL MEGNR, Kazakhstan, Aralysk

²Institute of Botany & Phytointroduction KFAL MEGNR, Kazakhstan, Almaty,
e-mail: l.dimeyeva@mail.ru

Experience on fixing mobile sands in the Aralkum village

The article presents the results of measures on fixation of moving sands by phytomelioration methods in combination with the establishment of mechanical protection against blowing in the area of 2 hectares that divided into two plots by livestock drive track around which metal fences were installed. Species of local flora were used for phytomelioration: *Haloxylon ammodendron* (saxaul), *Calligonum* spp, *Artaphaxis spinosa*, *Krascheninnikovia ceratoides* (eurotia), *Kochia prostrata*. Results on monitoring of plantation in the first growing season showed that survival rate of saplings varied depending on the geomorphological conditions of the plots from 32 to 60 % for saxaul and 24-40 % for calligonum. *Atraphaxis* did not take root. The survival rate for saxaul seedlings was 22 %, for eurotia – 9%, for kochia – 17%. Monitoring of plantings in the third year of the survey showed that 35 to 53% of saxaul saplings, 24-36% of calligonum saplings, 59% of eurotia seedlings, 16% of saxaul seedlings, less than 5% of kochia seedlings were survived in the plantation. Young growths of calligonum appeared in the third year after sowing, self-sowing of eurotia began in the third year. One of the plots is regularly disturbed by livestock, which leads to degradation of plantations, a reduction of seed germination and a decrease in sand-strengthening function. Based on the experience gained, recommendations have been developed that can be used to establishment of new sites in the Aralkum village and for phytoreclamation in other areas of mobile sands in the Aral region.

Key words: Aralkum, phytomelioration, desert plants, saxaul, survival rate.

З.Ж. Алимбетова¹, Л.А. Димеева*², Г. Сатекеев¹

¹«Барсакемес» МТҚ ОШЖДК ЭГТРМ, Қазақстан, Арал қ.

²«Ботаника және фитожерсіндіру институты» РМК ОШЖДК ЭГТРМ, Қазақстан, Алматы қ.
e-mail: l.dimeyeva@mail.ru

Аралқұм ауылындағы жылжымалы құмдарды бекіту бойынша тәжірибе

Мақалада мал айдайтын жол арқылы екі телімге бөлінген және де айналасында металды қоршаулар орнатылған ауданы 2 га аумақтағы жылжымалы құмдарды желдетуден қорғауға арналған механикалық құрылғыны пайдалана отырып, фитомелиорация әдісімен бекіту іс-шаралары бойынша нәтижелер келтірілген. Фитомелиорациялауға жергілікті флораның өсімдік түрлері пайдаланылды: қара сексеуіл, жүзгін, түйесіңір, теріскен, изең. Бірінші вегетациялық кезеңнің соңындағы көшеттер мониторингісінің нәтижелері көшеттердің жерсінуі аумақтардың геоморфологиялық жағдайларына тәуелді өзгеріп отыратынын көрсетті: сексеуіл үшін 32 және 60 % аралығында, жүзгін үшін 24–40 %. Ақтікен жерсінбеді. Сексеуіл екпе көшеттерінің жерсінуі 22 %, теріскен – 9 %, изең – 17 % болды. Көшеттер мониторингісінің үшінші жылғы зерттеу нәтижелері плантацияда сексеуіл көшеттерінің 35–53 %, жүзгін көшеттерінің 24–36 %, теріскен екпе көшеттерінің 59 %, сексеуіл екпе көшеттерінің 16 % және де изеңнің 5 %-дан төмені сақталғанын көрсетті. Жүзгінді еккеннен кейінгі үшінші жылда көктей бастады, ал теріскен үшінші жылы ғана өздігінен өне бастады. Телімдердің бірі үнемі малдар тарапынан бұзылуға ұшырап отырады, ол өз кезегінде көшеттердің деградациясына, тұқым арқылы жаңарудың қысқаруына және де құмдарды бекіту қызметінің төмендеуіне алып келеді. Алынған тәжірибе негізінде Аралқұм ауылында және Арал өңіріндегі басқа да жылжымалы құмдар ошақтарында жаңа телімдер орнату үшін қолдануға болатын ұсынымдар жасалынды.

Түйін сөздер: Аралқұм, фитомелиорация, шөл өсімдіктері, сексеуіл, жерсіну.

Введение

Процессы деградации экосистем в Приаралье происходят на фоне общего опустынивания региона в результате Аральского экологического кризиса, который отражается не только на компонентах окружающей среды, но и на уровне жизни населения и повышении заболеваемости местных жителей. Постановлением Правительства Республики Казахстан от 30.06.1992 г. Приаралье отнесено к региону экологического бедствия.

Песчаные и пыльные бури, с которыми выносятся соле-пылевая аэрозоль с осушенного дна моря, особенно актуальны для поселков, расположенных в приморской полосе. Активная ветровая деятельность в регионе продолжается в течение всего года, особенно в летний период. Создание Зеленых защитных поясов вокруг населенных пунктов позволяет заметно снизить перенос соли и песка и способствовать оздоровлению населения. Опыт проведения фитомелиоративных мероприятий на осушенном дне моря и в поселке Каратерень [1, 2] позволил предпринять новые усилия для защиты поселка Аралкум от движущихся барханов.

Для местного населения надвигающиеся пески – огромная проблема. Основное направление ветровой деятельности – ЮЗ-СВ. На запад-

ной окраине поселка сформировались песчаные барханы. В настоящее время количество домов, подвергшихся засыпанию песками, составляет около 70.

Научно-практическая деятельность проводилась по гранту ПРООН/Казахстан «Демонстрация и внедрение механических и фитомелиоративных методов закрепления подвижных песков в населенном пункте Аралкум на Арало-Сырдаринской проектной территории» в 2016–2017 гг. Основной целью проекта стала демонстрация и внедрение комплексных мероприятий по закреплению подвижных песков для улучшения экологического состояния населенного пункта в целом. В рамках проекта продемонстрированы фитомелиоративные методы борьбы совместно с пескоукрепительными мероприятиями (механические защиты) на площади 2 га, проведена работа по обучению местного населения методам закрепления сыпучих песков.

Борьба с движущимися песками трудоемкая и дорогостоящая компания. В настоящее время существуют различные методы, разработанные и апробированные практикой как в Казахстане, так и в других странах [3–8]. Особое место уделяется фитомелиорации [9–14]. Для каждой природной зоны существует свой список фитомелиорантов. В сухих и опустыненных степях для восстановления пастбищ используют житняк, люцерну,

эспарцет и др. Разбитые пески закрепляют с помощью кияка [15-17]. В пустыне Большие Барсуки (Северное Приаралье) для защиты железной дороги в качестве фитомелиоранта применялась сосна обыкновенная [18, 19]. В пустынях Казахстана большое значение уделяется саксаулу, как наиболее успешной лесной культуре, которая широко применяется для создания защитных лесонасаждений вдоль автомобильных и железных дорог, на пастбищах, на осушенном дне Аральского моря [20-22]. Растения способны закреплять песок своими корневыми системами, особенно горизонтальными корнями, которые могут достигать длины до 9 м у саксаула и до 7 м у жузгуна [23]. Они прочно удерживают растения в почве и усваивают атмосферные осадки. Скрепление песчаных частиц горизонтальными корнями способствует аккумуляции песка и формированию фитогенных бугров от 2 до 5 м высотой.

Задачи проекта включали комплекс мероприятий: 1) выбор территории площадью 2 га для проведения пескоукрепительных мероприятий; 2) установку механических защит; 3) ограживание территории; 4) фитомелиорацию; 5) глинование барханов [24].

Объекты и методы исследований

Населённый пункт Аралкум находится на Казахстанской части Приаралья. Административно относится к Аральскому району Кызылординской области, расположен в 38 км от г. Аральска, в 25 км от осушенной полосы Аральского моря. В результате интенсивного выпаса скота вокруг поселка коренные ландшафты с естественным растительным покровом превратились в подвижные пески – барханы. Ветровой режим обуславливает колебательно-поступательные движения песков в течение года и приводит к смещению барханов. В результате барханные пески засыпают жилые дома, хозяйственные постройки, дороги.

Перед выбором проектной территории были проанализированы топографические карты и космоснимки. На основе космоснимка Google Earth установлено, что площадь барханов около поселка занимает около 40 га. При обследовании на местности было отмечено критическое расстояние барханов от жилых домов, которым грозит засыпание песком.

Деградация растительности на окраине поселка произошла в результате вырубki кустарников и перевыпаса. Из растений сохрани-

лись только группировки адраспана (*Peganum harmala* L.) – ядовитого растения и индикатора пастбищной нагрузки.

Проектную территорию 2 га (длиной 400 м, шириной 50 м) разбили на два участка (по 1 га). На первом участке (север) расположены движущиеся, вытянутые с запада на восток, песчаные гряды, лишённые растительности, высотой 4-5 м. Второй участок расположен в понижении (юг), рельеф ровный, не расчлененный, пески беспрепятственно ветропотоком переносятся в сторону поселка. Между участками был оставлен проход для прогона скота с пастбищной территории.

Перед проведением фитомелиоративных работ вокруг территории были построены ограждения для охраны от скота.

Для закрепления песков и защиты растений от выдувания были установлены клеточные заграждения из камыша (тростника), 3 x 3 м². Для этого выкапывались траншеи на глубину 30 см, в которые устанавливались камышитовые маты. Над песчаной поверхностью высота камышовых заграждений составляла 25-30 см. На каждом участке было размещено по 1056 клеточных камышитовых защит (2112 на двух участках). Каждая «клетка» камышовых мат способна ежегодно удерживать до одного кубометра песчаного материала. Механическая защита наиболее результативна в комбинировании с методами фитомелиорации – посадкой растений, приспособленных к данным условиям произрастания. Посаженный внутрь такой «клетки» куст саксаула или жузгуна закрепляет бархан еще эффективнее. В промежутках между заборчиками образуется зона затишья, и песок перестает перемещаться. Срок службы механических защит не превышает 3-4 года. За это время пески должны быть закреплены растениями.

Для лучшего закрепления «верхушек» движущихся песков проводится глинование (наброска из глины). Методика глинования хорошо отработана в Туркменистане [25], где этим способом закрепляются вершины песчаных гряд для защиты хозяйственных построек на нефтепромыслах, вдоль дорог и т.д. По методике производится наброска сухой глины толщиной 2 см (200 м³/га) с последующим опрыскиванием водой 2 л/м³. Глинование барханов, примыкающих к проектной территории, проводилось осенью 2017 г.

Перечень кустарников и кормовых культур для проведения фитомелиоративных работ включал местные виды растений: саксаул чер-

ный (*Haloxylon ammodendron* (С.А.Мей.) Bunge ex Fenzl), изень, или прутняк (*Kochia prostrata* (L.) Schrad.), жузгун (*Calligonum* spp), терескен (*Krascheninnikovia ceratoides* (L.) Gueldenst.), курчавку (*Atraphaxis spinosa* L.).

Посадка растений производится ранней весной или поздней осенью, после окончания вегетации растений и выпадения атмосферных осадков. Для Аральского региона посадочные работы предпочтительнее проводить в весенний сезон [26, 1]. Посадка проводится ближе к стенкам камышовых защит, а не по центру клеток, где меньше оголяется корневая система растений. В одну клетку высаживают 4-5 растений. Однодвухлетние сеянцы должны иметь надземную часть не менее 20 см, толщину стволика у корневой шейки – не менее 3 мм [27].

Для посева фитомелиорантов приняты нормы высева семян 5 кг/га [28-30]. Учитывая ожидаемый высокий процент выдувания семян, норма была увеличена до 7,5 кг/га.

Посадочный материал и семена были приобретены на Приаральской опытной станции генетических ресурсов растений им. Н.И. Вавилова (г. Шалкар Актюбинской обл.). Подзимний посев засухоустойчивых пустынных видов растений проводился в наиболее благоприятные сроки – с 11 по 16 ноября 2016 года. В ячейки механических защит были высеяны по 15 кг семян изеня, саксаула, терескена, жузгуна. Заделка семян в песок проводилась граблями.

Посадка производилась с 8 по 15 апреля 2017 года. На участках было высажено 20000 саженцев (13000 саксаула, 5000 жузгуна, 2000 курчавки). Полив участков был предусмотрен 2 раза в месяц.

Мониторинг насаждений в первый вегетационный период проводился 5 июня и 5 сентября 2017 г. согласно «Правил проведения инвентаризации лесных культур» [31]. Для этого закладывались пробные площадки (в границах камышитовых клеток) в рядах и по диагонали. Приживаемость рассчитывалась на основе общего количества саженцев каждого вида. Повторный мониторинг осуществлен через два года – 12 июня 2019 г.

Все встреченные растения определялись с использованием «Иллюстрированного определителя растений Казахстана» в 2 т. [26] и «Флоры Казахстана» в 9 т. [32, 33]. Названия видов приведены с учетом последних таксономических изменений [34, 35].

Результаты исследования и их обсуждение

При обследовании территории в июне 2017 г. было отмечено, что пески занесли по одному ряду камышитовых ячеек с западной, северной и восточной сторон. Саженцы в них почти все были погребены песком. Учетом установлено, что на первом участке тронулись в рост и сформировали ассимиляционные побеги 2481 саженец саксаула (38,2 %) и 939 саженцев жузгуна (37,6 %). На втором участке показатели были выше для саксаула – 56,8 % (3691 саженец), для жузгуна – 47,7 % (1192). Различия обусловлены активным переносом песка и засыпанием саженца в клеточных ячейках северной части проектной территории и большей стабильностью грунта в южной части. На основе этих данных было рассчитано среднее количество прижившихся саженцев на 1 гектар – 3086 для саксаула, 1066 – для жузгуна, что соответствует средней приживаемости – 47,5% для саксаула и 42,6% для жузгуна. Курчавка не прижилась.

Интересным результатом посадки стало то, что среди саженцев жузгуна, кроме местных видов (*Calligonum aphyllum* (Pall.) Guerke, *C. leucocladum* (Schrenk) Bunge, *C. acanthopterum* Borszcz.), с посадочным материалом был занесен *C. murex* Bunge, ближайшее местонахождение которого отмечено в песчаных массивах Малые и Большие Барсуки, а на территории восточного Приаралья этот вид ранее не встречался [36, 37].

На участках значительный ресурс будущих насаждений представляют сеянцы. На площади 2 га возшло более 18,2 тыс. сеянцев саксаула, 79 тыс. сеянцев терескена, 2,2 тыс. сеянцев изеня. Показатели грунтовой всхожести пустынных растений низкие [28-30, 38]: для саксаула – от 5 до 12 %, для изеня – от 10 до 32 %, для терескена – от 14 до 25 % в условиях Юго-Западного Кызылкума, в Северном Приаралье – не выше 10 %.

Сеянцы кормовых растений быстро развиваются, плодоношение наступает на 2 год жизни [38], что способствует естественному распространению. На первый год всходов жузгуна не было обнаружено, его плод – орешек с твердой оболочкой, что удлиняет сроки прорастания. Семена жузгуна сохраняют всхожесть 5-6 лет. Так и получилось, сеянцы массово появились на третий год после посева, в 2019 г.

Огораживание территории и стабилизация подвижного грунта механическими защитами способствовало спонтанному внедрению неко-

торых пустынных растений, которые также играют важную роль в закреплении песчаного грунта (рис. 1).

В ячейках камышитовых матов спонтанно появились растения, которые выдерживают движение песка и являются пескоукрепителями: солянка Паульсена (*Salsola paulsenii* Litv.), гармала обыкновенная, или адраспан (*Peganum harmala*), горец песчаный (*Polygonum arenarium* Waldst. & Kit.), житняк ломкий, или еркек (*Agropyron fragile* (Roth) P. Candargy), астрагал Лемановский (*Astragalus lehmannianum* Bunge), гелиотроп аргузиевый (*Heliotropium arguzioides* Kar. & Kir.), виды верблюдки – иссополистная и арало-каспийская (*Corispermum hyssopifoli-*

um L., *C. aralocaspicum* Pjin), песчаная акация (*Ammodendron bifolium* (Pall.) Yakovl.), полынь сантолиновая (*Artemisia santolina* Schrenk); появились также эфемеры и сорные виды: липучка окаймленная (*Lappula marginata* (M.Bieb.) Gürke), мортук восточный (*Eremopyrum orientale*), бурачек пустынный (*Alyssum desertorum* Stapf), крестовник Ноевский (*Seneco noeanus* Rupr.), марь сизая (*Chenopodium glaucum* L.), белена крошечная (*Hyoscyamus pusillus*), рогач песчаный, или эбелек (*Ceratocarpus arenarius* L.), щирица запрокинутая (*Amaranthus retroflexus* L.), а также индикатор близко расположенных грунтовых вод – верблюжья колючка (*Alhagi pseudalhagi* (Bieb.) Fisch.).



а



б



в



г

Рисунок 1 – Спонтанные растения: а – верблюдка арало-каспийская; б – песчаная акация; в – гелиотроп аргузиевый; г – астрагал Лемановский

Наиболее часто встречается солянка Паульсена, которая является пионером зарастания песков. Также отмечены индикаторы антропогенной нарушенности – адраспан и липучка, кроме того, на первом участке появился горец, а на втором – гелиотроп. Реже были встречены другие сорные виды, такие как эбелек, белена, щирца. Важным моментом в зарастании песков является внедрение видов естественной флоры, которые появляются на начальных стадиях псаммофитной сукцессии – это астрагал Лемановский,

обычный для котловин выдувания; верблюдка, характерная для склонов и понижений бугристых песков; песчаная акация и полынь сантолиновая – виды, распространённые на разбитых песках.

Обследование состояния насаждений продолжилось в сентябре 2017 г. (рис. 2). С западной стороны территории были засыпаны уже по полтора-два ряда камышитовых клеточных зашит. В некоторых из них продолжали расти саженцы.



Рисунок 2 – Общий вид на пилотный участок (2017 г.)

На первом участке произрастали 2105 живых саженцев саксаула (приживаемость 32,4 %) и 596 жузгуна (23,8 %). На втором участке вегетировали 3701 саженец саксаула (56,9 %) и 1005 саженцев жузгуна (40,2 %). Число прижившихся саженцев саксаула на втором участке незначительно увеличилось (на 10 экземпляров), что, вероятнее всего, связано с более поздним началом их вегетации. К сентябрю на участках выжило около 4000 семян саксаула (22 %), 7000 семян терескена (9 %), 375 семян изеня (17 %).

Среди спонтанных растений добавилось несколько видов: псаммофиты – кумарчик растопыренный (*Agriophyllum squarrosum* (L.) Moq.), астрагал жестковолосистый (*Astragalus scabri-setus* Bong.); галофиты – лебеда стреловидная (*Atriplex saggitata* Borkh.), солянка натронная (*Salsola nitraria* Pall.); индикаторы антропогенного нарушения – якорцы стелющиеся (*Tribulus terrestris* L.), ежовник безлистный, или итсигек (*Anabasis aphylla* L.).

Таким образом, в конце первого вегетационного периода на проектной территории площадью 2 га сохранилось 5806 саженцев саксаула и 1601 саженец жузгуна. Это соответствует 44,7 % от общего числа саженцев саксаула и 32 % от общего количества жузгуна. В первый вегетационный период выпад зеленых насаждений в среднем составил 5,9 % для саксаула, 24,9 % для жузгуна. Для участков эти показатели отличались: на первом участке среди прижившихся в июне саженцев к сентябрю погибли 15 % насаждений саксаула и 36,5 % жузгуна, на втором участке – не было выпад саксаула, а численность жузгуна уменьшилась на 15,7 %.

Мониторинг насаждений в июне 2019 г. выявил новые результаты и новые проблемы.

Активная ветровая деятельность привела к засыпанию 2-3 рядов камышитовых ячеек у ограды на западной окраине проектной территории. На первом (северном) участке в некоторых местах слой песка достиг высоты ограды, что

приводит к проникновению скота (в основном верблюдов) внутрь насаждений, разрушению камышитовых матов, вытаптыванию и объеданию

растений (рис. 3). Второй участок, первоначально равнинный, стал слабоволнистым, местами с невысокими фитогенными буграми.



Рисунок 3 – Вид на пилотную территорию в 2019 г.

Учетом было установлено, что на первом участке произрастает 2268 экземпляров саксаула, 594 жузгуна, 1165 терескена, 47 экземпляров саксаула семенного происхождения. Изень тоже есть на участке, но его мало, и он наиболее активно поедается, наряду с терескеном, более половины зеленой массы. Многие кусты поломаны, а сеянцы вытоптаны. На втором участке подсчитано 3426 кустов саксаула, 892 жузгуна,

2965 терескена, 600 трехлетних сеянцев саксаула. Здесь же возшло много сеянцев жузгуна (посев осени 2016 г.), в некоторых камышитовых клетках насчитывалось до 60 экземпляров. Так же было много всходов терескена (самосев) – до 40 сеянцев в камышитовой ячейке. Следует отметить отличное жизненное состояние растений: отдельные кусты саксаула и жузгуна достигли 2 м высоты, терескена – 1 м (рис. 4).



а



б

Рисунок 4 – Фитомелиоранты на третий год исследований. а – саксаул; б – терескен и жузгун.

Среди спонтанных растений добавилось несколько псаммофильных видов: полынь песчаная (*Artemisia arenaria* DC), рожь дикая (*Secale sylvestre* Host), серпоносик песчаный (*Spirorhynchus sabulosus* Kar. & Kir.), молочай Турчанинова (*Euphorbia turczaninowii* Kar. et

Kir.) и один сорный вид – полынь метельчатая (*Artemisia scoparia* Waldst. & Kit.). Следует отметить, что серпоносик и молочай Турчанинова ранее в восточном Приаралье не были отмечены [36, 37].

В таблице 1 сведены результаты мониторинга.

Таблица 1 – Результаты мониторинга насаждений

№ участка	Фитомелиорант	05.06.2017		05.09.2017		12.06.2019	
		Приживаемость		Приживаемость		Сохранность	
		кол-во	%	кол-во	%	кол-во	%
1	саксаул	2481	38,2	2105	32,4	2268	34,9
	жузгун	939	37,6	596	23,8	594	23,8
2	саксаул	3691	56,8	3701	56,9	3426	52,7
	жузгун	1192	47,7	1005	40,2	892	35,7

На первом участке, несмотря на выпас верблюдов, через три года количество саксаула увеличилось на 163 экземпляра, а жузгуна практически осталось прежним. Это можно объяснить тем, что некоторые сеянцы саксаула за два года могли достигнуть 120-150 см высоты и были посчитаны как саженцы.

На втором участке произошел некоторый выпад насаждений – 7,4 % саксаула и 11,2 % жузгуна.

Что касается растений, выращенных из семян, то из них сохранилось 59 % сеянцев терескена, 16 % сеянцев саксаула, менее 5 % сеянцев изеня от числа выживших к концу первого вегетационного периода.

Некоторые различия в выпадении насаждений на участках мы объясняем следующим образом. Первый участок – наиболее проблемный, к нему примыкают барханы. Первоначально там была ниже приживаемость посадочного материала, как следствие активного выдувания. Но прижившиеся саженцы сохранились лучше в связи с меньшей конкуренцией за влагу. На втором участке, где было больше прижившихся саженцев, некоторые из которых активно развивались уже в первый сезон, что привело к выпадению менее конкурентно способных.

Результатом комплексных мероприятий по закреплению песков стало локальное сдерживание барханов на площади 2 га. Через три года после проведения фитомелиорации на проектной территории произрастало 5694 экземпляра саксаула, 1486 – жузгуна, 4130 – терескена, 647

трехлетних сеянцев саксаула. Кроме того, появилось множество всходов жузгуна и терескена – будущий ресурс для сдерживания песков.

Заключение

Целью исследований было на примере пилотного участка в пос. Аралкум Кызылординской области продемонстрировать возможности проведения комплексных мероприятий по закреплению движущихся песков. Для этой цели на площади 2 га были проведены следующие мероприятия: огораживание территории, установка клеточных камышитовых защит, посев и посадка фитомелиорантов в ячейки механических защит, глинование прилегающих барханов. Фитомелиоративные мероприятия включали подзимний посев семян изеня, саксаула, терескена, жузгуна и весеннюю посадку саженцев саксаула, жузгуна и курчавки.

Мониторинг насаждений в первый вегетационный период показал, что в результате фитомелиорации получены хорошие результаты по приживаемости саксаула и жузгуна, которые варьируют в зависимости от геоморфологических условий и активности ветровой деятельности на пилотных участках в пределах 32,4-56,9 % для саксаула и 23,8-40,2 % для жузгуна. Курчавка не прижилась. Приживаемость сеянцев семенного саксаула составила 22 %, терескена – 9 %, изеня – 17 %. Выпад зеленых насаждений в конце первого вегетационного периода колебался в пределах 15,7-36,5 % для жузгуна, а для саксаула

он был отмечен только на участке, прилегающем к барханам (15,7 %).

Обследование плантации через два года после завершения проекта показало, что пилотные участки стали развиваться по разным сценариям. Один из них регулярно нарушается скотом и без мероприятий по его охране насаждения могут деградировать, а, следовательно, их миссия по сдерживанию переноса песка остановится. Другой участок развивается под действием естественных процессов. Прилегающие к барханам ряды камышитовых защит засыпаны песком, в некоторых из них прижились фитомелиоранты, формирующие фитогенные бугры. Глинование частично сдерживает движение песчаных гряд.

Некоторые саженцы жузгуна плодоносили на первый год посадки. Саксаул достигает генеративной фазы на 3-5 годы жизни [38]. Неплохие результаты получены по посеву терескена, а также саксаула и жузгуна. При этом надо учитывать, что жузгун прорастает на третий год после посева. В дальнейшем предполагается увеличение численности насаждений и закрепление песка за счет самосева.

Важным моментом в стабилизации песчаного грунта на начальном этапе фитомелиоративных мероприятий стало освоение ячеек камышитовых защит спонтанными видами растений, которые использовали зоны затишья для развития, скрепляя своими корневыми системами песчаные частицы. Всего было отмечено 30 видов растений, среди которых только адраспан произрастал ранее на участке.

Активная ветровая деятельность в окрестностях пос. Аралкум продолжается. Полоса длиной 400 м и шириной 50 м пилотной территории локально сдерживает движение песка. На ней в настоящее время произрастает 5694 экземпляра саксаула, 1486 – жузгуна, 4130 – терескена, 647 трехлетних сеянцев саксаула. Всходы жузгуна в массовом количестве появились на третий год, а терескен уже на второй год стал плодоносить. Сохранность посадочного материала на третий год после проведения мероприятий по закреплению песка варьировала от 34,9 до 52,7 % для саксаула и 23,8-35,7 % для жузгуна. Крайние два-три ряда камышитовых защит на западной границе участков засыпаны песком, но даже в них часть саженцев выжила, а значит, движение песка стабилизируется.

На основе полученного опыта были разработаны рекомендации [24]. Они могут применяться для закладки новых участков в пос. Аралкум, а также в других очагах образования подвижных песков в Аральском регионе силами местных жителей и администрацией сельских округов.

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

Работа проводилась по гранту ПРООН/Казахстан «Демонстрация и внедрение механических и фитомелиоративных методов закрепления подвижных песков в населенном пункте Аралкум на Арало-Сырдаринской проектной территории» в 2016-2017 гг.

Литература

1. Димеева Л.А., Ишида Н., Алимбетова З.Ж., Саткеев Г.К. Создание защитных лесонасаждений на солончаковых пустошах Аральского побережья // *Материалы научно-практ. конф. «Международный фонд спасения Арала – 20 лет на пути сотрудничества».* – Алматы: КазНАУ, 2013. – С. 145-151.
2. Димеева Л.А., Ишида Н., Алимбетова З.Ж., Саткеев Г. Опыт создания защитных лесонасаждений в поселках Приаралья // *Сборник материалов VII Междунар. научно-практ. конф. «Проблемы рационального использования и охрана природных ресурсов Южного Приаралья».* – Нукус: Илим, 2018. – Ч.2. – С. 79-80.
3. Омарбекова А., Ахметкеримова Г. Опыт лесо и фитомелиорации и закрепления песков при рекультивации нарушенных земель в Казахстане // *Изденістер, нәтижелер. Исследования, результаты.* – 2013. – №3 – С. 133-137.
4. Бултеков Н.У., Муртазин Е.Ж., Семенов О.Е., Шапов А.П. Подвижные пески Кызылкогинского района Атырауской области и борьба с ними // *Материалы межд. научно-практ. конф. «Опустынивание Центральной Азии: оценка, прогноз, управление».* – Астана, 2014. – С. 127-135.
5. Babayev A.G. (Ed.) Principles and Methods of shifting sands fixation. – United Nations Environment Programme: USSR Commission for UNEP, 1986. – 132 p.
6. Лазарева В.Г., Бананова В.А. Динамика антропогенного опустынивания аридных ландшафтов Российского Прикаспия. – Элиста: КалмГУ, 2014. – 70 с.
7. Мирахмедов М. Основы методологии организации пескозакрепительных работ и защита природно-технических объектов от песчаных заносов. – Ташкент: Фан, 2008. – 248 с.

8. Aiban S.A. A study of sand stabilization in eastern Saudi Arabia // *Engineering Geology*. – 1994. – Vol. 38, no. 1-2. – P. 65-79.
9. Orencio D., Herrmann H.J. Vegetation against dune mobility. – *Physical review letters*. – 2006. [https://doi: 10.1103/PhysRevLett.97.188001](https://doi.org/10.1103/PhysRevLett.97.188001)
8. Li Shou-Li, Yu Fei-Hai, Werger M.J.A., Ming Dong, During Heinjo J., Zuidema P.A. Mobile dune fixation by a fast-growing clonal plant: A full life-cycle analysis // *Scientific reports*. – 2015. – Vol. 5 (8935). <https://doi.org/10.1038/srep08935>
9. Yu F.H., Dong M., Krusi B. Clonal integration helps *Psammochloa villosa* survive sand burial in an inland dune. *New Phytol.* – 2004. – Vol. 162. – P. 697–704. [https://doi: 10.1111/j.1469-8137.2004.01073.x](https://doi.org/10.1111/j.1469-8137.2004.01073.x)
10. Li S.-L., Yu, F.-H., Werger M. J. A., Dong M., Zuidema, P.A. Habitat-specific demography across dune fixation stages in a semi-arid sandland: understanding the expansion, stabilization and decline of a dominant shrub. – *J. Ecol.* – 2011. – Vol. 99. – P. 610–620. [https://doi: 10.1111/j.1365-2745.2010.01777.x](https://doi.org/10.1111/j.1365-2745.2010.01777.x)
11. Li, S.-L., Werger, M. J. A., Zuidema, P. A., Yu, F.-H. & Dong, M. Seedlings of the semi-shrub *Artemisia ordosica* are resistant to moderate wind denudation and sand burial in Mu Us sandland, China. – *Tree-Struct. Funct.* – 2010. – Vol. 24. – P. 515–52. [https://doi: 10.1007/s00468-010-0422-0](https://doi.org/10.1007/s00468-010-0422-0)
12. Dong M., Qiao J., Ye X., Liu G., Yu C. Plant functional types across dune fixation stages in the Chinese steppe zone and their applicability for restoration of the desertified land: Marinus J.A. Werger, Marja A. Van Staalduinen (Eds) – *Eurasian Steppes: Ecological Problems and Livelihoods in a Changing World* – Springer, 2012. – P. 321-334.
13. Файзуллоев Ф. Посадка саксаула для стабилизации песчаных почв Таджикистана // *Wocat*, 2017. – 5 с. <http://cawater-info.net/>
14. Родин А.Р., Родин С.А. Лесомелиорация ландшафтов: Учебник для вузов. – М.: МГУЛ, 2005. – 164 с.
15. Маттис Г.Я., Павловский Е.С., Калашников А.Ф. Справочник агролесомелиоратора. – М.: Лесн. пром-сть, 1984. – 248 с.
16. Ивашенко Н.Н., Лебедев Е.В., Храмова О.Ю., Орнатский А.Н., Лапшин Д.А. Лесомелиорация ландшафтов: Учебно-методическое пособие для выполнения курсовой работы для студентов очной и заочной форм обучения факультета лесного хозяйства по направлению подготовки 25020165 – Лесное дело. – Нижний Новгород, 2010. – 48 с.
17. Родин А. Р. Лесные культуры: учебник. – М.: МГУЛ, 2005. – 318 с.
18. Гаель А.Г. Облесение бугристых песков Приаралья. – М.: Изд-во АН СССР, 1951. – 88 с.
19. Гаель А.Г. Результаты облесения сосной Арало-Каспийских песков и перспективы создания мелиоративных насаждений саксаула на полевых пастбищах // Проблемы освоения пустынь. – 1975. – №1. – С.73-78.
20. Wucherer W., Breckle S.-W., Kaverin V.S., Dimeyeva L.A., Zhamantikov K. Phytomelioration in the Northern Aralkum. In: *Aralkum – a Man-Made Desert*. / Breckle S.-W., Wucherer W., Dimeyeva L.A., Ogar N.P. (eds). – Springer Heidelberg Dordrecht London New York, 2012. – P. 343- 386.
21. Novitskiy Z.B. Phytomelioration in the Southern Aralkum. In: *Aralkum – a Man-Made Desert*. / Breckle S.-W., Wucherer W., Dimeyeva L.A., Ogar N.P. (eds). – Springer Heidelberg Dordrecht London New York, 2012. – P. 387-406.
22. Муканов Б.М., Каверин В.С. Облесение пустыни «Аралкум» – важное мероприятие экологического оздоровления Приаралья // *Мат. Междунар. научно-практ. конф. «Сохранение биоразнообразия и перспективы устойчивого развития Приаралья и Барсакельмесского заповедника*. – Арал, 2014. – С. 123 -124.
23. Байтулин И.О. Корневая система растений аридной зоны Казахстана. – Алма-Ата: Наука АН КазССР, 1979. – 184 с.
24. Сатеев Г.К., Димеева Л.А. Методические рекомендации по комплексному закреплению подвижных песков вокруг населенных пунктов в пустынных зонах Казахстана (на примере села Аралкум). – Аральск, 2017. – 24 с.
25. Вейсов С.К., Хамраев Г.О. Применение комбинированных методов защиты инженерных сооружений от дефляционных процессов // *Материалы междунар. научно-практ. конф. «Опустынивание Центральной Азии: оценка, прогноз, управление*. – Астана, 2014. – С. 149-156.
26. Каверин В.С., Колтунов А.А., Соловьев В.А., Салимов А.Б., Череватенко В.П. Временные рекомендации по ассортименту пород и технологии создания мелиоративных насаждений по осушенному дню Аральского моря (Казахстанская часть). – Алматы: КазНИИЛХА, 1994. – 16 с.
27. ГОСТ 3317-77. Сеянцы деревьев и кустарников. Госстандарт СМ СССР. – М., 1977. – 24 с.
28. Саидов Д.К., Момотов И.Ф., Алимжанов А.Г. Инструкция по фитомелиорации пастбищ Юго-Западного Кызылкума. – Ташкент: Фан, 1972. – 30 с.
29. Курочкина Л.Я., Османова Л.Т., Карибаева К.Н. Кормовые растения Казахстана. – Алма-Ата: Кайнар, 1986. – 208 с.
30. Ибрагимов Т.С., Абдраимов Ж.С., Сартаев А.Е. Сорты аридных культур, рекомендуемые в производство для юго-западных регионов Казахстана. – Шымкент: ЮЗНИИЖир, 2010. – 23 с.
31. Об утверждении Правил проведения инвентаризации лесных культур, питомников, площадей с проведенными мерами содействия естественному возобновлению леса и оставленных под естественное зарастание в государственном лесном фонде. Приказ МСХ РК от 19 октября 2012 года № 17-02/532.
32. Иллюстрированный определитель растений Казахстана / Под ред. В. П. Голоскокова. – Алма-Ата: Изд-во «Наука» Казахской ССР, 1969. – Т. 1. – 644 с.; –1972. – Т. 2. – 572 с.
33. Флора Казахстана / Под ред. Н. В. Павлова. – Алма-Ата: Изд-во АН Казахской ССР, 1956. – Т. 1. – 354 с.; 1958. – Т. 2. – 292 с.; 1960. – Т. 3. – 460 с.; 1961. – Т. 4. – 548 с.; 1961. – Т. 5. – 515 с.; 1963. – Т. 6. – 465 с.; 1964. – Т. 7. – 497 с.; 1965. – Т. 8. – 447 с.; 1966. – Т. 9. – 640 с.
34. Плантариум: открытый онлайн атлас-определитель растений и лишайников России и сопредельных стран. 2007-2020. – <http://www.plantarium.ru/>
35. The Plant List. 2013. Version 1.1. – <http://www.theplantlist.org/>

36. Димеева Л.А., Кузнецов Л.А. Флора приморской полосы Аральского моря // Бот. журнал. – 1999 – № 4. (Т.84). – С. 39-52.
37. Димеева Л.А., Алимбетова З.Ж. Анализ флоры заповедника «Барсакельмес» // Тр. Барсакельмесского государственного природного заповедника. – 2007. – Вып.2. – С. 10-34.
38. Саидов Д.К. (ред.) Адаптация кормовых растений к условиям аридной зоны Узбекистана. – Ташкент: Фан, 1983. – 304 с.

References

1. Dimeyeva, L.A., Ishida, N., Alimbetova, Z.J., Satekeev, G.K. "Sozdanie zaschitnykh lesonasajdeniy na solonchakovykh pustoshah Aralskogo poberejya. Materialy nauchno-prakt. konf. «Mejdunarodnyiy fond spaseniya Arala – 20 let na puti sotrudnichestva» [Establishment of forest plantations in saline bare lands of the Aral Sea coast." *Proceedings of Scientific-applied conf. "International Fund for saving Aral Sea – 20 years in a way of collaboration"*]. (2013): 145-151.
2. Dimeyeva, L.A., Ishida, N., Alimbetova, Z.J., Satekeev, G. "Opyit sozdaniya zaschitnykh lesonasajdeniy v poselkakh Priaralya. Sbornik materialov VII Mejdunar. nauchno-prakt. konf. «Problemyi ratsionalnogo ispolzovaniya i ohrana prirodnykh resursov YU-jnogo Priaralya» [Experience on creating protective forest stands in the Aral Sea villages." *Proceedings of VII International Scientific-applied conf. "Problems of rational use and conservation of Natural recourses in Southern Aral Region. 2* (2018): 79-80.
3. Omarbekova, A., Ahmetkerimova, G. "Opyit leso i fitomelioratsii i zakrepleniya peskov pri rekultivatsii narushennykh zemel v Kazahstane. Izdenister, natijeler. Issledovaniya, rezultaty [Experience of forest and phytomelioration and fixation of sands on reclamation of dirturbed lands in Kazakhstan]" *Research, results. 3* (2013): 133-137.
4. Bultekov, N.U., Murtazin, E.J., Semenov, O.E., Shapov, A.P. Podvijnnye peski Kyzyilkoginskogo rayona Atyrauskoj oblasti i borba s nimi. Materialy mejd. nauchno-prakt. konf. «Opustynivanie Tsentralnoj Azii: otsenka, prognoz, upravlenie [Moving sands of the Kyzylkoginsky district of Atyrau region and combat against them. *Proceedings of International Scientific-applied conf. "Desertification of Central Asia: Assessment, forecast management*]. (2014): 127-135.
5. Babayev, A.G., et al. *Principles and Methods of shifting sands fixation*. United Nations Environment Program: USSR Commission for UNEP, 1986.
6. Lazareva, V.G., Bananova, V.A. Dinamika antropogennogo opustynivaniya aridnykh landshaftov Rossiyskogo Prikaspiya [Dynamics of anthropogenic desertification of arid landscapes of the Russian Caspian region]. Elista: KalmGU, 2014.
7. Mirahmedov, M. Osnovyi metodologii organizatsii peskozakreplitelnykh rabot i zaschita prirodno-tehnicheskikh obyektov ot peschanykh zanosov [Basis for sand fixing methodology and protection of natural and technical objects from sand drifts]. Tashkent: Fan, 2008.
8. Aiban, S.A. "A study of sand stabilization in eastern Saudi Arabia." *Engineering Geology. (38)* 1-2. (1994): 65- 79.
9. Orenco, D., Herrmann, H.J. "Vegetation against dune mobility." *Physical review letters. (2006)*. [https://doi: 10.1103/PhysRevLett.97.188001](https://doi.org/10.1103/PhysRevLett.97.188001)/ arXiv:cond-mat/0609277v1
8. Li, Shou-Li, Yu, Fei-Hai, Werger, M.J.A., Ming, Dong, During, Heinjo, J., Zuidema, P.A. "Mobile dune fixation by a fast-growing clonal plant: A full life-cycle analysis." *Scientific reports. 5* (8935) (2015). [https://doi: 10.1038/srep08935](https://doi.org/10.1038/srep08935)
9. Yu, F.H., Dong, M., Krusi, B. "Clonal integration helps Psammochloa villosa survive sand burial in an inland dune". *New Phytol. 162* (2004): 697–704. [https://doi: 10.1111/j.1469-8137.2004.01073.x](https://doi.org/10.1111/j.1469-8137.2004.01073.x)
10. Li, S.-L., Yu, F.-H., Werger, M. J. A., Dong, M., Zuidema, P.A. "Habitat-specific demography across dune fixation stages in a semi-arid sandland: understanding the expansion, stabilization and decline of a dominant shrub." *J. Ecol. 99* (2011): 610–620. [https://doi: 10.1111/j.1365-2745.2010.01777.x](https://doi.org/10.1111/j.1365-2745.2010.01777.x)
11. Li, S.-L., Werger, M. J. A., Zuidema, P. A., Yu, F.-H., Dong, M. "Seedlings of the semi-shrub Artemisia ordosica are resistant to moderate wind denudation and sand burial in Mu Us sandland, China." *Tree-Struct. Funct. 24* (2010): 515–52. [https://doi:10.1007/s00468-010-0422-0](https://doi.org/10.1007/s00468-010-0422-0)
12. Dong, M., Qiao, J., Ye, X., Liu, G., Yu, C. "Plant functional types across dune fixation stages in the chinese steppe zone and their applicability for restoration of the desertified land". In: *Eurasian Steppes: Ecological Problems and Livelihoods in a Changing World*, edited by Marinus J.A. Werger, Marja A. Van Staalduin, 321-334. Springer, 2012.
13. Fayzulloev, F. Posadka saksaula dlya stabilizatsii peschanykh pochv Tadjikistana [Saxaul planting to stabilize Tajikistan's sandy soils]. Wocat, 2017. <http://cawater-info.net/>
14. Rodin, A.R., Rodin, S.A. Lesomelioratsiya landshaftov. Uchebnik dlya vuzov [Forest reclamation of landscapes. Textbook for high school]. M.: MGUL, 2005.
15. Mattis, G.Y.A., Pavlovskiy, E.S., Kalashnikov, A.F. Spravochnik agrolesomelioratora [Agroforestry Directory]. M.: Forest Industry, 1984.
16. Ivaschenko, N.N., Lebedev, E.V., Hramova, O.YU., Ornatskiy, A.N., Lapshin, D.A. Lesomelioratsiya landshaftov: Uchebno-metodicheskoe posobie dlya vyipolneniya kursovoy raboty dlya studentov ochnoy i zaочноy form obucheniya fakulteta lesnogo hozyaystva po napravleniyu podgotovki 25020165 – lesnoe delo [Forest reclamation of landscapes: a training manual for coursework for full-time and part-time students of the Faculty of Forestry in the direction 25020165 – forestry]. Nijniy Novgorod, 2010.
17. Rodin, A.R. Lesnyie kultury: uchebnik [Forest crops: a textbook]. M.: MGUL, 2005.
18. Gael, A.G. Oblesenie bugristykh peskov Priaralya [Afforestation of the hilly sands of the Aral Sea]. M.: AS USSR Publ. House, 1951.

19. Gael, A.G. “Rezultaty obleseniya sosnoy Aralo-Kaspiyskih peskov i perspektivyi sozdaniya meliorativnykh nasajdeniy saksaula na polyinnykh pastbischah [The results of pine afforestation in the Aral-Caspian sands and the prospects for the creation of ameliorative plantations of saxaul in wormwood rangelands]”. *Problems of desert development*. 1 (1975): 73-78.
20. Wucherer, W., Breckle, S.-W., Kaverin, V.S., Dimeyeva, L.A., Zhamantikov, K. “Phytomelioration in the Northern Aralkum.” In: *Aralkum – a Man-Made Desert*, edited by Breckle S.-W., Wucherer W., Dimeyeva L.A. and N.P. Ogar, 343- 386. Springer Heidelberg Dordrecht London New York, 2012.
21. Novitskiy, Z.B. “Phytomelioration in the Southern Aralkum.” In: *Aralkum – a Man-Made Desert*, edited by Breckle, S.-W., Wucherer, W., Dimeyeva, L.A. and N.P. Ogar, 387-406. Springer Heidelberg Dordrecht London New York, 2012.
22. Mukanov, B.M., Kaverin, V.S. “Oblesenie pustyini «Aralkum» – vajnoe meropriyatie ekologicheskogo ozdorovleniya Priaralya. Mat. Mejdunar. nauchno-prakt. konf. «Sohranenie bioraznobraziya i perspektivyi ustoychivogo razvitiya Priaralya i Barsakelmesskogo zapovednika [Afforestation of “Aralkum” Desert – an important event of ecological recovery of the Aral Sea region. *Proceedings of Int. scientific and practical. conf. “Conservation of biodiversity and prospects for sustainable development of the Aral Sea region and Barsakelmes nature reserve*].” Aral, 2014. 123 -124.
23. Baytuln, I.O. Kornevaya sistema rasteniy aridnoy zonyi Kazahstana [*Root systems of plants in arid zone of Kazakhstan*]. Alma-Ata: Science AS KazSSR, 1979.
24. Satekeev, G.K., Dimeyeva, L.A. Metodicheskie rekomendatsii po kompleksnomu zakrepleniyu podvijnykh peskov vokrugh naselennykh punktov v pustyinnykh zonah Kazahstana (na primere sela Aralkum) [*Guidelines for the integrated fixing of moving sands around settlements in the desert zones of Kazakhstan (Aralkum village as an example)*]. Aralsk, 2017.
25. Veysov, S.K., Hamraev, G.O. “Primenenie kombinirovannykh metodov zashchityi injenernykh soobrujeniy ot deflyatsionnykh protsessov. Materialy mejd. nauchno-prakt. konf. «Opustyinivanie Tsentralnoy Azii: otsenka, prognoz, upravlenie [The use of combined methods for protecting engineering structures from deflationary processes. *Proceedings of International Scientific-applied conf. “Desertification of Central Asia: Assessment, forecast management*].” (2014): 149-156.
26. Kaverin, V.S., Koltunov, A.A., Solovev, V.A., Salimov, A.B., Cherevatenko, V.P. Vremennyye rekomendatsii po assortimentu porod i tehnologiyi sozdaniya meliorativnykh nasajdeniy po osushennom dne Aralskogo morya (Kazahstanskaya chast) [*Temporary recommendations on the assortment of plants and technologies for creating ameliorative plantations on the dry seabed of the Aral Sea (Kazakhstan part)*]. Almaty: KazIAF, 1994.
27. GOST 3317-77. Seyantsyi derevev i kustarnikov. Gosstandart SM SSSR [*Seedlings of trees and shrubs. State standart SM USSR*]. M., 1977.
28. Saidov, D.K., Momotov, I.F., Alimjanov, A.G. Instruktsiya po fitomelioratsii pastbisch YUgo-Zapadnogo Kyziylkuma [*Instructions for phytomelioration of rangelands of South-Western Kyzylkum desert*]. Tashkent: Fan, 1972.
29. Kurochkina, L.Ya., Osmanova, L.T., Karibaeva, K.N. Kormovyye rasteniya Kazahstana [*Forage plants of Kazakhstan*]. Alma-Ata: Kaynar, 1986.
30. Ibragimov, T.S., Abdraimov, J.S., Sartaev, A.E. Sorta aridnykh kultur, rekomenduemye v proizvodstvo dlya yugo-zapadnykh regionov Kazahstana [*Varieties of arid crops recommended for production in the southwestern regions of Kazakhstan*]. Shymkent: YUZNIIJR, 2010.
31. Prikaz MSH RK ot 19 oktyabrya 2012 goda № 17-02/532. Ob utverzhenii Pravil provedeniya inventarizatsii lesnykh kultur, pitomnikov, ploschadey s provedennyimi merami sodeystviya estestvennomu vozobnovleniyu lesa i ostavlennykh pod estestvennoe zaraschivanie v gosudarstvennom lesnom fonde. [Order of the Ministry of Agriculture of the Republic of Kazakhstan. October 19, 2012 No. 17-02 / 532. *On approval of the Rules for conducting an inventory of forest crops, nurseries, areas with measures taken to promote natural regeneration of the forest and left under natural growth in the state forest fund*].
32. Goloskokov, V.P., et al. Illyustrirovannyiy opredelitel rasteniy Kazahstana [*Illustrated identifier of plants of Kazakhstan*]. Alma-Ata: Nauka KazSSR. 1 (1969), 2 (1972).
33. Pavlov, N.V., et al. Flora Kazahstana [*Flora of Kazakhstan*]. Alma-Ata: AS KazSSR. 1-9 (1956-1966).
34. Plantarium: otkrytiy onlayn atlas-opredelitel rasteniy i lishaynikov Rossii i sopredelnykh stran [Plantarium: open online atlas identifier of plants and lichens in Russia and neighboring countries]. 2007—2020. <http://www.plantarium.ru/>
35. The Plant List. 2013. Version 1.1. <http://www.theplantlist.org/>
36. Dimeyeva, L.A., Kuznetsov, L.A. “Flora primorskoy polosyi Aralskogo moraya [Flora of the Aral Sea coast]”. *Bot. journal*. 4 (84) 1999: 39-52.
37. Dimeyeva, L.A., Alimbetova, Z.Zh. “Analiz floryi zapovednika «Barsakelmes». Tr. Barsakelmesskogo gosudarstvennogo prirodnogo zapovednika [Analysis of flora of Barsakelmes Nature reserve. *Proceedings of Nature reserve Barsakelmes*].” 2 (2007): 10-34.
38. Saidov, D.K., et al. Adaptatsiya kormovykh rasteniy k usloviyam aridnoy zonyi Uzbekistana [*Adaptation of fodder plants to the conditions of the arid zone of Uzbekistan*]. Tashkent: Fan, 1983.

2-бөлім

**ҚОРШАҒАН ОРТА ЛАСТАУШЫЛАРЫНЫҢ
БИОТАҒА ЖӘНЕ ТҰРҒЫНДАР ДЕНСАУЛЫҒЫНА
ӘСЕРІН БАҒАЛАУ**

Section 2

**ASSESSMENT OF ENVIRONMENTAL
POLLUTION ON BIOTA AND HEALTH**

Раздел 2

**ОЦЕНКА ДЕЙСТВИЯ
ЗАГРЯЗНИТЕЛЕЙ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ
НА БИОТУ И ЗДОРОВЬЕ НАСЕЛЕНИЯ**

**М.Д. Алмежанова^{1,2*}, К.А. Шораева¹, А.А. Тлепов², Н.Т. Туменбаева²,
Н.Н. Мухами¹, К.Д. Закарья¹, К.Т. Султанкулова¹**

¹Научно-исследовательский институт проблем биологической безопасности,
Казахстан, пгт. Гвардейский

²Таразский государственный университет им. М.Х. Дулати,
Казахстан, г. Тараз, e-mail: meirima_89@mail.ru

ПОДБОР И ОПТИМИЗАЦИЯ КОМПОНЕНТНОГО СОСТАВА ТЕСТ-СИСТЕМЫ ДЛЯ ЛАБОРАТОРНОЙ ДИАГНОСТИКИ НОДУЛЯРНОГО ДЕРМАТИТА МЕТОДОМ ПЦР

Актуальным направлением ветеринарной диагностики является разработка диагностических тест-систем для выявления возбудителей инфекций, что позволит поддерживать благоприятную экологическую обстановку окружающей среды. Взаимодействие человеческого общества и природы стало одной из важнейших проблем современности. На пути решения экологических проблем учеными мира разрабатываются разные методы борьбы и профилактики инфекционных заболеваний. Разработка отечественной тест-системы для лабораторной диагностики нодулярного дерматита крупного рогатого скота (НД КРС) с применением современных молекулярно-генетических методов является значимой задачей, которая позволит выявить дезоксирибонуклеиновую кислоту (ДНК) вируса НД быстро и точно на ранних стадиях заболевания. Целью нашего исследования является подбор и оптимизация компонентного состава тест-системы для лабораторной диагностики нодулярного дерматита методом полимеразной цепной реакции (ПЦР). В статье представлены результаты работ по подбору и оптимизации компонентного состава тест-системы и отработке температурно-временного режима метода ПЦР. В ходе эксперимента проводились работы по оптимизированию концентраций основных компонентов реакционной смеси – праймеров, дНТФ, MgCl₂, а также Taq ДНК-полимеразы. По полученным экспериментальным данным для наработки специфического продукта нодулярного дерматита достаточно 0,25 мкл (5 ед/мкл) Taq ДНК-полимеразы, по 1 мкл (20 пмоль) праймеров, 25 мМ MgCl₂ – 2 мкл и смеси дНТФ (10 мМ) – 1 мкл в объеме 25 мкл для постановки ПЦР с отработанным температурно-временным режимом. В результате проведенных исследований впервые в Республике Казахстан отработаны условия постановки ПЦР, позволяющие идентифицировать вирус нодулярного дерматита КРС. На основе полученных результатов в ветеринарной практике республики будет создана тест-система для диагностики нодулярного дерматита на основе ПЦР.

Ключевые слова: нодулярный дерматит, полимеразная цепная реакция, тест-система, диагностика, окружающая среда.

M.D. Almezhanova^{1,2*}, K.A. Shorayeva¹, A.A. Tlepov², N.T. Tumenbayeva²,
N.N. Mukhami¹, K.D. Zakarya¹, K.T. Sultankulova¹

¹Research Institute for Biological Safety Problems, Kazakhstan, Gvardeyskiy

²Taraz State University named after M.Kh. Dulati, Kazakhstan, Taraz, e-mail: meirima_89@mail.ru

Design and optimization of the test-system component composition for laboratory diagnosing of lumpy skin disease by PCR

The actual direction of veterinary diagnostics is the development of diagnostic test systems for the detection of infectious agents, which will help maintain a favorable ecological environment. The interaction of human society and nature has become one of the most important problems of our time. On the way of solving environmental problems, the world scientists are developing different methods of combating and preventing infectious diseases.

The actual direction of veterinary diagnostics is the development of diagnostic test-systems for identifying infectious agents. The development of a domestic test-system for laboratory diagnosing lumpy skin disease of cattle (LSD) using modern molecular-genetic methods is the most important task that will allow detecting deoxyribonucleic acid (DNA) of LSD virus quickly and accurately in the disease early stages. The aim of study is the design and optimization of the test-system component composition for

laboratory diagnosing LSD by polymerase chain reaction (PCR). The given article presents the results of the design and optimization of the test-system component composition and working out the temperature and time regime of the PCR.

During the experiment was optimized the concentrations of the reaction mixture main components – primers, dNTPs, $MgCl_2$, and Taq DNA polymerase. According to the obtained experimental data, 0,25 μl (5 units/ μl) of Taq DNA polymerase, 1 μl (20 pmol) of primers, 25 mM $MgCl_2$ – 2 μl and dNTPs Mix (10 mM) – 1 μl are enough to produce a specific product of LSD in a volume of 25 μl for PCR with the processed temperature and time regime.

As a result of the conducted studies, for the first time in the Republic of Kazakhstan have been processed the PCR conditions to identify the LSD virus.

Based on the results obtained will be created a test-system in the veterinary practice of the Republic for the diagnosing LSD based by PCR.

Key words: lumpy skin disease, polymerase chain reaction, test-system, diagnosis, environment.

М.Д. Алмежанова^{1,2*}, К.А. Шораева¹, А.А. Тлепов², Н.Т. Түменбаева²,
Н.Н. Мухами¹, К.Д. Закарья¹, К.Т. Султанкулова¹

¹ Биологиялық қауіпсіздік проблемаларының ғылыми-зерттеу институты, Қазақстан, Гвардейск қтк.

²М.Х. Дулати атындағы Тараз мемлекеттік университеті, Қазақстан, Тараз қ., e-mail: meirima_89@mail.ru

ПТР әдісі арқылы нодулярлық дерматит ауруын зертханалық балауға арналған сынақ-жүйесінің компоненттік құрамын таңдау және оңтайландыру

Инфекциялардың қоздырғыштарын анықтауға арналған диагностикалық сынақ-жүйелерін әзірлеу – қоршаған ортаның қолайлы экологиялық жағдайын қолдауға мүмкіндік беретін ветеринариялық диагностиканың нақты бағыты. Адамзат қоғамы мен табиғаттың өзара әрекеті қазіргі заманның маңызды проблемаларының бірі болып табылады. Экологиялық мәселелерді шешу жолында әлемнің ғалымдары инфекциялық аурулардың алдын алу және күресудің түрлі әдістерін әзірлеуде. Қазіргі заманғы молекулалық және генетикалық әдістерді қолдана отырып, нодулярлық дерматит вирусының дезоксирибонуклеотидті қышқылын (ДНҚ) аурудың ерте сатысында тез және дәл анықтауға мүмкіндік беретін ірі қара малдың (ІҚМ) нодулярлық дерматит ауруын (НД) зертханалық балауға арналған отандық сынақ-жүйесін әзірлеу маңызды міндет болып табылады. Зерттеудің мақсаты – полимеразды тізбекті реакция (ПТР) арқылы нодулярлық дерматит ауруын зертханалық балауға арналған сынақ-жүйесінің компоненттік құрамын таңдау және оңтайландыру. Мақалада сынақ-жүйенің компоненттік құрамын таңдау мен оңтайландыру және ПТР әдісінің температуралық және уақыттық режимін өңдеу нәтижелері келтірілген.

Тәжірибе барысында реакциялық қоспаның негізгі компоненттері – праймерлердің, дНТФ, $MgCl_2$, сондай-ақ, Тақ ДНҚ полимеразаның концентрацияларын оңтайландыру бойынша зерттеу жұмыстары жүргізілді. Алынған тәжірибелік мәліметтерге сәйкес, 25 мкл көлемін құрайтын 0,25 мкл (5 бірлік/мкл) Тақ ДНҚ полимеразы, 1 мкл-ден (20 пмоль) праймерлер, 2 мкл 25 mM $MgCl_2$ және 1 мкл дНТФ қоспасы (10 mM) ПТР қою үшін оңтайландырылған температуралық және уақыттық режимдік параметрлерімен нодулярлық дерматиттің ерекше бір өнімін алуға жеткілікті екендігі анықталды.

Жүргізілген зерттеулер нәтижесінде Қазақстан Республикасында алғаш рет ІҚМ нодулярлық дерматит вирусын сәйкестендіруге мүмкіндік беретін ПТР қою шарттары пысықталды.

Алынған нәтижелер негізінде республиканың ветеринариялық практикасында ПТР негізінде нодулярлық дерматиттің диагностикалауға арналған сынақ-жүйе құрылатын болады.

Түйін сөздер: нодулярлық дерматит, полимеразды тізбекті реакция, сынақ-жүйе, диагностика.

Введение

Нодулярный дерматит крупного рогатого скота (НД КРС) является вирусной высококонтагиозной трансграничной болезнью крупного рогатого скота, которая сопровождается лихорадкой, образованием некротизирующихся кожных узлов (бугорков), генерализованным лимфаденитом, вызывает отеки конечностей, поражает глаза и слизистые оболочки органов дыхания, репродукции и процесса переваривания

пищи. Возбудитель болезни – вирус, который содержит ДНК семейства *Poxviridae* рода *Capripoxvirus* группы Neethling. Вирус НД антигенно близок с вирусами оспы овец и коз. Вирионы вируса Neethling идентичны по морфологическим свойствам вирусу оспы овец, которые имеют круглую форму с двойной оболочкой и плотной сердцевинной [1-4]. По данным Кодекса здоровья наземных животных МЭБ 2016, только крупный рогатый скот и азиатские буйволы подвержены заболеванию нодулярным дерматитом [5, 6].

За последние несколько лет из-за расширения торговых отношений и вследствие действия природных факторов каприпоксвирусы стали массово распространяться в северных регионах стран Ближнего Востока, Европы, Турции и России [7]. В настоящее время вирус нодулярного дерматита крупного рогатого скота считается наиболее опасным. Важно отметить, этот вирус не обошел стороной и Республику Казахстан. Впервые вспышки вируса нодулярного дерматита были зарегистрированы в 2016 году в Атырауской области Республики Казахстан [8]. Источник возбудителя (вирусоносители) – животные, которые болеют данным заболеванием, а также переболевшие и латентно инфицированные [9].

Диагностирование нодулярного дерматита крупного рогатого скота является острой проблемой в Республике Казахстан. Экстренная и достоверная диагностика с помощью метода ПЦР, а также быстрое осуществление мер контроля очень важны для своевременной профилактики и предотвращения распространения НД КРС на территории страны. Самым наиболее современным и достоверным методом диагностики на сегодняшний день является полимеразная цепная реакция.

Лабораторное подтверждение НД КРС в районе или области, где подозрение на заболевание возникает впервые, предусматривает выделение вируса на культуре клеток [10] или положительный результат в ПЦР на наличие ДНК вируса НД [11]. Исходя из литературных данных, для диагностики разработаны как классическая ПЦР [12, 13], так и количественная ПЦР в режиме реального времени [14, 15], которые по сравнению с другими методами, такими, как ИФА, электронная микроскопия и вирусовыделение, имеют очевидное преимущество по доступности, чувствительности и специфичности [16].

Тяжелые случаи НД легко распознать, поскольку они сопровождаются весьма характерными признаками. Но на ранних стадиях инфекции и при легких формах заболевания требуется лабораторное подтверждение с помощью ПЦР – так можно оперативно и надежно определить заболевание.

На сегодняшний день ПЦР-анализ остается наиболее распространенной и динамично развивающейся технологией. Ежегодно как за рубежом, так и в стране разрабатываются и внедряются в практику ПЦР тест-системы, предназначенные для выявления возбудителей различных заболеваний. Для разработки качественной тест-системы необходимы работы по

анализу нуклеотидных последовательностей целевых генов нодулярного дерматита КРС, подбору праймеров, отработке и подбору оптимальных условий постановки метода ПЦР.

В связи с этим, целью нашего исследования являлось, подбор и оптимизация компонентного состава тест-системы для лабораторной диагностики нодулярного дерматита методом ПЦР.

Материалы и методики

Для проведения оптимизации параметров постановки ПЦР в работе были использованы в качестве положительного контроля плазмидная ДНК фрагмента гена штамма «Dermatitis nodulares/Atyray/KZ/2016» вируса нодулярного дерматита (347 п.о.), в качестве отрицательного контроля – деионизированная вода; две пары праймеров LSDV-1-f и LSDV-1-r, LSDV-2-f и LSDV-2-r; термостабильная ДНК-полимераза – фермент, который катализирует реакцию полимеризации ДНК. Полимераза для использования в ПЦР должна сохранять активность при высокой температуре длительное время, поэтому используют ферменты, выделенные из термофилов – *Thermal aquaticus* (Taq ДНК-полимераза); смесь дНТФ; ионы Mg^{2+} – необходимые для работы полимеразы; $\times 10$ ПЦР-буфер, обеспечивающий необходимые условия реакции.

Приготовление положительного контроля. Для получения положительного контроля, используемого при диагностике нодулярного дерматита, проводили лигирование (вставка ПЦР-продукта в состав вектора) наработанного ПЦР-продукта и вектора pGEM-T (из набора pGEM-T Vector; Promega) согласно протоколу производителя. Трансформировали ранее полученную лигирующую смесь в компетентные клетки *E. coli* штамм Top10. Далее проводили селективный отбор колонии с корректными вставками. Приготовили ночную культуру из отобранных колонии. На последнем этапе была выделена плазмидная ДНК.

Выделение ДНК. Образцы исследуемого биологического материала мелко нарезают с помощью скальпеля и помещают в ступки с песком. Материал растирают до образования однородной массы и добавляют физиологический раствор для получения 20 %-ной суспензии (вес/объем). Далее выделение вирусной ДНК проводили по методике с использованием сорбента.

Для этого на 450 мкл лизирующего буфера (рН 6,5) добавили 100 мкл образца, вортиксировали в течение 15 с, затем инкубировали 10 мин

при комнатной температуре. Далее добавили 450 мкл изопропанола и 5 мкл сорбента (перед добавлением сорбента тщательно перемешали), вортиксировали 15 с, затем инкубировали 10 мин при комнатной температуре. Центрифугировали при максимальной скорости 1 мин. Удалили супернатант с помощью наконечника, а осадок промыли 500 мкл промывочным буфером (pH 6,5), вортиксировали 15 с, затем поставили на центрифугирование при максимальной скорости 30 с (промывку проводили 2 раза). Супернатант аккуратно удалили с помощью наконечника и промыли осадок 500 мкл 75 % этанолом, вортиксировали 15 с, затем центрифугировали при максимальной скорости 30 с. Супернатант удалили с помощью наконечника, осадок сушили при 56 °C в течение 10-15 мин до полного высушивания. Элюция: добавили 50 мкл деионизированной воды, инкубировали при 56 °C в течение 10 мин, вортиксировали 10 с, центрифугировали при максимальной скорости 1 мин. Надосадок – ДНК перенесли в чистую пробирку. Чистоту полученных препаратов ДНК проверяли на аппарате Nanodrop/2000 по отношению оптических плотностей при длинах волны 260 нм и 280 нм (E260/E280).

Конструирование и синтез праймеров. Анализ последовательностей генома вируса НД КРС проведен в базе данных NCBI, для подбора специфичных праймеров был выбран ген GPCR, кодирующий хемокиновый рецептор.

Поиск и отбор нуклеотидных последовательностей сегментов нодулярного дерматита КРС проведен в международной базе данных GenBank. Анализ нуклеотидных последовательностей генов или их отдельных фрагментов осуществлены с помощью компьютерной программы Vector NTI Suite 9. При выборе праймеров использованы следующие требования: длина праймеров 17-28 н.; процентное содержание G+C пар – 40-60; избегать залипания праймеров самого на себя; образования димеров; температура плавления в пределах 52-59 °C.

Конструированные праймеры были синтезированы на синтезаторе олигонуклеотидов Synthesizer H-16 (производство Германия) согласно инструкции, прилагаемой к прибору [17].

Проведение ПЦР. Для амплификации ДНК вируса нодулярного дерматита использовали реакционную смесь объемом 25 мкл, состоящую из Taq ДНК полимеразы – 0,25 мкл (5 ед/мкл); ×10 ПЦР-буфер – 2,5 мкл; специфические праймеры (20 пМ) LSDV-2-F-5'-ATGATGGTGTGGATACT-3' и LSDV-2-R-

5'-GGCATTGATTTTACTGGG-3' – по 1 мкл каждого; смесь дНТФ (10 мМ) – 1 мкл; 25 мМ раствор хлорида магния – 2 мкл; ДНК – 3 мкл; деионизированная вода – 14,25 мкл. Нарботка ПЦР продуктов проведена в термоциклере GeneAmp PCR System 9700 (Applied Biosystems, США) согласно следующему режиму амплификации: 94 °C – 3 мин, 35 циклов, 94 °C – 20 сек, 59 °C – 20 сек, 72 °C – 40 сек и 72 °C – 7 мин, 4°C – хранение.

Электрофоретический анализ продуктов амплификации ДНК. Электрофорез продуктов амплификации ДНК вируса нодулярного дерматита проводили в аппарате для горизонтального электрофореза «G-100», фирмы «Pharmacia». Для электрофореза использовали 1,5 % раствор агарозы в ТАЕ-буфере. Документирование полученных результатов проводили при помощи фотографирования гелей, в гель документирующей системе «BioRad». В качестве маркера молекулярных масс использовали «DNA Ladder 1kb» фирмы «Qiagen».

Результаты и обсуждение

От концентрации и качества 5 основных компонентов реакционной смеси (ДНК-матрица, Taq ДНК-полимераза, праймеры, смесь дНТФ и ионы Mg²⁺) и температурного режима ПЦР зависит специфичность, чувствительность метода ПЦР, а также количество амплифицируемой ДНК.

Подбор и оптимизация концентрации праймеров. Авторами ранее были проведены работы по подбору праймеров для диагностики нодулярного дерматита крупного рогатого скота [17]. Подбор праймеров проводили с использованием программы Vector NTI для проведения диагностики нодулярного дерматита КРС. В ходе экспериментов были подобраны две пары праймеров: LSDV-1-f и LSDV-1-r, LSDV-2-f и LSDV-2-r.

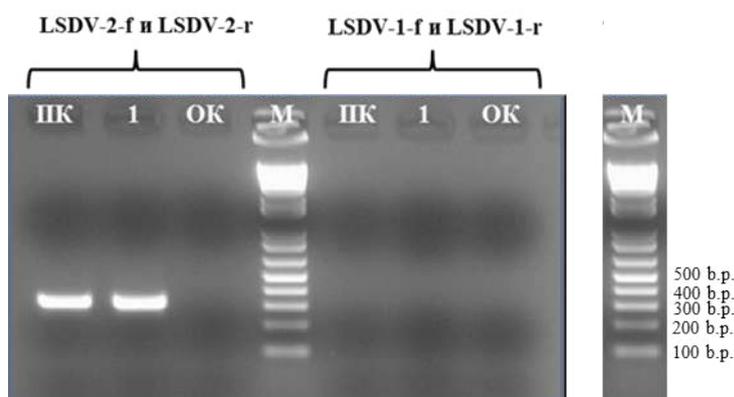
Характеристика специфичных олигонуклеотидных праймеров для обнаружения гена вируса нодулярного дерматита КРС представлена в таблице 1.

При проведении ПЦР очень важно правильно подобрать температуру отжига праймеров. С увеличением температуры отжига начинает повышаться специфичность ПЦР-продукта. На основании выбранных в процессе экспериментов оптимальных параметров компонентного состава ПЦР смеси и температурно-временного режима для всех стадий амплификации были получены следующие результаты (рисунок 1):

Таблица 1 – Основные характеристики специфических праймеров для постановки ПЦР на ген вируса нодулярного дерматита КРС

Название праймеров	Последовательность	Температура плавления, °	Содержание GC, %	Размер продукта, п.о.
LSDV 1F	GGAGTTTAGGAGATTGTTTG	54,3	40	132
LSDV 1R	GCATTGATTTTACTGGGTGA	54,5	40	
LSDV 2F	GATGATGGTGTGGATACT	53,2	44	347
LSDV 2R	GGCATTGATTTTACTGGG	52,8	44	

Примечание: п.о. – пар оснований



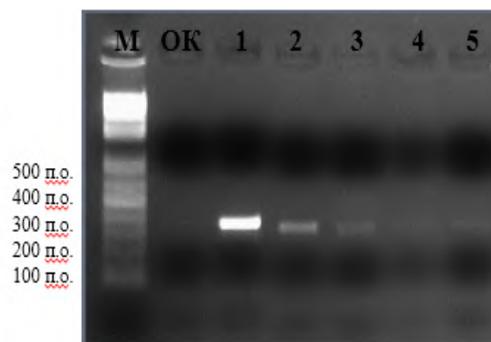
М – маркер «DNA Ladder 1kb», фирмы «Qiagen»; ПК – положительный контроль – плазмидная ДНК фрагмента гена штамма «Dermatitis nodulares/Atyray/KZ/2016» вируса нодулярного дерматита (347 п.о.); ОК – отрицательный контроль – H₂O; 1 – ДНК вируса нодулярного дерматита

Рисунок 1 – Электрофореграмма продуктов амплификации при использовании праймеров LSDV-1-f и LSDV-1-r, LSDV-2-f и LSDV-2-r

Амплифицированные пробы анализированы в 1,5% агарозном геле с использованием ТАЕ-буфера. Как видно из рисунка 1, при постановке ПЦР с использованием олигонуклеотидных праймеров LSDV-1-f и LSDV-1-r были получены отрицательные результаты, тогда как с помощью праймеров LSDV-2-f и LSDV-2-r получены ПЦР продукты с ожидаемым размером 347 п.о. [17].

Полученные синтезированные праймеры разводили до концентрации 20 пмоль и использовали для отработки постановки ПЦР при диагностике вируса нодулярного дерматита.

Исследования по подбору оптимального расхода праймеров методом ПЦР показали следующие результаты, которые представлены на рисунке 2.



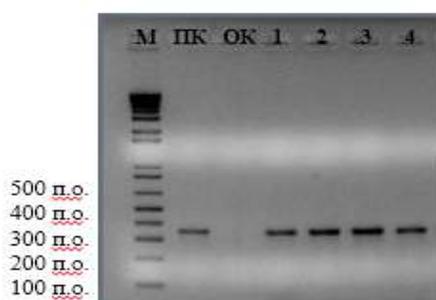
М – маркер «DNA Ladder 1kb», фирмы «Qiagen»; ОК – отрицательный контроль – H₂O; 1 – 20 пмоль; 2 – 15 пмоль; 3 – 10 пмоль; 4 – 5 пмоль

Рисунок 2 – Электрофореграмма оптимизации концентрации праймеров в реакционной смеси при идентификации ДНК вируса нодулярного дерматита методом ПЦР

По представленным результатам рисунка 2 можно увидеть, что на выход ПЦР продукта влияет использование праймеров в концентрациях от 5 пмоль до 20 пмоль. С повышением концентрации праймеров увеличивается выход и интенсивность амплифицированного фрагмента.

Оптимизация концентрации смеси дНТФ

Также провели эксперименты по определению оптимального расхода дНТФ на одну реакцию методом ПЦР. Результаты, подтверждающие проведенные исследования, представлены на рисунке 3.



М – маркер «DNA Ladder 1kb», фирмы «Qiagen»; ПК – положительный контроль – плазмидная ДНК фрагмента гена штамма «Dermatitis nodulares/Atygray/KZ/2016» вируса нодулярного дерматита (347 п.о.); ОК – отрицательный контроль – H₂O; 1 – 5 мМ дНТФ; 2 – 10 мМ дНТФ; 3 – 15 мМ дНТФ; 4 – 20 мМ дНТФ

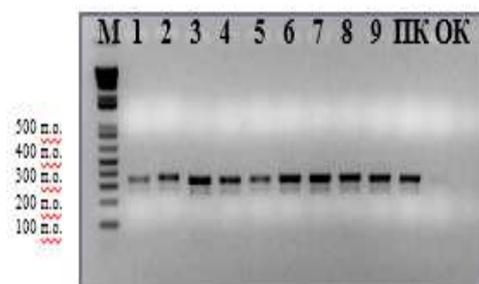
Рисунок 3 – Электрофореграмма оптимизации концентрации дНТФ в реакционной смеси при идентификации ДНК вируса нодулярного дерматита методом ПЦР

Как видно из рисунка 3, изменение концентрации дНТФ в пределах 5-20 мМ влияет на процесс амплификации. С повышением концентрации дНТФ в реакционной смеси происходит увеличение накапливаемого продукта амплификации. Для приготовления реакционных смесей в дальнейших экспериментах при проведении ПЦР использовали 10 мМ смеси дНТФ.

Оптимизация концентрации MgCl₂

Концентрация MgCl₂ влияет на отжиг праймеров и денатурацию образца. Изменение концентрации ионов Mg²⁺ может оказывать заметное влияние на эффективность и специфичность ПЦР. Рекомендованный интервал концентраций составляет 1-5 мМ. Если концентрация Mg²⁺ слишком мала, выход ПЦР продукта будет снижаться. С другой стороны, при высокой концентрации Mg²⁺ может наблюдаться появление не-

специфических продуктов и снижаться точность ПЦР [18, 19].



М – маркер «DNA Ladder 1kb», фирмы «Qiagen»; 1 – 1,0 мМ; 2 – 1,5 мМ; 3 – 2,0 мМ; 4 – 2,5 мМ; 5 – 3,0 мМ; 6 – 3,5 мМ; 7 – 4 мМ; 8 – 4,5 мМ; 9 – 5 мМ; ПК – положительный контроль – плазмидная ДНК фрагмента гена штамма «Dermatitis nodulares/Atygray/KZ/2016» вируса нодулярного дерматита (347 п.о.); ОК – отрицательный контроль – H₂O

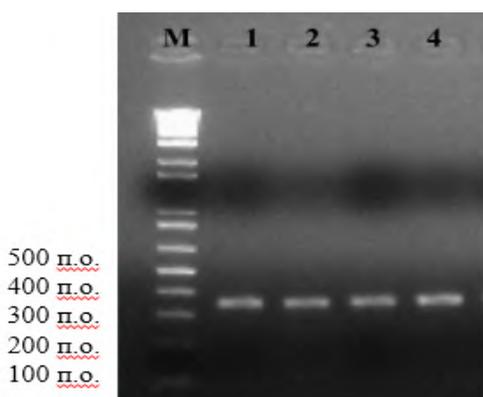
Рисунок 4 – Оптимизация концентрации MgCl₂ в реакционной смеси при обнаружении ДНК нодулярного дерматита методом ПЦР с праймерами LSDV-2-f и LSDV-2-r.

В результате проведенных работ по оптимизации концентрации MgCl₂ в реакционной смеси при обнаружении ДНК нодулярного дерматита методом ПЦР было установлено, что выход специфического ПЦР-продукта был выше при концентрации MgCl₂ начиная с 2,0 до 5,0 мМ (рис.4). Таким образом, оптимальной концентрацией MgCl₂ является 2,0 мМ. На основании полученных результатов при проведении ПЦР для приготовления реакционных смесей была использована концентрация соли 2,0 мМ.

Оптимизация концентрации Taq ДНК-полимеразы

При проведении ПЦР основную роль играет фермент Taq ДНК-полимераза. Концентрация фермента в реакции подбирается в зависимости от индивидуальной мишени (ДНК) или праймеров. Если концентрация фермента слишком высокая, то могут образовываться неспецифические продукты, а если слишком низкая, то образуется недостаточное количество амплификата.

Концентрация Taq ДНК-полимеразы влияет на выход конечного продукта. Нужно отметить, что в разрабатываемой тест-системе полимеразы является самым дорогим компонентом. Поэтому в наших экспериментах для диагностики нодулярного дерматита мы выбрали экономичный расход фермента – 0,25 ед. Результат исследования приведен на рисунке 5.



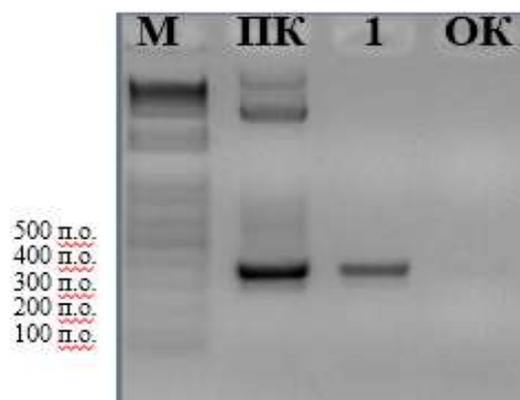
М – маркер «DNA Ladder 1kb», фирмы «Qiagen»;
1 – 0,25 ед; 2 – 0,5 ед; 3 – 1 ед; 4 – 1,5 ед;

Рисунок 5 – Электрофореграмма оптимизации концентрации Taq ДНК-полимеразы в реакционной смеси при идентификации ДНК вируса нодулярного дерматита методом ПЦР

На основании полученных экспериментальных данных для приготовления реакционных смесей в дальнейших экспериментах при проведении ПЦР использовали 0,25 ед. ДНК-полимеразы.

Подбор и отработка температурно-временного режима амплификации является очень важным и сложным моментом при разработке метода ПЦР. Температурный профиль амплифицируемого цикла соответствует трем последовательным стадиям ПЦР (денатурации матрицы при нагревании, отжигу праймеров с одноцепочечной матрицы и синтезу второй цепи с помощью термостабильной ДНК-полимеразы). Для каждой стадии подбирается своя определенная температура и время. В общем случае температура этапа денатурации обычно выбирается между 90-95 °С, отжига – между 40-60 °С, а достройки – между 70-75 °С [20].

В рамках проведенных нами работ по подбору температурно-временного режима для денатурации были использованы стандартные условия – 94 °С. Выбранный режим на первом же шаге гарантирует денатурацию матричной ДНК. Режим пре-денатурации был подобран при температуре 94 °С в течение 3 мин. Для температуры отжига использовали 59 °С. Нарботка ПЦР продуктов проведена в термоциклере GeneAmp PCR System 9700 (Applied Biosystems, США). Полученные пробы анализировали в 1,5 % агарозном геле, приготовленном на ТАЕ-буфере. Полученные результаты представлены на рисунке 6.



М – маркер «DNA Ladder 1kb», фирмы «Qiagen»;
ПК – положительный контроль – плазмидная ДНК фрагмента гена штамма «Dermatitis nodulares/Atyray/KZ/2016» вируса нодулярного дерматита (347 п.о.);
1 – ДНК вируса нодулярного дерматита;
ОК – отрицательный контроль – H₂O

Рисунок 6 – Электрофореграмма амплифицированной ДНК вируса нодулярного дерматита

Таким образом, на основании подобранных температурно-временных параметров амплификации был выбран следующий режим для проведения ПЦР:

пре-денатурация: 94 °С – 3 мин
денатурация: 94 °С – 20 сек
отжиг: 59 °С – 20 сек 35 циклов
элонгация: 72 °С – 40 сек
финальная элонгация: 72 °С – 7 мин
хранение: 4 °С – ∞

В результате проведенных нами исследований была проведена работа по подбору оптимальных условий постановки ПЦР для лабораторной диагностики нодулярного дерматита. Таким образом, для амплификации ДНК вируса нодулярного дерматита использовали реакционную смесь объемом 25 мкл, состоящую из Taq ДНК полимеразы – 0,25 мкл (5 ед/мкл); ×10 ПЦР-буфер – 2,5 мкл; специфические праймеры (20 пМ) LSDV-2-F-5'-ATGATGGTGTGGATACT-3' и LSDV-2-R-5'-GGCATTTGATTTTACTGGG-3' – по 1 мкл каждого; смесь дНТФ (10 мМ) – 1 мкл; 25 мМ раствор хлорида магния – 2 мкл; ДНК – 3 мкл; деионизированная вода – 14,25 мкл. Постановка ПЦР была проведена согласно отработанному режиму амплификации: 94 °С – 3 мин, 35 циклов, 94 °С – 20 сек, 59 °С – 20 сек, 72 °С – 40 сек и 72 °С – 7 мин, 4 °С – бесконечность.

На рынке биопрепаратов существуют аналогичные тест-системы на основе ПЦР-РВ для диагностики нодулярного дерматита КРС. Зарубежные авторы публикации [7] сообщают,

что ПЦР-РВ позволяет предотвратить риск перекрестной контаминации при выявлении генома вируса НД, снижая вероятность ложноположительных результатов и сокращая продолжительность анализа, так как не требует изучения продуктов амплификации в агарозном геле. Также отмечают, что разработанный им метод ПЦР-РВ более чувствительный и позволяет проводить количественный анализ. Однако, наша ПЦР тест-система не уступает по параметрам специфичности, чувствительности и качеству аналогам зарубежных диагностикумов. Представленная нами тест-система представлена в виде готовых пробирок с реакционной смесью, в которые требуется внести образец исследуемого ДНК. Такая форма снижает вероятность ошибок оператора и риск контаминации реактивов при приготовлении смеси, повышает воспроизводимость результатов, а также уменьшает время и трудоемкость анализа.

Исходя из полученных результатов, стоит отметить, что отличительными особенностями тест-системы являются быстрота выделения ДНК вируса нодулярного дерматита (5-6 часов) из патологического материала, высокая чувствительность и специфичность.

Выводы

Ключевым моментом в создании диагностических тест-систем для лабораторной диагностики инфекционных заболеваний с помощью метода ПЦР является подбор праймеров, отработка температурно-временного режима постановки метода ПЦР, определение специфичности

и чувствительности метода ПЦР, также оптимизация концентрации реакционной смеси.

В ходе экспериментальных работ установлено, что для проведения метода ПЦР при выявлении ДНК вируса нодулярного дерматита – оптимальная концентрация праймеров в составе реакционной смеси составляет по 20 пмоль каждого, дНТФ (дАТФ, дГТФ, дЦТФ, дТТФ) каждого в концентрации 0,4 мМ, ионов Mg^{2+} – 2,0 мМ, Taq-ДНК полимеразы – 0,25 ед. Программа амплификации включала предварительную денатурацию при температуре 94 °С в течение 3 мин, 35 циклов при 94 °С – 20 сек, 59 °С – 20 сек, 72 °С – 40 сек, далее 72 °С – 7 мин.

Полученные результаты в ходе данного исследования послужили основой для разработки отечественной диагностической тест-системы для обнаружения вируса нодулярного дерматита КРС методом ПЦР, которая будет применяться в ветеринарии.

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

Работа выполнена в рамках ПЦФ: «Ветеринарная безопасность территории Республики Казахстан: эпизоотологический мониторинг, испытание, внедрение и коммерциализация средств специфической профилактики и диагностики особо опасных инфекционных заболеваний» (ИРН BR06249226) при финансировании Министерства сельского хозяйства Республики Казахстан, договор № 28 от 10 сентября 2018 года.

Литература

- 1 Мищенко А.В., Мищенко В.А., Шевкопляс В.Н., Джаилиди Г.А., Дресвянникова С.Г., Черных О.Ю., Кононов А.В., Акбаев Р.М. Экологические особенности нодулярного дерматита крупного рогатого скота // Ветеринария Кубани. – 2017. – № 5. – С.22.
- 2 Scientific opinion on lumpy skin disease // EFSA Journal. – 2015. – Vol.13 (1). – P.3986.
- 3 Семкина В.П., Жильцова М.В., Саввин А.В., Акимова Т.П. Распространение заразного узелкового дерматита (Нодулярного дерматита) крупного рогатого скота в мире // Ветеринария сегодня. – 2017. – № 3 (22). – С.13.
- 4 Beard P.M. Lumpy skin disease: a direct threat to Europe. // Vet. Ec. – 2016. – Vol.28. – P. 557-558. DOI: 10.1136/vr.i2800.
- 5 Lumpy Skin Disease // OIE Terrestrial Manual. Chapter 2.4.14, 2012. – P.762-776.
- 6 OIE-Terrestrial Animal Health Code. – 2016. – Vol.2. – P.605-608.
- 7 Пестова Я.Е., Артюхова Е.Е., Кострова Е.Е., Шумилова И.Н., Кононов А.В., Спрыгин А.В. Разработка ПЦР в режиме реального времени для выявления полевых изолятов вируса заразного узелкового дерматита в пробах от крупного рогатого скота // Сельскохозяйственная биология. – 2018. – Т.53 (2). – С.422-429.
- 8 Рекомендации по борьбе с нодулярным дерматитом крупного рогатого скота в Республике Казахстан. – Министерство сельского хозяйства Республики Казахстан Товарищество с ограниченной ответственностью «Казахский научно-исследовательский Ветеринарный институт» (ТОО «КазНИВИ»). – Алматы, 2017.
- 9 Ветеринарные правила осуществления мероприятий по профилактике и ликвидации нодулярного дерматита крупного рогатого скота – Источник информации: ИПС Эдилет. – http://adilet.zan.kz/rus/docs/V040003341_.
- 10 Davies F.G. Lumpy skin disease of cattle: A growing problem in Africa and the Near East, 1991– <http://www.fao.org/3/u4900T0d.htm>

- 11 Manual of Diagnostic Tests and Vaccines for Terrestrial Animals (mammals, birds and bees) // 6th Ed, Office International Des Epizootics. – Paris. – 2010.
- 12 Gerrit J.V., Nel L.H. and Crowther J.R. Molecular Diagnostic PCR Handbook. IAEA, the Netherlands. – 2005.
- 13 Tuppurainen E.R., Afonse C.L., Zsak L.Z., Kutish G.F. and Rock D.L. The detection of lumpy skin disease virus in samples of experimentally infected cattle using different diagnostic techniques // *Onder J Vet Res.* – 2005. – Vol.72. – P. 153-164.
- 14 Bowden T.R., Babiul S.L., Parkyn G.R., Copps J.S., Boyle D.B. Capripox virus tissue tropism and shedding: A quantitative study in experimentally infected sheep and goat // *Virology.* – 2008. – Vol.371. – P.380-393.
- 15 Balinsky C.A., Delhon G., Smoliga G., Prarat M., French R.A., Geary S.J., Rock D.L., Rodriguez L.L. Rapid preclinical detection of sheep poxvirus by a real-time PCR assay // *J Clin Microbiol.* – 2008. – Vol.46. – P. 438–442.
- 16 Awad W.S., Ibrahim A.K., Mahran K., Farrah K.M. Evaluation of different diagnostic methods for diagnosis of lumpy skin disease in cows // *Trop Anim Health Prod.* – 2010. – Vol.42. – P.777-783.
- 17 Almezhanova M.D., Tlepov A.A., Shorayeva K.A., Burashev Ye.D., Mukhami N.N., Sultankulova K.T. Design of primers for diagnosing lumpy skin disease of cattle by PCR // *Al-farabi Kazakh National University Eurasian Journal of Ecology.* – 2019 – №2(60) – P.84-91.
- 18 Mullis K.B., Faloona F.A. Specific synthesis of DNA in vitro via a polymerase-catalysed chain reaction // *Methods Enzymol.* – 1987. – Vol.155. – P.335-350.
- 19 Mcpherson M.J., Ller S.G. PCR // *Bios Scientific Publishers.* – 2000. – P.288.
- 20 Innis M.A., Gelfand D.H. PCR Protocols: a guide to methods and applications // Chapter 1. Academic Press, San Diego, California. – 1990. – P.452.

References

- 1 Mishchenko, A. V., Mishchenko, V. A., Shevkoplyas, V. N., Dzhailidi, G. A., Dresvyannikova, S. G., Chernykh, O.Yu., Kononov, A.V., Akbaev, R.M. «Ecologicheskie osobennosti nodulyarnogo dermatita krupnogo rogatogo skota». [“Ecological features of lumpy skin disease in cattle.”] *Veterinariya Kubani*, no. 5 (2017): 22. (In Russian).
- 2 Scientific opinion on lumpy skin disease. *EFSA Journal* 13, no.1 (2015): 3986.
- 3 Semakina, V.P., Zhiltsova, M.V., Savvin, A.V., Akimova T.P. «Rasprostranenie zaraznogo uzelkovogo dermatita (Nodulyarnogo dermatita) krupnogo rogatogo skota v mire». [“The spread of lumpy skin disease (Nodular dermatitis) in cattle in the world.”] *Veterinariya segodnya* 22, no. 3 (2017): 13. (In Russian).
- 4 Beard, P.M. “Lumpy skin disease: a direct threat to Europe”. *Vet. Ec.* 28 (2016): 557-558. DOI: 10.1136/vr.i2800.
- 5 Lumpy Skin Disease. *OIE Terrestrial Manual* 2.4.14, 2012.
- 6 *OIE-Terrestrial Animal Health Code* 2, 2016.
- 7 Pestova, Y.E., Artyukhova, E. E., Kostrova, E.E., Shumilova, I.N., Kononov, A.V., Sprygin, A.V. «Razrabotka PTSR v rezhime real'nogo vremeni dlya vviyavleniya polevyh izolyatov virusa zaraznogo uzelkovogo dermatita v probah ot krupnogo rogatogo skota». [“Real-time PCR development for detecting field isolates of the virus of lumpy skin disease in samples from cattle.”] *Sel'skohozyaistvennaya biologiya* 53, no. 2 (2018): 422-429. (In Russian).
- 8 *Rekommendatsii po bor'be s nodulyarnym dermatitom krupnogo rogatogo skota v Respublike Kazakhstan*. [Recommendations for combating lumpy skin disease in cattle in the Republic of Kazakhstan]. Ministry of Agriculture of the Republic of Kazakhstan Limited Liability Partnership Kazakh Research Veterinary Institute (LLP KazRVI), Almaty, 2017. (In Russian).
- 9 *Veterinarnye pravila osushtvleniya meropriyatii po profilaktike i likvidatsii nodulyarnogo dermatita krupnogo rogatogo skota*. [Veterinary rules for the implementation of measures for the prevention and elimination of lumpy skin disease in cattle]. Information source: IPS Adilet. <http://adilet.zan.kz/rus/docs/V040003341> (In Russian).
- 10 Davies, F. G. “Lumpy skin disease of cattle: A growing problem in Africa and the Near East» (1991) <http://www.fao.org/3/u4900T0d.htm>.
- 11 *Manual of Diagnostic Tests and Vaccines for Terrestrial Animals (mammals, birds and bees)*. 6th Ed. Paris: Office International Des Epizootics, 2010.
- 12 Gerrit, J.V., Nel, L.H., Crowther, J.R. *Molecular Diagnostic PCR Handbook*. IAEA. The Netherlands, 2005.
- 13 Tuppurainen, E.R., Afonse, C.L., Zsak, L.Z., Kutish, G.F., Rock, D.L. “The detection of lumpy skin disease virus in samples of experimentally infected cattle using different diagnostic techniques.” *Onder J Vet Res* 72 (2005): 153-164.
- 14 Bowden, T.R., Babiul, S.L., Parkyn, G.R., Copps, J.S., Boyle, D.B. “Capripox virus tissue tropism and shedding: A quantitative study in experimentally infected sheep and goat.” *Virology* 371 (2008): 380-393.
- 15 Balinsky, C.A., Delhon, G., Smoliga, G., Prarat, M., French, R.A., Geary, S.J., Rock, D.L., Rodriguez, L.L. “Rapid preclinical detection of sheep poxvirus by a real-time PCR assay.” *J Clin Microbiol* 46 (2008): 438–442.
- 16 Awad, W.S., Ibrahim, A.K., Mahran, K., Farrah, K.M. “Evaluation of different diagnostic methods for diagnosis of lumpy skin disease in cows.” *Trop Anim Health Prod* 42 (2010): 777-783.
- 17 Almezhanova, M.D., Tlepov, A.A., Shorayeva, K.A., Burashev, Ye.D., Mukhami, N.N., Sultankulova, K.T. “Design of primers for diagnosing lumpy skin disease of cattle by PCR.” *Al-farabi Kazakh National University Eurasian Journal of Ecology* 2, no. 60 (2019): 84-91.
- 18 Mullis, K.B. and Faloona, F.A. “Specific synthesis of DNA in vitro via a polymerase-catalysed chain reaction.” *Methods Enzymol* 155 (1987): 335-350.
- 19 Mcpherson, M.J. and Ller, S.G. “PCR.” *Bios Scientific Publishers.*, 2000.
- 20 Innis, M.A., and Gelfand, D.H. “PCR Protocols: a guide to methods and applications.” San Diego, California *Academic Press* 1 (1990): 452.

**Г.Ж. Кенжетаев^{1,2}, А.К. Серикбаева¹, П.Н. Маккавеев²,
С. Сырлыбеккызы^{1*}, Н.Ш. Джаналиева¹**

¹Каспийский государственный университет технологии и
инжиниринга им. Ш.Есенова, Казахстан, г. Актау

²Институт океанологии им. П.П. Ширшова Российской академии наук,
Россия, г. Москва, e-mail: Samal_86a@mail.ru

ЭКОЛОГИЧЕСКИЙ МОНИТОРИНГ МОРСКОЙ ЧАСТИ КАСПИЙСКОГО МОРЯ В ПРЕДЕЛАХ ТЕРРИТОРИИ ГОРОДА АКТАУ

В статье представлены результаты этапов исследований морской части Каспийского моря в пределах территории города Актау. В настоящее время, несмотря на многочисленные исследования Каспия, до сих пор существуют районы моря, степень изученности и покрытия данными прямыми наблюдениями которых крайне мала. В этой связи исследования акватории Каспия являются актуальными и своевременными. Данные исследования могут способствовать мероприятиям по управлению качеством окружающей среды. Экосистема Каспия оценивается как предкризисная и может ухудшиться в результате крупномасштабного вторжения в природную среду из-за планируемого освоения мелководий северо-восточной части для добычи нефти. Гидрофизические измерения проводились с борта катамарана, находящегося в дрейфе, заякорена была только станция на разрезе 3 «Актау». Выполнено 4 разреза, каждый разрез состоял из четырех гидрологических станций (ГС), отбор проб проводился на поверхности воды с четырех точек-станций. Портативная метеорологическая станция была установлена на высоте 5 м над уровнем моря на причале яхт-клуба севернее порта Актау. На каждой ГС, проводились гидрофизические и гидрохимические измерения, а также отбор проб воды с последующими лабораторными анализами. Определение гидрохимических параметров определялись по стандартным методикам, принятым в экспедиционной практике. Определения проводились в нефилтрованных пробах. Величина рН определялась потенциометрическим методом. Определение общей щелочности проводилось методом прямого титрования с цветовым окончанием. Определение содержания растворенного неорганического фосфора проводилось колориметрическим методом. Данные исследования могут способствовать мероприятиям по управлению качеством окружающей среды.

Ключевые слова: Каспийское море, акватория, соленость, фенолы, углеводороды, мониторинг.

G.Zh. Kenzhetaev¹, A.K. Serikbayeva¹, P.N. Maccabev²,
S. Syrlybekkyzy¹, N. Sh. Janalieva¹

¹Yessenov University, Kazakhstan, Aktau

²Shirshov Institute of Oceanology of Russian Academy of Sciences,
Russia, Moscow, e-mail: Samal_86a@mail.ru

Environmental monitoring of the marine part o f the Caspian Sea within the territory of Aktau

The article presents the results of the stages of research of the marine part of the Caspian sea within the territory of the city of Aktau. Currently, despite numerous studies of the Caspian sea, there are still areas of the sea, the degree of study and coverage of direct observations, which is extremely small. In this regard, studies of the Caspian sea are relevant and timely. These studies can contribute to environmental quality management activities. The Caspian ecosystem is assessed as pre-crisis and may deteriorate as a result of large-scale intrusion into the natural environment due to the planned development of shallow waters in the North-Eastern part for oil production. Hydrophysical measurements were carried out from the side of the catamaran, which was in the drift, only the station on section 3 "Akteu" was anchored. 4 sections were made, each section consisted of four hydrological stations (HS), sampling was carried out on the water surface from four points-stations. A portable weather station was installed at an altitude of 5 m above sea level at the Marina of the yacht club North of the port of Aktau. At each HS, hydrophysical and hydrochemical measurements were performed, as well as water sampling with subsequent labo-

ratory analyses. Determination of hydrochemical parameters was determined using standard methods adopted in expedition practice. Definitions were made in unfiltered samples. The pH value was determined by the potentiometric method. The total alkalinity was determined by direct titration with a color ending. The content of dissolved inorganic phosphorus (phosphates) was determined colorimetrically. These studies can contribute to environmental quality management activities.

Key words: Caspian Sea, water area, salinity, phenols, hydrocarbons, monitoring.

Г.Ж. Кенжетаев¹, А.Қ. Серикбаева¹, П.Н. Маккавеев²,
С. Сырлыбекқызы^{1*}, Н.Ш. Джаналиева¹

¹ Ш. Есенов атындағы Каспий мемлекеттік технологиялар және
инжиниринг университеті, Қазақстан, Актау қ.,

²Ресей Ғылым академиясының П.П. Ширшов атындағы Океанология институты,
Ресей, Мәскеу қ., e-mail: Samal_86a@mail.ru

Ақтау қаласы аумағының шегіндегі Каспий теңізінің теңіз бөлігінің экологиялық мониторингі

Мақалада Ақтау қаласы аумағының шегінде Каспий теңізінің теңіз бөлігін зерттеу кезеңдерінің нәтижелері берілген. Қазіргі уақытта Каспий теңізінің көптеген зерттеулеріне қарамастан, әлі күнге дейін теңіз аудандарының зерттелу дәрежесі және тікелей бақылаулардың деректері өте аз. Осыған байланысты Каспий акваториясын зерттеу өзекті және уақытылы болып табылады. Бұл зерттеулер қоршаған ортаның сапасын басқару бойынша іс-шараларға ықпал етуі мүмкін. Каспий экожүйесінің жағдайы дағдарыс алдында деп бағаланады және мұнай өндіру үшін солтүстік-шығыс бөлігінің таяз суларын игерудің жоспарлануына байланысты табиғи ортаға ірі ауқымды басып кіру нәтижесінде нашарлауы мүмкін. Гидрофизикалық өлшеулер дрейфтегі катамаран бортынан, «Ақтау» 3-ші учаскесіндегі станцияда ғана жүргізілді. Төрт тілік орындалды, әрбір тілік төрт гидрологиялық станциядан (ГС) тұрды, сынамаларды іріктеу су бетінде төрт нүкте станциялардан жүргізілді. Портативті метеорологиялық станция Ақтау портынан солтүстікке қарай яхт-клуб айлағында теңіз деңгейінен 5 м биіктікте орнатылды. Әрбір гидрологиялық станцияда гидрофизикалық және гидрохимиялық өлшеулер, сондай-ақ кейінгі зертханалық талдаулары бар су сынамаларын іріктеу жүргізілді. Гидрохимиялық параметрлерді анықтау экспедициялық практикада қабылданған стандартты әдістемелер бойынша анықталды. Анықтамалар сүзілмеген сынамаларда жүргізілді. pH шамасы потенциометриялық әдіспен анықталды. Жалпы сілтілікті анықтау түстік ұшымен тікелей титрлеу әдісімен жүргізілді. Еріген органикалық емес фосфордың мөлшері колориметриялық әдіспен жүргізілді. Бұл зерттеулер қоршаған ортаның сапасын басқару бойынша іс-шараларға ықпал етуі мүмкін.

Түйін сөздер: Каспий теңізі, акватория, тұздылық, фенолдар, көмірсутектер, мониторинг.

Введение

Загрязнение окружающей среды, и в частности акватории Каспийского моря, оказывает неблагоприятное воздействие на здоровье как настоящего, так и последующих поколений, ибо человек в процессе своей хозяйственной деятельности в ряде случаев уже нарушил и продолжает нарушать некоторые важные экологические процессы, от которых зависит его существование. Сложность и противоречивость отношения человека с окружающей средой, нарастающая урбанизация, высокие темпы развития нефтедобычи на морском шельфе, потребительское, бездумное использование природных богатств недр земли, в ряде регионов страны, включая и Мангистаускую область, могут привести к экстремальным экологическим ситуациям, выражающихся в экологических кризисах [7]. В целом, экосистема Каспия оценивается как

предкризисная и может ухудшиться в результате крупномасштабного вторжения в природную среду из-за планируемого освоения мелководий северо-восточной части для добычи нефти.

В настоящее время несмотря на многочисленные исследования Каспия, до сих пор существуют районы моря, степень изученности и покрытия данными прямых наблюдений которых крайне мала. В данных районах возникает целый ряд вопросов фундаментального и прикладного характера, требующих регионального подхода к изучению состояния почв в прибрежных зонах Каспийского моря. Данная ситуация особенно усугубилась в последние три десятилетия, когда наблюдалось резкое сокращение числа научных исследований по этой проблеме [8]. Одним из таких районов является восточное побережье Среднего Каспия, а именно акватория моря в районе областного центра Мангистауской области, г. Актау и его пригородных территорий. Кроме

того, порт Актау является единственным портом Казахстана, используемым для международных перевозок сырой нефти и нефтепродуктов. В этой связи исследования акватории Каспия и прибрежной зоны областного центра являются актуальными и своевременными. Данные исследования могут способствовать мероприятиям по управлению качеством окружающей среды [9].

Материалы и методы исследований

Основной источник фактической информации – материалы исследований кафедры «Экология и химический инжиниринг» (ЭХИ) (рук. д.т.н., профессор Г.Ж. Кенжетаяев) Каспийского государственного университета технологий и инжиниринга имени Ш. Есенова (КГУТИ) совместно с Институтом океанологии им. П.П. Ширшова (рук. д.г.н., член-корр. РАН П.О.Завьялов). Мониторинг морской среды в мелководной зоне в районе г. Актау Мангистауской области Республики Казахстан и прилегающей к ней территории был проведен в сотрудничестве с Институтом океанологии РАН РФ, с 23 по 27 апреля 2018 года. Гидрофизические измерения проводились с борта катамарана, находящегося в дрейфе, закорена была только станция на разрезе 3 «Актау». Выполнено 4 разреза, каждый разрез состоял из четырех гидрологических станций (ГС), отбор проб проводился на поверхности воды с четырех точек-станций 14, 15 16 и 17. Портативная метеорологическая станция была установлена на высоте 5 м над уровнем моря на причале яхт-клуба севернее порта Актау [7].

Гидрофизические и гидрохимические измерения

На каждой ГС проводились гидрофизические и гидрохимические измерения, а также отбор проб воды с последующими лабораторными анализами. Для проведения анализов и консервации проб воды в лаборатории кафедры «Экология и химический инжиниринг» была оборудована и обустроена временная лаборатория. Пробы морской воды обрабатывались в день их отбора. Для аналитических исследований были использованы: Фотоколориметр Эксперт-003 (НПП Эконикс-Эксперт) РФ), Анализатор жидкости, рН-метр-иономер 4-канальный, шприцевые дозаторы LABMATE, объемом 1 и 5 мл (Польша).

Отбор проб морской воды

Отбор проб воды проводился согласно ГОСТ 17.1.5.05-85 «Общие требования к отбору проб поверхностных и морских вод». Сразу

после отбора пробу воды переливали в посуду для хранения проб по ГОСТ 17.1.5.04-81. Отбор воды проводился пластиковым батометром типа «Hydro Bios», объемом 1.7 л. [1, 2].

Определение гидрохимических параметров

Указанные параметры определялись по стандартным методикам, принятым в экспедиционной практике [3]. Величина рН определялась потенциометрическим методом по РД 52.10.243-92 в практической шкале NBS. Определения проводились в нефилтрованных пробах. Определение общей щелочности проводилось методом прямого титрования (метод Бруевича) с цветным окончанием. Определения проводились в нефилтрованных пробах. Определение содержания растворенного неорганического фосфора (фосфаты) проводилось колориметрически в соответствии с РД 52.24.382-2006 «Массовая концентрация фосфатов и полифосфатов в водах. Методика выполнения измерений фотометрическим методом». Всего выполнено 26 гидрохимических анализов, в том числе определений рН – 12, растворенного неорганического фосфора – 12, нитритного азота – 12, нитратного азота – 14, аммонийного азота – 12, общего азота – 12 и растворенного кислорода – 12. Регистрация значений температуры и солености морской воды выполнялась с помощью проточной зондирующей системы с использованием зонда YSI 6600. Зондирующая система состоит из насоса производительностью около 1 л/с, подающего заборную воду в специальный контейнер емкостью 30 литров [5].

Скорость течения моря измерялась доплеровским акустическим измерителем течений (ADCP) RDI Work Horse 600kHz, который вывешивался за борт судна и выдерживался в поверхностном слое воды 10 минут.

Содержание фенолов, углеводов и СПАВ в морской воде

Анализ содержания фенолов нефтепродуктов и СПАВ в пробах воды выполнен в лаборатории «ЭХИ» с использованием газового хроматографа с масс-селективным детектором AGILENT 6890 (США). Для анализа синтетических поверхностно-активных веществ СПАВ и фенолов, использованы Нафталин-d8, Фенантрен-d10, Пирен-d10, Кризен-d12 and Перилен d12. Гептаметилнонан, Гексадекан, 1-Хлороктадекан, Сквалан использованы в качестве внутреннего стандарта для анализа наличия нефтепродуктов в морской воде [6].

Для анализа полициклических ароматических углеводов и фенолов использова-

лись Нафталин-*d8*, Фенантрен-*d10*, Пирен-*d10*, Кризен-*d12* and Перилен-*d12*.

Результаты и обсуждение

Морская часть. Станции отбора проб были расположены в морской части поселков Акшукур и С. Шапагатова, являющихся пригородными поселками областного центра и удаленных от г. Актау на 13 км и 21 км соответственно. Отбор проб проводился в соответствии с ГОСТ 17.1.5.05-85 «Общие требования к отбору проб поверхностных и морских вод». Работы проводились с борта катамарана (рис. 1) и при этом было осуществлено четыре однодневных выхода в море.

В целом было выполнено 4 разреза, состоящих из 17 станций. Если отсчет вести с севера на юг, то 1 разрез – станции (14, 15, 16 и 17), 2 разрез станции (4, 5, 6 и 7), 3 разрез (3, 8, 2 и 1,

а также заякоренная станция), 4 разрез (9, 10, 11 и 12).

В данной работе рассматривается 1 разрез со станциями ГС-14, ГС-15, ГС-16 и ГС-17. Станция ГС-14 (гидрологическая станция) была расположена на расстоянии 1153,85 метров от берега в районе частных построек пос. Акшукур. Станция ГС-15 отстояла от берега на расстоянии 3627,17 м, а от станции ГС-14 на удалении 2180 м. Станция ГС-16 располагалась от берега на расстоянии 6406,71 метров, при этом удаление ее от ГС-15 составило 2500 м. Станция ГС-17 была удалена от берега на 8745,93 метров, а от ГС-16 на 2300 м. В таблице 1 приведены рассматриваемые гидрологические станции (ГС), их местоположение, координаты, глубина и расстояние от берега. Карта-схема расположения рассматриваемых четырех ГС приведена на рисунке 1 [8, 9].

Таблица 1 – Местоположение, координаты, глубина воды и расстояние от берега гидрологических станций (ГС). Весна 2018 г.

Станция №	Местоположение	Широта	Долгота	Расстояние от берега, м
ГС-14	Район пос. Акшукур	43°48'04.00»	51°00'35.00»	1153,85
ГС-15	Район пос. Акшукур	43°46'58.00»	51°00'00.00»	3627,17
ГС-16	Район пос. С. Шапагатова	43°46'00.00»	50°59'02.00»	6406,71
ГС-17	Район пос. С. Шапагатова	43°45'00.00»	50°58'00.00»	8745,93

Физико-химическая характеристика и качество морской воды

Гидролого-гидрохимические условия. Апрель и май месяцы 2019 г. Территория, прилегающая к г. Актау. Район пос. Акшукур. Глубина воды на гидрологических станциях ГС-14 – ГС-17 варьировала в пределах 11,9-19,8 м. Прозрачность воды изменялась в пределах 9-13,6 м, при этом прозрачность воды в апреле незначительно отличалась от таковой в мае месяце. Диапазон показателей мутности составлял 3-5,5 NTU. Причиной также незначительного увеличения мутности в мае воды является увеличение толщины перемешанного слоя под воздействием ветра [7].

Температура воды в поверхностном слое составляла 13,8-15,3. Следует отметить, что на ис-

следуемых станциях (ГС-14 – ГС-17), наблюдалось увеличение температуры воды в мае месяце в приповерхностном слое до 15,3°С, что объясняется интенсивным прогревом за счет солнечной радиации, а также низкой интенсивностью воздействия ветровых нагрузок в эти дни. Концентрация растворенного кислорода варьировала от 10,57 до 10,63.

Значения рН морской воды находились в пределах 8,27-8,49, для апреля месяца наблюдалась пониженная величина. Соленость воды составила в среднем 9,8 ‰ и практически была одинакова для 2 месяцев исследований. Электропроводность воды изменялась в узких пределах – 18,3-18,5 мС/см. Гидролого-гидрохимические условия морской воды на исследуемых ГС для апреля и мая месяца представлены в таблице 2 [9].



Рисунок 1 – Справа: карта-схема, выполненная в среде SAS Planet, слева: катамаран, использованный для гидрологических исследований Каспийского моря

Таблица 2 – Гидролого-гидрохимические условия морской воды на ГС

Станция	Глубина воды	Прозрачность воды	Мутность воды NTU	Температура воды °С	O ₂	pH	Соленость воды ‰	Эл-сть мС/см
ГС-14	11,9	9,0*(9,3**)	4,2* (4,5**)	13,9*(15,3**)	10,62	8,3*(8,4**)	10,43	18,3
ГС-15	17,8	10,8*(10,9**)	3,5*(3,7**)	14,1*(14,8**)	10,57	8,4*(8,5**)	10,57	18,4
ГС-16	18,5	11,3*(11,7**)	4,9* (5,1**)	14,3*(14,9**)	10,63	8,27*(8,3**)	10,61	18,5
ГС-17	19,8	12,5*(13,6)	5,5*(5,6**)	13,9*(14,9**)	10,41	8,49*(8,5**)	10,63	18,5
Макс	19,8	12,5*(12,6**)	5,5*(5,6**)	15,30*(15,4**)	10,63	8,49*(8,56**)	10,63	18,5
Минимум	11,9	9,30*(9,4**)	3,5*(3,7**)	13,80*(14,2**)	10,41	8,27*(8,31**)	10,43	18,3
Среднее	17,0	10,98*(11,3**)	4,53*(4,7**)	14,60*(14,8**)	10,56	8,38(8,51**)	10,56	18,43
Mean±SD	17,0±3,49	10,98±1,32*	4,53±0,86*	14,60±0,62	14,56±0,101	8,38±0,09	10,56±0,09	18,4±0,09
Mean±SD	17,0±3,49	12,73±1,19**	4,67±0,91**	14,73±0,49	14,56±0,101	8,39±0,093	10,56±0,09	18,4±0,09

* Результаты исследований. Апрель 2019 г.

** Результаты исследований. Май 2019 г.

Содержание биогенных элементов в воде. Апрель, май 2019 г. Содержание аммонийного азота в мае варьировало в пределах 0,043-0,109, что превышало значения, чем в апреле месяце. Содержание нитратного азота в воде в апреле месяце было низкое 0,026-0,087 и варьировало в пределах 0,092-0,103 мг/л в мае. Содержание нитратного азота в апреле так же было низкое, в сравнении с результатами в мае месяце. Среднее содержание общего азота как для апреля, так и для мая составило 1,63 мг/л. Концентрация фосфатов в воде в апреле была более повышенной по сравнению с результатами в мае месяце. Ре-

зультаты содержания биогенных элементов в воде ГС приведены в таблице 3 [4, 12].

Что касается течений, то на рассматриваемом разрезе 1 (ГС-14 – ГС-17) у берега наблюдались высокие скорости течения воды в поверхностном слое моря до 22 м/с в апреле месяце. При этом, скорости течения вод, в зависимости от глубины моря, а также удаления от его берега убывали до 3-4 см/с, и до 4-5 см/с соответственно. Если направления течений в поверхностном слое Каспийского моря в основном западное и северо-западное, то в глубинных слоях моря – юго-западное направление (рис. 2).

Таблица 3 – Концентрация биогенных элементов в воде ГС.

Станция №	Аммонийный азот, мг/л	Нитритный азот, мг/л	Нитратный азот, мг/л	Общий азот, мг/л	Фосфаты, мг/л.
ГС-14	0,087*(0,096**)	0.047*(0,0084**)	0,083*(0,092**)	1,63	0,067*(0,005**)
ГС-15	0,026*(0,043**)	0,026*(0,0088**)	0,085*(0,097**)	1,55	0,053*(0,047**)
ГС-16	0,064*(0,081**)	0,063*(0,0092**)	0,089*(0,101**)	1,58	0,052*(0,049**)
ГС-17	0,085*(0,109**)	0,079***(0,001**)	0,091*(0,103**)	1,60	0,051*(0,049**)
Макс.	0,79*(0,109**)	0,079*(0,01**)	0,87*(0,98**)	1,63	0,052*(0,05**)
Мин.	0,26*(0,04**)	0,0026*(0,09**)	0,084*(0,091**)	1,55	0,05*(0,04**)
Среднее	0,69*(0,087**)	0,063*(0,085**)	0,087*(0,98**)	1,59	0,55*(0,04**)
Mean±SD	0,063±0,0293*	0,067±0,0041*	0,89±0,0043*	1,59±0,033*	0,057±0,032*
Mean±SD	0,08±0,028**	0,01±0,003**	0,10±0,0051**	1,59±0,033**	0,04±0,021**

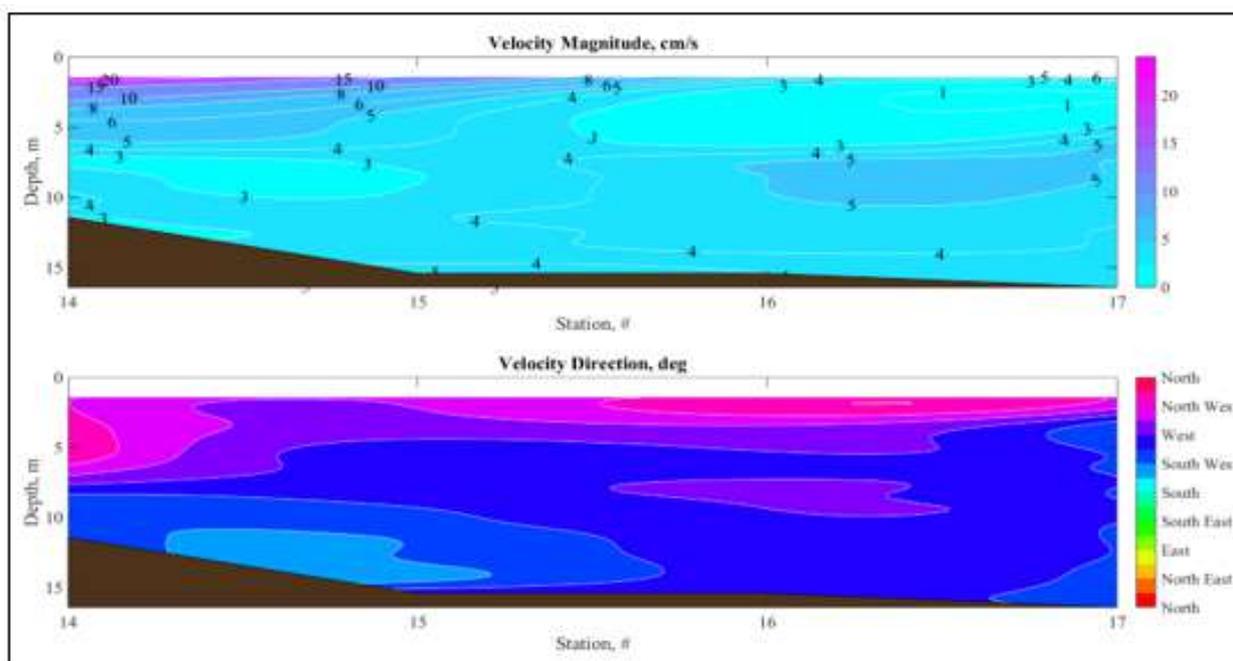


Рисунок 2 – Изменчивость скорости (верхняя диаграмма) и направления (нижняя диаграмма) течений вод Каспийского моря на разрезе 1 «Северный» по данным измерений ADCP

Содержание фенолов, углеводов и СПАВ в морской воде. Май 2019 г.

Концентрация фенолов зафиксирована в пределах 0,0007-0,0016 мг/л. При этом, концентрация фенолов на станции ГС-17 превышает уровень ПДК (в 1,2 раза). Концентрация нефтепродуктов в воде зафиксирована в пределах от 0,005 до 0,008 мг/л, что намного меньше значения ПДК (табл. 4). Содержание СПАВ (< 0.05) в морской воде ниже определяемого уровня и не превышает ПДК.

Содержание тяжелых металлов в воде. Результаты за май месяц 2019 г.

Анализ проб морской воды проводился в аккредитованной экологической лаборатории УПРиРП Мангистауской области, на содержание металлоида мышьяка (As), и металлов бария (Ba), кадмия (Cd), хрома (Cr), меди (Cu), железа (Fe), ртути (Hg), никеля (Ni), свинца (Pb), ванадия (V), алюминия (Al) и цинка (Zn). По результатам анализов проб воды, содержание мышьяка, железа, ртути, ванадия и алюминия

было ниже предела обнаружения. Превышение ПДК зафиксировано в среднем для кадмия (в 2,1 раза), для хрома (в 4,0 раза), для меди (в 3,7 раза), никеля (в 5,2 раза) и свинца (в 4,6 раза).

Содержание бария и цинка оставалось в норме. Значения концентрации тяжелых металлов (ТМ) и металлоида (М) мышьяка представлены в таблице 5.

Таблица 4 – Концентрация фенолов и нефтепродуктов в воде

Станция	мг/л		
	Фенолы	Нефтепродукты	СПАВ
ГС-14	0,0082	0,007	< 0.05
ГС-15	0,0075	0,008	< 0.05
ГС-16	0,0093	0,006	< 0.05
ГС-17	0,0012	0,005	< 0.05
Макс.	0,0093	0,008	-
Мин.	0,0075	0,006	-
Среднее	0,0084	0,007	-
ПДК рыбохоз.	0,001	0,05	0,5

Таблица 5 – Концентрация тяжелых металлов и металлоида в воде

Станции	мг/л											
	As	Ba	Cd	Cr	Cu	Fe	Hg	Ni	Pb	Zn	V	Al
ГС-14	< 0.005	0.008	0,017	0,11	1,9	< 0.1	< 0.0002	0,37	0,092	0.03	<0.001	< 0.04
ГС-15	< 0.005	0.007	0,015	0,20	2,3	< 0.1	< 0.0002	0,51	0,097	0.03	<0.001	< 0.04
ГС-16	< 0.005	0.008	0,021	0,13	3,7	< 0.1	< 0.0002	0,45	0,138	0.02	<0.001	< 0.04
ГС-17	< 0.005	0.007	0,019	0,18	1,85	< 0.1	< 0.0002	0,39	0,117	0.03	<0.001	< 0.04
Макс.	-	0,008	0,021	0,20	3,7	-	-	0,45	0,078	0,03	-	-
Мин.	-	0,007	0,015	0,11	1,85	-	-	0,29	0,028	0,02	-	-
Среднее	-	0,0075	0,018	0,155	2,775	-	-	0,37	0,053	0,025	-	-
ПДК рыбохоз*	0.01	2.0	0.01	0.001	0.005	0.05	0.0001	0.01	0.01	0.05	0.001	0.04
ПДК п. воды**	0.05	0.1	0.01	0.05	1.0	0.3	0.0005	0.1	0.03	5.0	0.1	0.1
Mean±SD	-	-	0,02± 0,0223	0,16± 0,0017	2,44± 0,748	-	-	0,43± 0,004	0,11± 0,020	-	-	-

*Сводный список ПДК и ориентировочно-допустимых уровней воздействия (ОБУВ) опасных веществ для вод рыбохозяйственных водоемов. 1990

**Санитарные требования к безопасности питьевых вод (Приказ № 147. 229.506)

Необходимо отметить, что концентрация ТМ в морской воде распределена неравномерно. Такая неравномерность объясняется высокими течениями в поверхностном слое, и расстоянием до судоходных путей. Так, минимальная концентрация кадмия 1,07 ПДК на ГС-15 (удаление от берега 3627 м, глубина 17,8 м), максимальная – порядка 2 ПДК на ГС-16 (удаление 6407 м от

берега, глубина 18,5 м), в районе судоходных путей.

Более низкое содержание хрома 2,1 ПДК – в береговой части моря, максимум 4 ПДК на ГС-15 на удалении 3627 м. Концентрация меди на удалении 8,74 км от берега оказалась более низкой около 2 ПДК, чем на ГС-16, расположенной на удалении 6,4 км от береговой линии Ка-

спийского моря. Высокая концентрация никеля 5,1 ПДК, зафиксирована на ГС-15, но вместе с тем на ГС-14 и ГС-17, была более ниже 3,7 и 3,8 ПДК соответственно [2].

Концентрация свинца 4,6 ПДК свинца наблюдалась на ГС-16 (судоходные пути), и более низкое содержание Pb – около 3 ПДК зафиксировано на ГС-14 (1,15 км от берега).

Выводы

Причиной увеличения температуры воды в мае месяце в приповерхностном слое до 15,3°C, усиление солнечной радиации в эти дни. Соленость воды составила в среднем 9,8 ‰ и практически была одинакова для 2-х этапов исследований. Содержание нитратного азота в воде в апреле месяце было низкое 0,026-0,087, при этом величина нитритного азота в апреле также была ниже, чем в мае. Высокие скорости течения воды наблюдались в поверхностном слое моря – до 22 м/с в апреле месяце.

Концентрация ТМ в морской воде распределена неравномерно. Такая неравномерность объясняется высокими течениями в поверхностном слое и расстоянием до судоходных путей. Так, минимальная концентрация кадмия 1,07 ПДК на ГС-15 (удаление от берега 3627 м, глубина 17,8 м), максимальная – порядка 2 ПДК на ГС-16 (удаление 6407 м от берега, глубина 18,5 м), в районе судоходных путей [10, 11].

Более низкое содержание хрома 2,1 ПДК – в береговой части моря, максимум 4 ПДК на ГС-15 на удалении 3627 м. Концентрация меди на удалении 8,74 км от берега оказалась более низкой – около 2 ПДК, чем на ГС-16, расположенной на удалении 6,4 км от береговой линии Каспийского моря. Высокая концентрация никеля 5,1 ПДК, зафиксирована на ГС-15, но вместе с тем на ГС-14 и ГС-17, была более ниже 3,7 и 3,8 ПДК соответственно.

Концентрация свинца 4,6 ПДК свинца наблюдалась на ГС-16 (судоходные пути), и более низкое содержание Pb – около 3 ПДК зафиксирована на ГС-14 (1,15 км от берега).

Литература

1. Alca N., Karanik S., Ödemiş B. Assessment of ammonium, nitrate, phosphate, and heavy metal pollution in groundwater from Amik Plain, southern Turkey // *Environ. Monit. Assess.* – 2014. – Vol. 186, № 9. – P. 5921-5934.
2. Kazem D.B., Mahmoud R.N., Farzaneh S. Heavy metal pollution assessment in relation to sediment properties in the coastal sediments of the Southern Caspian Sea // *Marine Pollution Bulletin.* – 2015. – Vol. 92, № 1-2. – P. 237-243. doi.: 10.1016/j.marpolbul.2014.12.035.
3. Дероум Э. Современные методы ЯМР для химических исследований. – М.: Мир. 1992. – 403 с.
4. Luis R.V., Fernando M., António J.A., Amadeu M.V., Soares M. Integrated multivariate approach of ecological and ecotoxicological parameters in coastal environmental monitoring studies // *Ecological Indicators.* – 2018. – Vol. 95. – P. 1128-1142. doi.: 10.1016/j.ecolind.2017.11.004.
5. Xiaohu W., Jian L., Jun W. Influence of coastal groundwater salinization on the distribution and risks of heavy metals // *Science of The Total Environment.* – 2019. – Vol. 652. – P. 267-277. doi.: 10.1016/j.scitotenv.2018.10.250
6. Yifei Zh., Min X., Qing L., Zaifeng W., Lin Zh., Ye Ch. Study of heavy metal pollution, ecological risk and source apportionment in the surface water and sediments of the Jiangsu coastal region, China: A case study of the Sheyang Estuary // *Marine Pollution Bulletin.* – 2018. – Vol.137. – P. 601-609. doi.: 10.1016/j.marpolbul.2018.10.044.
7. Суюнова А.Б., Заболотных М.В. Экологический мониторинг загрязнения икhtiофауны нефтепродуктами и тяжелыми металлами Казахстана сектора Каспийского моря // *Вестник Красноярского государственного аграрного университета.* – 2016. – №5. – С. 83-89.
8. Крошенко А.Н., Крошенко А.Н., Постнов А.А., Островская Е.В. Международный экологический мониторинг Каспийского моря // *Астраханский Вестник экологического образования.* – 2010. – Vol.4, № 46. – С. 60-69.
9. О состоянии экологической обстановки Мангистауской области и источниках его загрязнения / Управление природных ресурсов и регулирования природопользования Мангистауской области. – Актау, 2011. – 62 с.
10. Kenzhetaev G. Zh., Syrlybekkyzy S., Suleimenova N.Sh., Permyakov V.N. Investigation into the Physico-Chemical Properties of Soils of Caspian Sea Coastal Area in Mangystau Province // *Oriental journal of chemistry.* – 2014. – № 4. – P. 1631-1638. doi.: 10.13005/ojc/300422.
11. Алексеенко В.А. Геохимия окружающей среды. – Пермь, 2013. – 359 с.
12. Liu S., Zhang Y., Bi S., Zhang X., Li X., Lin M., Hu G. Heavy metals distribution and environmental quality assessment for sediments off the southern coast of the Shandong Peninsula, China // *Marine Pollution Bulletin.* – 2015. – Vol.100, № 1. – P. 483-488. doi.: 10.1016/j.marpolbul.2015.09.028.

References

1. Alca, N., Karanik, S., Ödemiş, B. "Assessment of ammonium, nitrate, phosphate, and heavy metal pollution in groundwater from Amik Plain, southern Turkey". *Environ. Monit. Asses.* 186 (2014): 5921-5934.
2. Kazem, D.B., Mahmoud, R.N., Farzaneh, S. "Heavy metal pollution assessment in relation to sediment properties in the coastal sediments of the Southern Caspian Sea". *Marine Pollution Bulletin* 92 (2015): 237-243. doi.: 10.1016/j.marpolbul.2014.12.035.
3. Deroum, E. *Sovremennyye metody YAMR dlya himicheskikh issledovaniy* [Modern NMR methods for chemical research]. M.: Mir, 1992.
4. Luis, R.V., Fernando, M., António, J.A., Amadeu, M.V., Soares, M. "Integrated multivariate approach of ecological and ecotoxicological parameters in coastal environmental monitoring studies". *Ecological Indicators* 95 (2018): 1128-1142. doi.: 10.1016/j.ecolind.2017.11.004.
5. Xiaohu, W., Jian, L., Jun, W. "Influence of coastal groundwater salinization on the distribution and risks of heavy metals". *Science of The Total Environment* 652 (2019): 267-277. doi.: 10.1016/j.scitotenv.2018.10.250.
6. Yifei, Zh., Min, X., Qing, L., Zaifeng, W., Lin, Zh., Ye, Ch. "Study of heavy metal pollution, ecological risk and source apportionment in the surface water and sediments of the Jiangsu coastal region, China: A case study of the Sheyang Estuary". *Marine Pollution Bulletin* 137 (2018): 601-609. doi.: 10.1016/j.marpolbul.2018.10.044.
7. Suyunova, A.B., Zabolotnyh, M.V. "Ekologicheskij monitoring zagryazneniya ihtiofauny nefteproduktami i tyazhelymi metallami Kazahstanskogo sektora Kaspijskogo morya" [Ecological monitoring of ichthyofauna pollution by oil products and heavy metals in the Kazakh sector of the Caspian Sea]. *Bulletin of the Krasnoyarsk state agrarian University* 5 (2016): 83-89.
8. Kroshenko, A.N., Kroshenko, A.N., Postnov, A.A., Ostrovskaya, E.V. "Mezhdunarodnyj ekologicheskij monitoring Kaspijskogo moray" [International environmental monitoring of the Caspian Sea]. *Astrakhan Bulletin of environmental education* 46 (2010): 60-69.
9. O sostoyanii ekologicheskoy obstanovki Mangistauskoj oblasti i istochnikah ego zagryazneniya zagryazneniya [About the state of the ecological situation in the Mangistau region and the sources of its pollution]. Upravlenie prirodnyh resursov i regulirovaniya prirodopol'zovaniya Mangistauskoj oblasti. Aktau, 2011.
10. Kenzhetaev, G. Zh., Syrlybekkyzy, S., Suleimenova, N.Sh., Permyakov, V.N. "Investigation into the Physico-Chemical Properties of Soils of Caspian Sea Coastal Area in Mangystau Province". *Oriental journal of chemistry* 4 (2014): 1631-1638. doi.: 10.13005/ojc/300422.
11. Alekseenko, V. A. *Geohimiya okruzhayushchej sredy* [Geochemistry of the environment]. Perm, 2013.
12. Liu, S., Zhang, Y., Bi, S., Zhang, X., Li, X., Lin, M., Hu, G. "Heavy metals distribution and environmental quality assessment for sediments off the southern coast of the Shandong Peninsula, China". *Marine Pollution Bulletin* 100 (2015): 483-488. doi.: 10.1016/j.marpolbul.2015.09.028.

3-бөлім
**БИОЛОГИЯЛЫҚ
АЛУАНТҮРЛІКТІ САҚТАУДЫҢ
ӨЗЕКТІ МӘСЕЛЕЛЕРІ**

Section 3
**ACTUAL PROBLEMS
OF BIODIVERSITY CONSERVATION**

Раздел 3
**АКТУАЛЬНЫЕ ПРОБЛЕМЫ
СОХРАНЕНИЯ
БИОЛОГИЧЕСКОГО РАЗНООБРАЗИЯ**

Г.К. Хасенгазиева¹ , Н.Ш. Мамилов^{1,2} 

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

²Или-Балхашский государственный природный резерват, Казахстан, г. Балхаш

e-mail: mamilov@gmail.com

РАЗНООБРАЗИЕ ГИДРОБИОНТОВ ДЕЛЬТЫ Р. ИЛЕ В УСЛОВИЯХ МЕНЯЮЩЕЙСЯ АНТРОПОГЕННОЙ НАГРУЗКИ

Дельта р. Иле является одним из крупнейших ветландов Азии. Состояние экосистем этой дельты и прилегающей территории начало вызывать тревогу более 30 лет назад. В 2018 г. восточная часть дельты была включена в территорию Балхаш-Илийского государственного природного резервата. Целью проведенного исследования являлось выяснение современного разнообразия гидробионтов. Сбор материала был проведен весной и летом 2019 г. по стандартным гидробиологическим методикам. Были исследованы биотопы различного типа: река, пойменные разливы, прибрежная часть озера Балхаш. Было установлено высокое содержание аммония на всех исследованных участках весной 2019 г. В составе фитопланктона установлено наличие 31 вида, в составе зоопланктона – только 2, в составе бентоса – 12 видов. Ихтиофауна состоит из 16 видов, на мелководьях преобладают 6 короткоциклических промысловых видов. В целом выявленное разнообразие гидробионтов всех групп оказалось значительно меньше существовавшего в докризисный период. Сложившееся разнообразие указывает на неблагоприятное состояние экосистемы дельты р. Иле. Полученные нами данные служат базовой точкой для оценки мероприятий по сохранению и восстановлению естественных природных экосистем дельты.

Ключевые слова: дельта р. Иле, гидробионты, планктон, бентос, ихтиофауна.

G.K. Khassengaziyeva¹, N.Sh. Mamilov^{1,2}

¹Al-Farabi Kazakh National University, Kazakhtan, Almaty

²Ili-Balkhash State Nature Reserve, Kazakhtan, Balkhash

e-mail: mamilov@gmail.com

Diversity of hydrobionts in delta of the Ile river in changing human impact

Delta of the Ile River is one of the biggest wetlands of Asia. State of ecosystems of the delta and adjacent territories was reported as threatened about 30 years ago. Eastern part of the delta was included in protected area of the Ili-Balkhash State Nature Reserve in 2018 only. Analysis the modern diversity of water organisms was the aim of our investigation. Samples collecting had been done in spring and summer 2019 with common methods of hydrobiological investigations. Different kinds of habitats like river, floodplain lakes and the lakeside were investigated. High concentrations of ammonia were revealed in different part of the delta as well as in the lake in spring. Checklist of phytoplanktons, zooplanktons and benthos consisted from 31, 2 and 12 species respectively. Fishes were presented with 16 alien species; between them 6 short living and noncommercial fish species were the most common in the delta. The modern diversity of hydrobionts is much less in contrast to the period before strong human impact, and indicate poor state of water ecosystems of the delta. The obtained data is started point for long term monitoring and assessment of effectiveness of wildlife management and actions for rehabilitations of natural ecosystems of the Ile delta.

Key words: delta of the Ile River, hydrobionts, plankton, benthos, ichthyofauna.

Г.К. Хасенгазиева¹, Н.Ш. Мамилов^{1,2}

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

²Іле-Балхаш мемлекеттік табиғи резерваты, Қазақстан, Балхаш
e-mail: mamilov@gmail.com

Өзгермелі антропогенді жүктеме жағдайындағы Іле өзеніндегі гидробионттар алуантүрлілігі

Іле өзені Азияның ең ірі ветландтарының бірі. Дельта мен іргелес аумақтың экожүйелерінің жағдайы осыдан 30 жыл бұрын дабыл қаға бастады. 2018 жылы дельтаның шығыс бөлігі Балқаш-Іле мемлекеттік табиғи резерватының аумағына енгізілді. Жүргізілген зерттеудің мақсаты гидробионттардың заманауи алуантүрлілігін анықтау болды. Стандартты гидробиологиялық әдістемелер бойынша материалдарды жинау 2019 жылдың көктемінде және жазында жүргізілді. Әр түрлі биотоптар зерттелді: өзен, Балқаш көлінің жағалау бөлігі. 2019 ж. көктемінде барлық зерттелген учаскелерде аммонийдің құрамы жоғары екендігі анықталды. Фитопланктон құрамында 31 түр бар, зоопланктон құрамында – тек 2 ғана, бентос құрамында – 12 түр бар. Таяз сулардағы балықтардың түрлік алуантүрлілігі көбінесе қысқа циклды кәсіптік емес 6 балықтан тұрады. Жалпы барлық топтағы гидробионттардың анықталған алуантүрлілігі дағдарысқа дейінгі кезеңде болған түрлерден айтарлықтай аз болды. Қалыптасқан алуантүрлілік Іле өзені дельта экожүйесінің қолайсыз жағдайын көрсетеді. Біз алған деректер дельтаның табиғи экожүйелерін сақтау және қалпына келтіру жөніндегі іс-шараларды бағалау үшін базалық нүкте болып табылады.

Түйін сөздер: Іле өзені дельтасы, гидробионт, планктон, бентос, ихтиофауна.

Введение

Пресноводные экосистемы являются наиболее уязвимым компонентом биосферы в связи с ограниченностью этого ресурса и его решающим значением для всех форм жизни [1-3]. Для Центральной Азии проблема загрязнения пресноводных водоемов имеет особую актуальность в связи с ограниченностью водных ресурсов, трансграничным расположением бассейнов основных рек, низкой обеспеченностью населения рыбной продукцией [4].

Состояние естественных экосистем Южного Прибалхашья, и особенно дельты р.Иле, начало вызвать тревогу уже в 1980-х годах [5-7]. Однако в течение последующих 30 лет эффективных мероприятий по сохранению естественного биологического разнообразия и благоприятной для человека окружающей среды не проводилось, несмотря на постоянные напоминания специалистов-биологов [8-10]. Лишь спустя 30 лет после постановки проблемы, в 2018 г. было принято решение о создании Или-Балхашского государственного природного резервата.

Для оценки качества воды могут применяться аналитические методы определения содержания вредных веществ. Такие методы применяются для оценки качества воды в конкретном водоеме с заранее известным источником и временем загрязнения, поскольку требуют дорогостоящего оборудования и соответствующей квалификации операторов. Разнообразие вредных веществ, вы-

деляемых людьми в окружающую среду, делает такой мониторинг бессмысленным, если не известен конкретный источник и тип загрязнения. Поэтому всё больше применяется интегральная оценка природной среды, позволяющая по анализу “здоровья” организмов и популяций, входящих в тестируемую экосистему, осуществлять контроль за изменениями естественной среды при любых видах антропогенного воздействия (фоновый мониторинг), выявлять изменения во времени в одной и той же экосистеме при возрастании или уменьшении любого воздействия (временной мониторинг) [1, 2, 11-13].

Целью проведенного нами исследования являлось изучение современного разнообразия водных организмов на территории вновь организованного резервата. Эти данные являются необходимой основой для мониторинга состояния экосистем и оценки эффективности проводимых мероприятий по сохранению естественного биоразнообразия.

Материалы и методики

Полевые исследования и отбор образцов проводились в мае и июле 2019 г. на участках Когалы Иик (N 46°18.769' E 074°51.626'), Арыстан (N 45°48.571' E 074°38.552') и Коскумбез (N 45°33.015' E 074°53.716'). В летний период также был проведен отбор образцов на участке Нарын (N 45°51.684 E 074°48.104). Аквальные биотопы на территории резервата представлены большим

разнообразием: пелагиаль самого озера Балхаш и прибрежные заливы и лиманы (участок Когалы Иик); основное русло с обрывистыми берегами, омутами, быстрым течением – «канального»

типа (участок Арыстан); широкое меандрирующее русло с мелководными разливами, глубокими заводьями и пойменными озерами (участок Коскумбез).

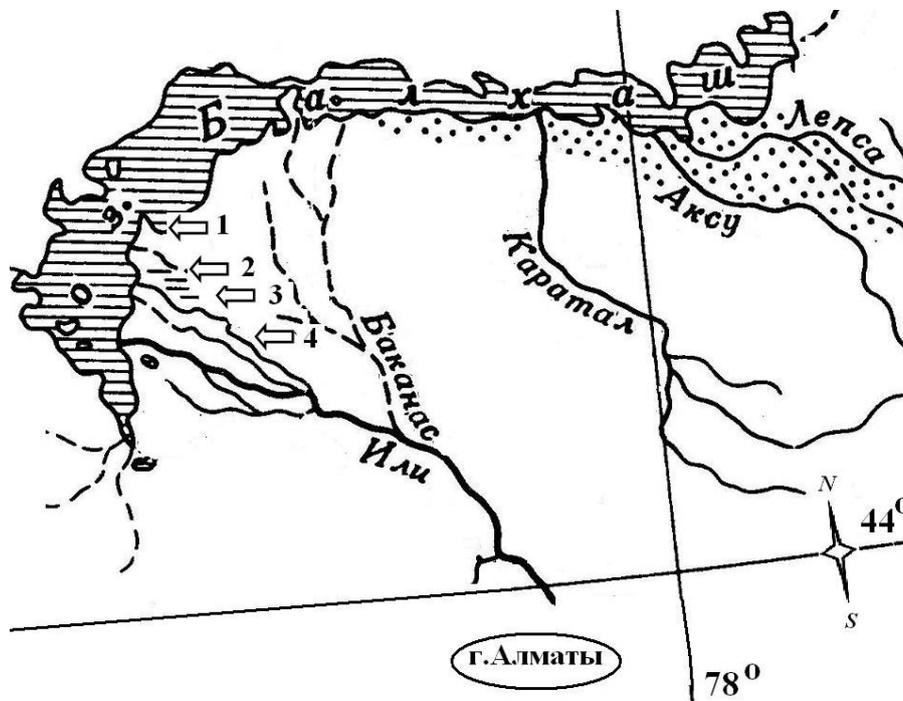


Рисунок 1 – Карта-схема района исследований:
1 – Когалы Иик; 2 – Нарын; 3 – Арыстан; 4 – Коскумбез

Цвет и запах воды определялись органолептически; прозрачность – с помощью диска Секки. Остальные параметры определялись с использованием оборудования фирмы “Hanna Instruments”: температура, минерализация и pH – по показаниям прибора Combo pH & EC, мутность – по показаниям турбонефритметра, содержание аммония в воде – по “HI 96700. Ammonia LR”; содержание нитратов в воде – Nitrate portable photometer HI96728.

Отбор проб осуществлялся в соответствии с руководствами [14, 15]. Всего было отобрано 19 проб по фито- и зоопланктону и 9 проб по бентосу. Сбор проб макрозообентоса осуществлялся дночерпателем с площадью 1\40 м² и смывом с водных растений. Для отлова рыб использовали мальковый бредень и сачок.

Результаты и обсуждение

Физико-химические показатели воды в разные сезоны представлены в таблицах 1 и 2. В

весенний период на всех станциях обнаружено присутствие ионов аммония (NH₄⁺) в концентрациях выше ПДК для рыбохозяйственных водоемов [16], что указывает на антропогенное загрязнение среды обитания рыб. Ионы аммония являются токсичными для всех видов рыб. Присутствие ионов аммония в таких концентрациях в местах размножения рыб значительно снижает эффективность мероприятий по охране воспроизводства ценных пород рыб.

В летний период ионы аммония продолжали сохраняться в водных биотопах на станциях Когалы Иик и Коскумбез, но их концентрация была ниже ПДК для рыбохозяйственных водоемов. На станциях Арыстан и р.Иле в районе г.Баканас было установлено присутствие нитрат-ионов, также указывающих на антропогенное загрязнение воды.

Представленные в таблицах 1 и 2 данные показывают большое разнообразие абиотических условий водных биотопов. Данные по разнообразию фитопланктона представлены в таблице 3.

Таблица 1 – Физико-химические показатели воды весной 2019 г. (максимальные значения)

Показатель	Участки		
	Когалы Иик	Арыстан	Коскумбез
Температура, °C	13.9	17.3	15.5
Цвет	Серо-голубой	Зелено-коричневый	Серо-зелёно-голубая
Запах	Нет	Нет	Нет
Мутность, FTU	19.69 – открытая часть озера; 22.97 – побережье; 1.68 – зеркало за стеной тростника	25.53-27.07 – основное русло; 17.17 – заводь за тростником	45.25-47.80 – основное русло; 3.87 – пойменное озеро за стеной тростника и рогаза
Прозрачность	≥1.5 м	0.4 м	≥0.7 м
pH	8.72	8.03	8.41
Минерализация, ppm	1056	265-267	235-237
NH ₄ ⁺ , мг/л	1.69	0.62	≥3.00

Таблица 2 – Физико-химические показатели воды летом 2019 г. (максимальные значения)

Показатель	Участки			
	Когалы Иик	Арыстан	Коскумбез	Нарын
Температура, °C	24.1	25.6	30.4	28.6
Цвет	Серо-голубой	Серо-зелено-голубая	Серо-зелёно-голубая	Светло-жёлтый
Запах	Нет	Нет	Слабый болотный	Без запаха
Мутность, FTU	48.86 – открытая часть озера (волны); 4.80 – зеркало за стеной тростника	30,07	3,52	1,90
Прозрачность	0.5 и ≥1.5 м	0.7 м	≥1.5 м	≥1.8 м
pH	7.98	8.06	8.56	9.27
Минерализация, ppm	1219	248	674	226
NH ₄ ⁺ , мг/л	0.01	0	0.03	0
NO ₃ ⁻ , мг/л	0.00	0.4	0	0

Таблица 3 – Разнообразие фитопланктона весной и летом 2019 г.

Таксоны	Коскумбез		Арыстанды		Когалы-Иик		Нарын
	1	2	3	4	5	6	7
<i>Oscillatoria sp</i>	0	0	+	+	+	+	+
<i>Merismopedia punctata</i>	+	+	+	+	+	+	+
<i>Microcystis sp. (pulverea)</i>	0	0	+	+	+	+	+
<i>Aphanothece sp.</i>	+	+	+	+	+	+	+
<i>Anabaena sp.</i>	0	0	+	+	+	+	0
<i>Mougeotia</i>	0	0	0	0	+	+	+
<i>Tabellaria fenestrata</i>	0	0	+	+	+	+	+
<i>Melosira</i>	0	0	0	0	+	+	+
<i>Amphora ovalis</i>	+	+	+	+	+	+	+
<i>Cyclotella meneghiniana</i>	+	+	+	+	0	0	0

Таксоны	Коскумбез		Арыстанды		Когалы-Иик		Нарын
	1	2	3	4	5	6	7
<i>Fragilaria crotonensis</i>	+	+	+	+	+	+	+
<i>Zygnema sp.</i>	0	0	+	+	+	+	0
<i>Spirogyra sp.</i>	0	0	+	+	+	+	0
<i>Desmidium schwartzii</i>	0	0	+	+	+	+	+
<i>Binuclearia lauterbornii</i>	+	+	+	+	+	+	+
<i>Synedra acus</i>	+	+	+	+	+	+	+
<i>Synedra ulna</i>	+	+	+	+	+	+	+
<i>Dictyosphaerium pulchellum</i>	0	0	0	0	+	+	+
<i>Cosmarium sp</i>	0	0	0	0	0	0	+
<i>Amphiprora paludosa</i>	+	+	+	+	+	+	+
<i>Asterionella formosa</i>	+	+	+	+	+	+	+
<i>Cocconeis pediculus</i>	+	+	+	+	+	+	+
<i>Caloneis sp.</i>	+	+	+	+	0	0	0
<i>Diploneis smithii</i>	+	+	+	+	+	+	+
<i>Diploneis pseudoovalis</i>	+	+	+	+	+	+	+
<i>Navicula cryptocephala</i>	+	+	+	+	+	+	+
<i>Navicula sp. (hungarica?)</i>	+	+	+	+	+	+	+
<i>N. cuspidata</i>	+	+	+	+	+	+	+
<i>Gomphonema angustatum</i>	+	+	+	+	+	+	+
<i>Gyrosigma acuminatum</i>	+	+	+	+	+	+	0
<i>Nitzschia apiculata</i>	+	+	+	+	+	+	+
Всего:							

Примечание: 1, 3, 5 – весенние сборы, 2, 4, 6, 7 – летние сборы

Выявленное разнообразие оказалось намного беднее ожидаемого по сравнению с опубликованными данными: в 2012 г. Л.П. Понамарёва и Р.А. Ермагамбетова установили в составе фитопланктона оз. Балхаш 190 видов водорослей, относящихся к 6 отделам, среди которых: синезеленых – 42, диатомовых – 71, зеленых – 63, эвгленовых – 6, пиррифитовых – 5, золотистых – 3. По многолетним показателям биомассы фитопланктона оз. Балхаш можно отнести к бета-олиготрофному водоему, низкого класса трофности [17]. В исследованных нами пробах был обнаружен 31 вид водорослей, из которых 17 видов присутствовали во всех биотопах. Видовой состав фитопланктона не изменялся по сезонам. Стабильный видовой состав в каждом биотопе свидетельствует о том, что сезонные изменения минерализации воды и рН, температуры и соединения азота не оказывают решающего значения на состав водорослей. Наи-

большее разнообразие было в самом оз. Балхаш (участок Когалы Иик). Участок Коскумбез отличался наименьшим видовым разнообразием, хотя в мелководных и зарастающих макрофитами участках акватории численность и биомасса фитопланктона должны быть более высокими, так как при средней глубине водный слой равномерно прогревается, что способствует хорошему развитию фитопланктона. Температура стимулирует развитие *Bacillariophyta* и *Cyanophyta*, но ее чрезмерное повышение неблагоприятно действует на *Chrysophyta*. В развитии *Euglenophyta* важную роль играет глубина воды. На участке Коскумбез течение замедлено и имеются широкие заросшие погруженной водной растительностью разливы. Виды *Oscillatoria sp.*, *Microcystis sp. (pulverea)*, *Tabellaria fenestrata*, *Desmidium schwartzii* доминировали во всех станциях, кроме станции Коскумбез. Можно предположить, что низкая прозрачность воды повлияла на изме-

нение видового состава планктонных водорослей на этом участке. *Anabaena sp.*, *Zygnema sp.*, *Spirogyra sp.* не встречались в станциях Коскумбез и Нарын. Это можно объяснить тем, что эти виды водорослей являются кормовыми для рыб-фитофагов. Скопление водорослей происходит в хорошо прогреваемых участках, прозрачной или умеренно прозрачной воде. Снижение рН

так же благоприятно воздействует росту фитопланктона. *Cosmarium sp* встречалось только в пробах станции Нарын. *Cyclotella meneghiniana* и *Caloneis sp.* характерны только для проточных вод. Специфичных видов для озера Балхаш не отмечено, но виды *Melosira*, *Mougeotia* и *Dictyosphaerium pulchellum* были специфичны для Балхаша и участке Нарын.

Таблица 4 – Разнообразие зоопланктона и зообентоса весной и летом 2019 г.

Таксоны	Коскумбез		Арыстанды		Когалы-Иик		Нарын
	1	2	3	4	5	6	7
Зоопланктон:							
<i>Macrocyclus albidus</i>	0	0	+	+	+	+	0
<i>Nauplis (Cyclops sp)</i>	+	+	+	+	+	+	0
Всего	1	1	2	2	2	2	0
Бентос:							
<i>Libellula (dragonfly)</i>	0	0	0	+	0	+	0
<i>Notonecta glauca (water bugs)</i>	0	+	0	0	0	0	+
<i>Corixa affinis</i>	0	+	0	0	0	0	0
<i>Nepa cinerea</i>	0	+	0	0	0	0	0
<i>Gammarus caradiophilus</i>	0	0	0	0	+	+	0
<i>Palaemon modestus</i>	+	+	0	+	0	0	+
<i>Coenagrion puella L Lestes</i>	0	0	+	0	0	0	0
<i>Dytiscus latissimus L.</i>	0	0	+	0	0	0	0
<i>Oligochaeta Limnodrilus sp</i>	0	0	+	0	+	0	0
Брюхоногие моллюски	0	0	0	+	+	+	+
Двухстворчатые моллюски	0	0	0	0	+	0	0
Всего	1	4	3	3	4	3	3
Примечание: 1, 3, 5 – весенние сборы, 2, 4, 6, 7 – летние сборы							

Таксономическое разнообразие зообентоса оз. Балхаш прежде состояло из 93 видов и форм беспозвоночных из 11 систематических групп. Здесь были аборигенные представители олигохет, брюхоногих моллюсков, личинок насекомых и интродуцированные кормовые беспозвоночные – полихеты, двухстворчатые моллюски и высшие ракообразные. Биомасса зообентоса формировалась за счет массового развития полихет, двухстворчатых моллюсков, мизид и корофид. Значительную роль в образовании биомассы играли также аборигенные крупные личинки хирономид [18].

В составе зообентоса исследованных нами участков дельты р. Иле было выявлено только 6 крупных систематических групп беспозвоночных и 12 видов: *Oligochaeta* – 1 вид, *Mollusca* – 2,

Crustacea – 3, *Odonata* – 2, *Hemiptera* – 3, *Coleoptera* – 1.

Зообентос оказывает сильное влияние на фитопланктонное сообщество, что отражается на многолетней изменчивости биомасс этих сообществ. Это обусловлено доминированием двухстворчатых моллюсков, питающихся простейшими, органическими веществами и фитопланктоном. По данным 1996-2012 гг. биомасса бентоса увеличилась в среднем в 4 раза по причине существенного роста моллюска *monodacna colorata*. Высокая биомасса моллюска *monodacna colorata* влияет на снижение количественных показателей зоопланктонного сообщества как конкурентного потребителя фитопланктона [19].

Работы по обогащению донной фауны водоема проводились в течение восьми лет – с 1958 по 1965 г. Всего в озеро было вселено и прижилось восемь видов беспозвоночных каспийского комплекса: высшие ракообразные – мизиды *Paramysis intermedia*, *P. lacustris*, *P. baeri*, *P. ullskyi* и корофииды *Corophium curvispinum*, полихеты-амфаретиды *Hupania invalida*, *Hupaniola kowalewskii* и двустворчатый моллюск *Monodacna colorata*. В 1983–1985 гг. из Капшагайского водохранилища первоначально в водоемы дельты р. Иле, а затем и в оз. Балхаш проникли еще два вида ракообразных – гаммарус *Dikerogammarus haemobaphes* и креветка *Palaemon superbus* из отряда десятиногих раков.

Благодаря слабой видовой насыщенности биоценозов озера, акклиматизированные гидробионты не вытеснили аборигенные виды из их ареалов, увеличив биомассу бентоса в целом по озеру более чем в 4 раза. Особенно значительное повышение наблюдалось в Западном Балхаше, где за счет массового развития моллюска цветная монодакна и мизид кормность зообентоса увеличилась в 20 с лишним раз [20]. Виды-вселенцы прочно вошли в пищевой рацион рыб-бентофагов, заметно изменив и расширив его, что способствовало увеличению численности сазана и леща и улучшению их размерно-весовых показателей [21]

Видовой состав рыбного населения в 2019 г. оказался бедным в сравнении с потенциально возможным для дельтовой зоны р.Иле, судя по ранее опубликованным данным [22, 23]. Здесь можно было бы ожидать наличие 12 аборигенных и 24 чужеродных видов рыб. Однако в настоящее время ни одного представителя аборигенной ихтиофауны не было обнаружено. Чужеродные были представлены 16 видами: речная абботтина *Abbottina rivularis*, амурский чебачек *Pseudorasbora parva*, глазчатый горчак *Rhodeus ocellatus*, медака *Oryzias sinensis*, китайский бычок *Rhinogobius cheni*, элеотрис *Micropercops cinctus*, каспийская вобла *Rutilus rutilus caspicus*, белый амур *Ctenopharyngodon idella*, обыкновенный жерех *Aspius aspius*, лещ *Abramis brama*, серебряный карась *Carassius gibelio*, сазан *Cyprinus carpio*, белый толстолобик *Hypophthalmichthys molitrix*, обыкновенный сом *Silurus glanis*, судак *Sander lucioperca*, амурский змеёголов *Channa argus*. (табл. 4). Основу

ихтиофауны мелководий в 2019 г. составляли короткоцикличные виды рыб амурского комплекса: псевдорасбора (амурский чебачок), медака, амурский бычок, глазчатый горчак, элеотрис и амурский бычок. На участках Когалы Иик и Нарын, Коскумбез в летний период было выражено численное доминирование одного вида: молодь плотвы на участках Когалы Иик и Нарын, элеотрис – на участке Коскумбез. Основу питания элеотриса составляет животная пища, в питании псевдорасборы, медаки и абботтины заметную роль играют водоросли [24]. Сине-зеленые водоросли так же были отмечены в питании амурского бычка [25]. Молоди сазана, белого амура, белого толстолобика и сома в 2019 г. не обнаружено. Молодь жереха, леща, судака, змеёголова представлена всего по 1 экземпляру каждого вида. Таким образом, существующие условия неблагоприятны для воспроизводства этих видов. Бедность видового разнообразия и выраженное доминирование одного вида являются одними из индикаторов стрессового состояния сообществ рыб. Таким образом, в настоящее время состояние аквальных экосистем Или-Балхашского государственного природного резервата оценивается как неблагоприятное. Имеющийся мировой опыт по восстановлению пресноводных экосистем показывает, что решение существующих проблем требует совместных усилий ученых, администрации и персонала охраняемых территорий, местного населения и местных органов управления [26].

Выводы

1 Водные экосистемы дельты р.Иле продолжают испытывать значительную антропогенную нагрузку. Высокие концентрации ионов аммония в нерестовый период оказывают неблагоприятное воздействие на молодь рыб.

2 Разнообразие гидробионтов оказалось ниже, чем в предыдущие годы: всего было обнаружено 31 вид фитопланктона, 12 – бентоса, 2 – зоопланктона, 16 видов рыб.

Благодарность. Авторы выражают большую благодарность всем сотрудникам Или-Балхашского государственного природного резервата, оказавшим помощь в проведении полевых сборов и наблюдений.

Литература

- 1 Савваитова К.А., Чеботарева Ю.В., Пичугин М.Ю., Максимов С.В. Аномалии в строении рыб как показатель состояния природной среды // Вопросы ихтиологии. – 1995. – Т.35, №2 – С. 182-188.
- 2 Брагинский Л.П. Принципы классификации и некоторые механизмы структурно-функциональных перестроек пресноводных экосистем в условиях антропогенного пресса // Гидробиологический журнал. – 1998. – Т.34, №6 – С.72-94.
- 3 Vörösmarty C.J., McIntyre P.B., Gessner M.O., Dudgeon D., Prusevich A., Green P., Glidden S., Bunn S.E., Sullivan C.A., Reidy Liermann C., Davies P.M. Global threats to human water security and river biodiversity // Nature – 2010. – V.467 – P.55-561. doi:10.1038/nature09440.
- 4 Gozlan R.E., Karimov B.K., Zadereev E., Kuznetsova D., Sandra Brucet S. (2019) Status, trends, and future dynamics of freshwater ecosystems in Europe and Central Asia // Inland Waters. DOI: 10.1080/20442041.2018.1510271.
- 5 Махмудов А.Х. Дельта р.Или и проблема ее сохранения. 10 объединенный пленум Советского и республиканского комитетов по программе ЮНЕСКО «Человек и биосфера». – Алма-Ата: Наука, 1988. – С. 48.
- 6 Русяева Г.К., Романова С.М. Антропогенное воздействие на некоторые экосистемы оз.Балхаш // 10 объединенный пленум Советского и республиканского комитетов по программе ЮНЕСКО «Человек и биосфера». – Алма-Ата: Наука, 1988. – С. 61.
- 7 Мельников В.А., Шустов А.И. Экологическая оценка проекта мелиоративного переустройства дельты рек Или // 10 объединенный пленум Советского и республиканского комитетов по программе ЮНЕСКО «Человек и биосфера». – Алма-Ата: Наука, 1988. – С.114.
- 8 Petr T., Mitrofanov V.P. The impact on fish stocks of river regulation in Central Asia and Kazakhstan// Lakes and Reservoirs: Research and Management. – 1998. – V.3. – P.143-164.
- 9 Самакова А.Б. Проблемы гидроэкологической устойчивости в бассейне озера Балхаш. – Алматы: Каганат, 2003 – 584 с. ISBN 9965-25-136-3.
- 10 Zhatkanbayev A.Z.-U. Creating protected areas on Lake Balkhash and Ili River Delta in the Kazakhstan Respublic. In: Waterbirds around the world. Eds. Boere G.C., Galbraith C.A., Stroud D.A – Edinburg, UK., 2006. – P.275-276.
- 11 Китаев С.П. Экологические основы биопродуктивности озер разных природных зон. – М.: Наука, 1984. – С.129-131.
- 12 Решетников Ю.С., Попова О.А., Кашулин Н.А., Лукин А.А., Амундсен П.-А., Сталдвик Ф. Оценка благополучия рыбной части водного сообщества по результатам морфологического анализа рыб // Успехи современной биологии. – 1999. – Т.119, №2. – С.165-177.
- 13 Захаров В.М., Баранов А.С., Борисов В.И., Валецкий А.В., Кряжева Н.Г., Чистякова Е.К., Чубинишвили А.Т. Здоровье среды: методика оценки – М.: Центр экологической политики России, 2000. – 68 с.
- 14 Методические рекомендации по сбору и обработке материалов гидробиологических исследований на пресноводных водоемах. Зообентос и его продукты. – Л.: Гидрометеоздат, 1984. – 51 с.
- 15 Руководство по методам гидробиологического анализа поверхностных вод и донных отложений. – Л.: Гидрометеоздат, 1983. – 239 с.
- 16 Обобщенный перечень предельно допустимых концентраций (ПДК) вредных веществ для воды рыбохозяйственных водоемов. – Москва, 1990. – 135 с.
- 17 Пономарева Л.П., Ермагамбетова Р.А. Оценка экологического состояния оз. Балхаш по планктону// Животный мир Казахстана и сопредельных территорий. – Алматы: Нур-Принт, 2012. – С.154-155.
- 18 Садырбаева Н.Н. Об изменении биологических показателей сазана озера Балхаш в связи с акклиматизацией бентосных организмов // Сельскохозяйственные науки и агропромышленный комплекс. – 2013. – С.162-165.
- 19 Алимов А.Ф. Функциональная экология двухстворчатых моллюсков. – Л.: Труды Зоолог. ин-та, 1981. – Т.96. – 248 с.
- 20 Тютеньков С.К. Итоги и перспективы акклиматизации рыб и беспозвоночных в водоемах Казахстана. – Фрунзе: Илим, 1972. – С. 85–89.
- 21 Воробьева Н.Б. Изменение экосистемы озера Балхаш в процессе акклиматизации беспозвоночных. / Н. Б. Воробьева // Итоги и перспективы акклиматизации рыб и беспозвоночных в водоемах СССР. – М., 1980. – С. 203–205.
- 22 Никольский Г.В., Евтюхов Н.А. Рыбы равнинного течения р.Или // Бюлл. МОИП Отд.биол. – 1940. – Т.49(5/6). – С.57-70.
- 23 Дукравец Г.М., Митрофанов В.П. Видовой состав ихтиофауны Казахстана (с круглоротыми) и ее распределение по водоемам по состоянию на 1986-1990 г.г. // Рыбы Казахстана. – Алма-Ата: Ғылым, 1992. – Т.5. – С.414-418.
- 24 Мамилова Р.Х. О характере питания некоторых малоценных и сорных видов рыб Капчагайского в-ща // Биологические науки. – Алма-Ата: КазГУ, 1975. – Вып.9. – С.135-141.
- 25 Анциферова Т.И. Рыбы дальневосточно-китайского комплекса в Балхаш-Илийском бассейне // Биол. основы рыбного хоз-ва водоемов Ср. Азии и Казахстана. – Алма-Ата: Наука, 1970. – С.34-36.
- 26 Suski S.D., Cooke S.J. Conservation of aquatic resources through the use of freshwater protected areas: opportunities and challenges // Biodivers. Conserv. – 2006. DOI 10.1007/s10531-006-9060-7.

References

- 1 Savvaitova, K. A., Chebotareva, Yu. V., Pichugin, M. Yu. and Maksimov, S. V. «Anomalii v stroenii ryb kak pokazatel' sostoyaniya prirodnoj sredy». [“Anomalies in the structure of fish as an indicator of the state of the natural environment.”] *Voprosy ihtiologii* 35, No. 2 (1995): 182-188. (In Russian).
- 2 Braginsky, L. P. «Principy klassifikacii i nekotorye mekhanizmy strukturno-funkcional'nyh perestroek presnovodnyh ekosistem v usloviyah antropogenogo pressa». [“Principles of classification and some mechanisms of structural and functional rear-

rangements of freshwater ecosystems under anthropogenic pressure”] *Hydrobiologicheskij journal* 34, No. 6 (1998): 72-94. (In Russian).

3 Vörösmarty, C.J., McIntyre, P.B., Gessner, M.O., Dudgeon, D., Prusevich, A., Green, P., Glidden, S., Bunn, S.E., Sullivan, C.A., Reidy Liermann, C., Davies, P.M. «Global threats to human water security and river biodiversity». *Nature* 467, (2010): 55-561. doi:10.1038/nature09440.

4 Gozlan, R. E., Karimov, B. K., Zadereev, E., Kuznetsova, D., Sandra, Brucet S. «Status, trends, and future dynamics of freshwater ecosystems in Europe and Central Asia. *Inland Waters*, (2019). DOI: 10.1080/20442041.2018.1510271.

5 Mahmudov, A. H. Del'ta r.Ili i problema ee sohraneniya. [Delta of the river Ili and the problem of its preservation] 10 joint Plenum of the Soviet and Republican committees on the UNESCO program “Man and the biosphere”. Alma-Ata: Science, 1988. (In Russian).

6 Rusyaeva, G. K., Romanova, S. M. Antropogennoe vozdeystvie na nekotorye ekosistemy oz.Balkhash. [Anthropogenic impact on some ecosystems of the lake.Balkhash] 10 joint Plenum of the Soviet and Republican committees on the UNESCO program “Man and the biosphere”. Alma-Ata: Science, 1988. (In Russian).

7 Melnikov, V. A., Shustov, A. I. Ekologicheskaya ocenka proekta meliorativnogo pereustrojstva del'ty rek Ili. [Ecological assessment of the project of reclamation reconstruction of the Delta of rivers] 10 joint Plenum of the Soviet and Republican committees on the UNESCO program “Man and the biosphere. Alma-Ata: Science, 1988. (In Russian).

8 Petr, T., Mitrofanov, V.P. «The impact on fish stocks of river regulation in Central Asia and Kazakhstan». *Lakes and Reservoirs: Research and Management*, 3 (1998): 143-164.

9 Samakova, A. B. (Ed.) *Problems of hydroecological stability in the basin of lake Balkhash. [Problems of hydroecological stability in the basin of lake Balkhash]*. Almaty: Kaganat., 2003. (In Russian).

10 Zhatkanbayev, A.Z.-U. *Creating protected areas on Lake Balkhash and Ili River Delta in the Kazakhstan Republic*; Boere G.C., Galbraith C.A., Stroud D.A «In: Waterbirds around the world». [«In: Waterbirds around the world”]. Edinburg, UK., 2006.

11 Kitaev, S. P. *Ekologicheskie osnovy bioproduktivnosti ozer raznyh prirodnyh zon. [Ecological bases of bioproductivity of lakes of different natural zones]*. M.: Science, 1984. (In Russian).

12 Reshetnikov, Yu. S., Popova, O. A., Kashulin, N. A., Lukin, A. A., Amundsen, P.-A., Staldvik, F. «Assessment of the well-being of the fish part of the aquatic community based on the results of morphological analysis of fish». [“Assessment of the well-being of the fish part of the aquatic community based on the results of morphological analysis of fish”]. *Advances in modern biology*, 119, №2. (1999): 165-177. (In Russian).

13 Zakharov, V. M., Baranov, A. S., Borisov, V. I., Valetsky, A.V., Kryazheva, N. G., Chistyakova, E. K., Chubinshvili, A.T. «Zdorov'e sredy: metodika ocenki». [“Environmental Health”]. *Center for environmental policy of Russia*. (2000): 68. (In Russian).

14 *Metodicheskie rekomendacii po sboru i obrabotke materialov pri gidrobiologicheskikh issledovaniyah na presnovodnyh vodoyomah. Zoobentos i ego produkcija. [Methodical recommendations on collection and processing of materials of hydrobiological researches on freshwater reservoirs. Zoobenthos and its products]*. L., 1984. (In Russian).

15 *Rukovodstvo po metodam gidrobiologicheskogo analiza poverhnostnyh vod i donnyh otlozhenij. [Guide to methods of hydrobiological analysis of surface water and sediments]*. Leningrad: Gidrometeoizdat, 1983. (In Russian).

16 *Obobshchennyj perechen' predel'no dopustimyh koncentracij (PDK) vrednyh veshchestv dlya vody rybohozyajstvennyh vodoyomov. [The Generalized list of maximum permissible concentrations (MPC) of harmful substances for water of fishery reservoirs]*. Moscow, (1990). (In Russian).

17 Ponomareva, L. P., Ermagambetova, R. A. *Ocenka ekologicheskogo sostoyaniya oz. Balkhash po planktonu. [Assessment of the ecological state of the lake. Balkhash in the plankton]*. Almaty: Nur-Print, 2012. (In Russian).

18 Sadyrbaeva, N. N. «Ob izmenenii biologicheskikh pakazatelej sazana ozera Balkhash v svyazi s akklimatizaciej bentosnyh organizmov». [“On the change of biological pathogens of lake Balkhash carp in connection with the acclimatization of benthic organisms”]. *Agricultural Sciences and agro-industrial complex*. (2013): 162-165. (In Russian).

19 Alimov, A. F. *Funkcional'naya ekologiya dvuhstvorchatykh mollyuskov. [Functional ecology of bivalves]*. L.: Zoologist. in-t. T 96., 1981. (In Russian).

20 Tutunnikov, S. K. *Itogi i perspektivy akklimatizacii ryb i bespozvonochnyh v vodoyomah Kazahstana. [Results and perspectives of acclimatization of fishes and invertebrates in water bodies of Kazakhstan]* Frunze, 1972. (In Russian).

21 Vorobyeva, N. B. *Izmenenie ekosistemy ozera Balkhash v processe akklimatizacii bespozvonochnyh. [Changing the ecosystem of lake Balkhash in the process of invertebrate acclimatization]*. *Itogi i perspektivy akklimatizacii ryb i bespozvonochnyh v vodoyomah SSSR*. M., 1980. (In Russian).

22 Nikolsky, G. V., Evtuykhov, N. A. «Ryby ravninnogo techeniya r.Ili». [“Fishes of the plain flow of the Ili river”]. *Byull. MOIP Otd.biol.* 49, (5/6). (1940): 57-70. (In Russian).

23 Dukravets, G. M., Mitrofanov, V. P. «Vidovoj sostav ihtiofauny Kazahstana (s kruglorotymi) i ee raspreделение po vodoyomam po sostoyaniyu na 1986-1990 g.g.». [“Species composition of ichthyofauna of Kazakhstan (with roundworms) and its distribution on reservoirs as of 1986-1990”]. *Fishes of Kazakhstan. Alma-Ata: Gylym. V. 5. (1992): 414-418. (In Russian).*

24 Mamilova, R. Kh. «O haraktere pitaniya nekotoryh malocennyh i sornyh vidov ryb Kapchagajskogo v-shcha». [“On the nature of nutrition of some low-value and weed species of fish of the Kapchagai region”]. *Biological sciences* 9, (1975): 135-141. (In Russian).

25 Antsiferova, T. I. *Ryby dal'nevostochno-kitajskogo kompleksa v Balkhash-Ilijskom bassejne. [Fish of the far East-Chinese complex in the Balkhash-ili basin]*. Bio. fundamentals of fish farming of water bodies of the Central Asia and Kazakhstan. Alma-Ata: The science, 1970. (In Russian).

26 Suski, S.D., Cooke, S.J. «Conservation of aquatic resources through the use of freshwater protected areas: opportunities and challenges». *Biodivers. Conserv.* (2006). DOI 10.1007/s10531-006-9060-7.

**G. Sypabekkyzy, Y.V. Rakhimova, B.D. Yermekova,
L.A. Kyzmetova, A.M. Assylbek**

Institute of Botany and Phytointroduction,
Kazakhstan, Almaty e-mail: gulnaz_92_21@mail.ru

SMUT FUNGI OF ZAILIYSKY ALATAU: SPECIES COMPOSITION, HOST RANGE AND DISTRIBUTION FEATURES

Smut fungi of Zailiysky Alatau have not been studied enough, despite the fact that they are of great economic importance, like parasites of cereal plants. Therefore, the work purpose was to identify the species composition of smut fungi in Zailiysky Alatau, to establish the range of their host plants and distribution along the altitudinal belts. The scientific and practical significance of the work lies in the discovery of new species of smut fungi for Zailiysky Alatau, obtaining data on their location and distribution. The material for article was the authors' own collections from research area. Preparation of specimens was carried out according to standard methods. The article presents a list of smut fungi on the territory of Zailiysky Alatau (main ridge, Chu-Ili mountains, Sugaty, Boguty, Turaigyr), including 75 species from two classes, according to modern systematics. The genera *Entyloma* (18 species), *Ustilago* (15), and *Urocystis* (11) are the most widely represented. The greatest variety of smut fungi (50 species) is characteristic of the main ridge of Zailiysky Alatau, 27 – of Chu-Ili mountains, 4 – of Sugaty and Turaigyr, 3 species in Boguty. *Ustilago cynodontis* on *Cynodon dactylon* and species of the genus *Anthracoidea* on *Carex* spp. are widespread throughout study area. Smut fungi were registered on 81 host plants from 15 families. Most smut fungus species affect cereal plants (33 species) and representatives of the *Asteraceae* (8) and *Ranunculaceae* family (6). 44 smut fungi are characteristic of monocotyledonous plants. The greatest number of smut fungus species is observed in the ephemeroide-sagebrush-feather grass desert steppes and typical forb-fescue-feather grass steppes (31 and 25 species, respectively). On subnival vegetation, only 2 species were recorded. The value of the study and its practical value lies in the discovery of new species of smut fungi for Zailiysky Alatau, obtaining data on their location and distribution.

Key words: host-plant, light microscopy, mycobiota, smut fungus, spore.

Г. Сыпабеккызы, Е.В. Рахимова, Б.Д. Ермакова,
Л.А. Кызметова, А.М. Асылбек

Ботаника және фитоинтродукция институты,
Қазақстан, Алматы қ., e-mail: gulnaz_92_21@mail.ru

Іле Алатауының қарақүйе саңырауқұлақтары: түрлік құрамы, иелік өсімдіктері және таралу ерекшеліктері

Іле Алатауының қарақүйе саңырауқұлақтары астық тұқымдас өсімдіктерінің паразиттері ретінде экономикалық маңыздылығына қарамастан толық зерттелмеген. Сондықтан жұмыстың мақсаты Іле Алатауының қарақүйе саңырауқұлақтарының түрлік құрамын, олардың иелік өсімдіктерін және биіктік белдеулер бойынша таралуын анықтау болды. Жұмыстың ғылыми және практикалық маңыздылығы үшін Іле Алатауының қарақүйе саңырауқұлақтарының жаңа түрлерін табу, олардың анықталған жері мен таралуы туралы мәліметтер алу болып табылады. Мақала үшін материал – зерттеу аймағындағы авторлардың жеке жинақтарынан алынды. Препараттарды дайындау стандартты әдістеме бойынша жүзеге асырылды. Үлгілер *Polyvar* фотомикроскобында интерференциялық Номарский оптикасы көмегімен суретке түсіріліп зерттелді. Мақалада Іле Алатауы аумағында кездесетін (негізгі жотасы, Шу-Іле таулары, Сөгеті, Бөгеті, Торайғыр) қарақүйе саңырауқұлақтарының қазіргі жүйеге сәйкес екі класына жататын 75 түрінің тізімі келтірілген. Ең кең таралған түрлері *Entyloma* (18 түр), *Ustilago* (15 түр) және *Urocystis* (11 түр). Қарақүйе саңырауқұлақтарының (50 түрі) алуан түрлілігі Іле Алатауының негізгі жотасына тән, Шу-Іле тауларында 27 түр, Сөгеті мен Торайғырда 4 түр, Бөгетіде 3 түр табылды. *Synodon dactylon* өсімдігіндегі *Ustilago cynodontis* түрі және *Carex* туысында кездесетін *Anthracoidea* туысы түрлері зерттеу аймағы бойынша кең таралған. Іле Алатауының негізгі жотасы мен Шу-Іле тауларындағы қарақүйе саңырауқұлақтарының алуан түрлілігі осы массивтердің едәуір аумағымен және табиғи жағдайларының әртүрлілігімен тығыз байланысты. Қарақүйе саңырауқұлақтары иелік өсімдіктердің

15 тұқымдас, 81 түрінде тіркелген. Қаракүйе саңырауқұлақтарының көпшілігі астық тұқымдас өсімдіктерін (33 түр) және Asteraceae (8 түрі) және Ranunculaceae (6 түрі) тұқымдастарының өкілдерін зақымдайды. Қаракүйе саңырауқұлақтарының 44 түрі даражарнақты өсімдіктерге тән. Қаракүйе саңырауқұлақтары түрлерінің ең көп саны шөлейттенген эфемероидты-жусанды-қаулы (31 түр) және нағыз алуантүрлі шөптесінді-бетегелі-қаулы далаларда (25 түр) байқалады. Жалпы дала микобиотасында қаракүйе саңырауқұлақтарының 54 түрі тіркелген. Субнивалды өсімдік жабынында тек 2 түрі ғана кездесті. Жүргізілген зерттеулердің құндылығы мен практикалық маңызы Іле Алатауы жағдайында қаракүйе саңырауқұлақтарының табылған жаңа түрлері, олардың анықталған жері мен таралу ерекшеліктері туралы мәліметтерге негізделеді.

Түйін сөздер: жарық микроскопиясы, қаракүйе саңырауқұлақтары, микобиота, өсімдік-иесі, спора.

Г. Сыпабекқызы, Е.В. Рахимова, Б.Д. Еркемова,
Л.А. Кызметова, А.М. Асылбек

Институт ботаники и фитоинтродукции,
Казахстан, Алматы, e-mail: gulnaz_92_21@mail.ru

Головневые грибы Заилийского Алатау: видовой состав, круг хозяев и особенности распространения

Головневые грибы Заилийского Алатау изучены недостаточно, несмотря на то, что они имеют большое экономическое значение, как паразиты злаковых растений. Поэтому целью работы было определение видового состава головневых грибов Заилийского Алатау, круга их хозяев и распространения по высотным поясам. Научная и практическая значимость работы заключается в обнаружении новых видов головневых грибов для Заилийского Алатау, получении данных о их местонахождении и распространении. Материалом для статьи служили собственные сборы авторов из района исследований. Приготовление препаратов осуществлялось по стандартной методике. Образцы изучались и фотографировались с помощью фотомикроскопа Polyvar с интерференционной оптикой Номарского. В статье представлен список головневых грибов на территории Заилийского Алатау (основной хребет, Чу-Илийские горы, Сюгаты, Богуты, Турайгыр), включающий 75 видов из двух классов, согласно современной систематике. Наиболее широко представлены роды *Entyloma* (18 видов), *Ustilago* (15) и *Urocystis* (11 видов). Наибольшее разнообразие головневых грибов (50 видов) характерно для основного хребта Заилийского Алатау, в Чу-Илийских горах обнаружено 27 видов, в Сюгаты и Турайгыр – по 4 вида, в Богутах – 3 вида. *Ustilago synodontis* на *Synodon dactylon* и виды рода *Anthracoidea* на представителях *Carex* широко распространены по всей территории исследований. Высокий уровень разнообразия головневых грибов в основном хребте Заилийского Алатау и в Чу-Илийских горах связан со значительной площадью этих массивов и разнообразием природных условий. Головневые грибы зарегистрированы на 81 виде питающих растений из 15 семейств. Большинство видов головневых грибов поражают злаковые растения (33 вида) и представителей семейства Asteraceae (8) и Ranunculaceae (6 видов). 44 представителя головневых грибов характерны для однодольных растений. Наибольшее количество видов головневых грибов наблюдается в опустыненных эфемероидно-полынно-ковыльных и настоящих разнотравно-типчакково-ковыльные степях (31 и 25 видов, соответственно). В целом микобиота степей насчитывает 54 вида головневых грибов. На субниваальной растительности отмечено всего 2 вида. Ценность проведенного исследования и практическое значение заключаются в обнаружении новых видов головневых грибов для Заилийского Алатау, получении данных о их местонахождении и распространении.

Ключевые слова: головневый гриб, микобиота, растение-хозяин, световая микроскопия, спора.

Abbreviations and Notation

Ib. – ibidem, m a.s.l. – meters above sea level; ZA – Zailiysky Alatau

Introduction

Zailiysky Alatau is one of the large ranges of the Northern Tien Shan, the length of which is 350 km.

In the east, the ridge breaks up into the mountains of Sugaty, Turaigyr, and Boguty, in the west the continuation of the Zailiysky Alatau are the Chu-Ili mountains. The Dzungar-Northern Tien Shan group of zonation types is characteristic of the main ridge of the Zailiysky Alatau, including subnival vegetation (3300-3600 m a.s.l.), cryophytic (alpinotypic) meadows and cobresniks (2800-3300 m a.s.l.), subalpinotype meadows and dwarf forests

(2300-2800 m a.s.l.), dark coniferous forests and meadows (1700-2300 m a.s.l.), small-leaved forests (1400-1700 m a.s.l.), steppes (800-1400 m a.s.l.), and foothill deserts (700-800 m a.s.l.) [1].

The plants diversity of Zailiysky Alatau has been studied quite well [2]. On the biota of smut fungi in Zailiysky Alatau, there are only two monographs [3, 4] and article [5], from the date of issue of which 50-60 years have passed, despite the fact that smut fungi are of great economic importance, like parasites of cereal plants. The monograph of S.R. Schwarzman [3] provides a detailed description of smut fungi; 43 species were found in the Zailiysky Alatau. In the work of B.K. Kalymbetov [4], dedicated to the mycobiota of Zailiysky Alatau, contains information on 63 species of smut fungi (taking into

account the current classification). According to Z.M. Byzova [5], there are 28 species of smut fungi in the Chu-Ili mountains. However, this information is quite outdated (especially the taxonomy of species).

The aim of our work was to identify the species composition of smut fungi in the Zailiysky Alatau, to establish the range of their host plants and the distribution along the altitudinal belts.

Materials and Methods

The study was conducted in the Zailiysky Alatau ridge and its western and eastern lateral ridges (southeastern regions of Kazakhstan) (Figure 1) for several years (2012–2019).

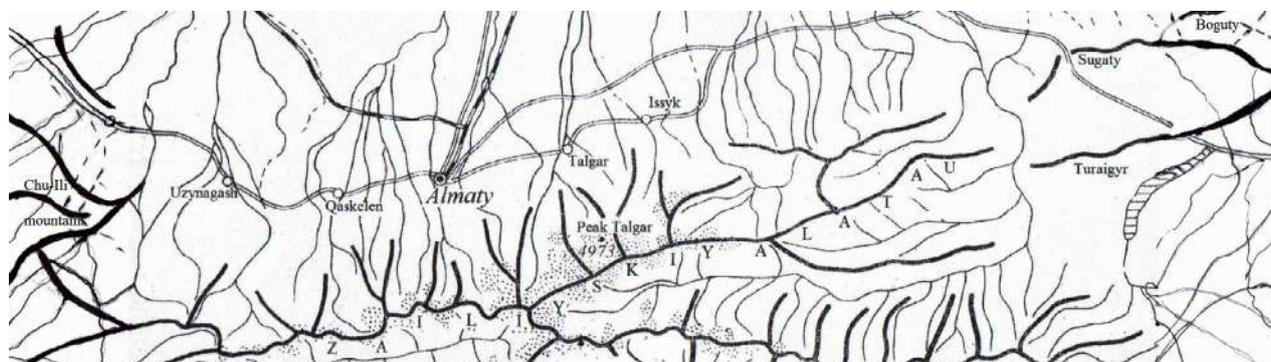


Figure 1 – Map showing the locality of the main ridge Zailiysky Alatau, Chu-Ili, Sugaty, Boguty and Turaigyr mountains (according B. Zhunusov [6] with modifications)

The material for the article was the authors' own collections from the research area. Different parts of plants with typical symptoms were collected during field trips. A Canon 600E camera (Canon, Taiwan) was used for photographing of typical leaf symptoms.

For light microscopy, preparation of specimens was carried out according to standard methods [7, 8]. Samples were studied and photographed using a Polyvar photomicroscope (Reichert-Jung, Austria) with Nomarsky interference optics. Species were identified using smut fungi determinants [3, 9-19].

Dried specimens are stored in the herbarium of the Institute of Botany and Phytointroduction, Almaty, Kazakhstan (AA).

The systematics of the taxa is in accordance with Ainsworth and Bisby's dictionary of the fungi [20] and they are listed in alphabetical order. The

names of the host plants are given in accordance with the on-line identifier of plants [21], the names of fungal taxa are given in accordance with the Index Fungorum database [22]. Species of smut fungi presented in a few literary sources are also included in this checklist.

Results and Discussion

At present, the mycobiota of the Zailiysky Alatau (main ridge, Chu-Ili, Sugaty, Boguty, Turaigyr mountains) has 75 species of smut fungi belonging to classes *Exobasidiomycetes* and *Ustilaginomycetes*. The class *Exobasidiomycetes* is represented by 28 genera from 3 families. The largest genus is *Entyloma* (18 species). The class *Ustilaginomycetes* is represented by 47 genera from 5 families, the largest genera are *Ustilago* (15 species) and *Urocystis* (11).

Below is a checklist of smut fungi from Zailiysky Alatau.

Fungi

Basidiomycota Whittaker ex Moore

Ustilaginomycotina Doweld

Exobasidiomycetes Begerow, M. Stoll & R. Bauer

Entylomatales R. Bauer & Oberw.

Entylomataceae R. Bauer & Oberw.

Entyloma acanthocephali M.N. Kusnezova – on *Acanthocephalus benthamianus* Regel, ZA, foothills, Glubokaya fissure, south slope, 1000 m a.s.l., 11-18.06.1946, MN Kuznetsova.

Entyloma asteris-alpini Syd. & P. Syd. – on *Aster alpinus* L., ZA, Small Almaty gorge, above Medeo, 2500 m a.s.l., 29.08.1946, MN Kuznetsova.

Entyloma atlanticum Massenot – on *Geranium albiflorum* Ledeb., ZA, Small Almaty gorge, subalpine meadow, 21.05.1940; on *Geranium collinum* Stephan, ZA, Small Almaty gorge, on the river Batareyka, 2400 m a.s.l., 30.08.1948; Mynzhilki, alpine meadow, 3000 m a.s.l., 25.08.1947, SR Schwartzman; on *Geranium transversale* (Kar. & Kir.) Vved., ZA, foothills, Glubokaya fissure, 05.05.1946., MN Kuznetsova; Chu-Ili mountains, the bottom of the gorge near the station Chokpar, 10.05.1936, AA Dmitriyeva.

Entyloma erigerontis Syd. & P. Syd. – on *Erigeron aurantiacus* Regel, ZA, Small Almaty gorge, Talgar pass, 3200 m a.s.l., 26.08.1946, MN Kuznetsova; ib., between the mountains of Maitobe and Araltobe, 2400 m a.s.l., 01.09.1957, BK Kalymbetov.

Entyloma eryngii (Corda) de Bary – on *Eryngium macrocalyx* Schrenk, ZA, foothills, Glubokaya fissure, 27.05.1946, MN Kuznetsova.

Entyloma fergussonii (Berk. & Broome) Plowr. – on *Myosotis sylvatica* Ehrh. ex Hoffm., ZA, Small Almaty gorge, forest lawns, 13.06.1946, MN Kuznetsova; on *Myosotis suaveolens* Waldst. & Kit. ex Willd., Chu-Ili mountains, Krasnogorsk plateau, on a grassy slope, 03.06.1958, ZM Byzova.

Entyloma ficariae A.A. Fisch. – on *Ranunculus arvensis* L., Chu-Ili mountains, Krasnogorsk plateau, gorge of Rgayty river, 22.06.1961, ZM Byzova.

Entyloma fuscum J. Schröt. – on *Papaver litwinowii* Fedde ex Popov, Chu-Ili mountains, Khantau, gravelly slope, 25.05.1958, ZM Byzova; на *Papaver pavoninum* Schrenk, Chu-Ili mountains, Khantau, north slope, 28.05.1958, ZM Byzova.

Entyloma garhadioli Golovin – on *Garhadiolus papposus* Boiss. & Buhse, Chu-Ili mountains, in the vicinity of Chu station, 24.05.1948, NV Pavlov.

Entyloma glaucii P.A. Dang. – on *Glaucium elegans* Fisch. & C.A. Mey., Chu-Ili mountains,

Krasnogorsk plateau, in the vicinity of Aktas, on the gravelly slope, 05.06.1958, ZM Byzova.

Entyloma hieracii Syd. & P. Syd. – on *Hieracium turkestanicum* (Zahn) Üksip., ZA, Small Almaty gorge, spruce forests along the slope towards the Talgar pass, 27.08.1946, MN Kuznetsova.

Entyloma kazachstanicum Schwarzman – on *Tragopogon ruber* S.G. Gmel., Chu-Ili mountains, Kindiktas, in the vicinity of Karaultobe, 01.06.1958, ZM Byzova.

Entyloma lavrovianum Schwarzman – on *Hieracium ganeschinii* Zahn, ZA, Big Almaty gorge, spruce forest on the way to the lake, 19.07.1958, SR Schwartzman; on *Hieracium korshinskyi* Zahn, ZA, Big Almaty gorge, spruce forest on the way to the lake, 19.07.1958, SR Schwartzman.

Entyloma leontices Sävl. – on *Gymnospermium altaicum* (Pall.) Spach, ZA, foothills, Glubokaya fissure, on the northwest slope, apple forests, 04-27.05.1946, MN Kuznetsova.

Entyloma parietariae Rayss – on *Parietaria micrantha* Ledeb., ZA, foothills, Glubokaya fissure, southeast rocky slope, among shrubs, 900 m a.s.l., 13.06.1946, MN Kuznetsova; ib., Small Almaty gorge, south rocky slope, 1600 m a.s.l., 06.23.1946, MN Kuznetsova; on *Parietaria serbica* Pancic, ZA, foothills, Glubokaya fissure, southeastern rocky slope, among shrubs, 900 m a.s.l., 06.13.1946, MN Kuznetsova.

Entyloma pavlovii Schwarzman – on *Heteracia szovitsii* Fisch. & Mey., Chu-Ili mountains, brackish steppe in the vicinity of Otar station, 20.05.1948, NV Pavlov.

Entyloma ranuncolorum Liro – on *Ranunculus polyanthemos* L., ZA, Small Almaty gorge, on a forest clearing in the spruce forest on the river Batareyka, 15.06.1946, MN Kuznetsova; on *Ranunculus regelianus* Ovcz., ZA, foothills, Glubokaya fissure, south slope, among shrubs, 900 m a.s.l., 27.05.1946, MN Kuznetsova.

Entyloma thalictri J. Schröt. – on *Thalictrum minus* L., ZA, foothills, among shrubs, 15.06.1946, SR Schwartzman.

Georgefischeriales R. Bauer, Begerow & Oberw.

Gjaerumiaceae R. Bauer, M. Lutz & Oberw.

Gjaerumia eremuri (Schwarzman) Vánky – on *Eremurus tianschanicus* Pazij & Vved. ex Golosk., ZA, foothills, south slope, 18.06.1946, SR Schwartzman.

Tilletiales Haeckel

Tilletiaceae J. Schröt.

Tilletia bornmuelleri Magnus (Figure 2) – on *Taeniatherum crinitum* (Schreb.) Nevski, Chu-Ili mountains, Kurdai pass, stepped slopes, 09.07.1949, SR Schwartzman; ib., in the west of the Karaoi

valley, 962 m a.s.l., 43°42'36.5"N, 75°24'26.7"E, 05.06.2016, YV Rakhimova.

Tilletia controversa J.G. Kühn – on *Elytrigia trichophora* (Link) Nevski, Chu-Ili mountains, Krasnogorsk plateau, gorge of Rgayty river, 12.09.1958, ZM Byzova.

Tilletia elymicola Lavrov (Figure 3) – on *Leymus multicaulis* (Kar. & Kir.) Tzvelev, Chu-Ili mountains, gorge opposite the village Karabastau, 928 m a.s.l., 43°46'23.4"N, 75°33'26.8"E, 05.06.2016, YV Rakhimova.

Tilletia kuznetzoviana Schwarzman – на *Phleum phleoides* (L.) H. Karst., ZA, Glubokaya fissure, south slope, 05.08.1946, MN Kuznetsova.

Tilletia laevis J.G. Kühn – on *Triticum aestivum* L., Chu-Ili mountains, Krasnogorsk plateau, 25.07.1943, SR Schwartzman.

Tilletia menieri Har. & Pat. – on *Phalaroides arundinacea* (L.) Rauschert, ZA, Small Almaty gorge, the northern slope, aspen, in a hollow, 1300 m a.s.l., 24.06.1946, MN Kuznetsova.

Tilletia olida (Riess) G. Winter – on *Brachypodium sylvaticum* (Huds.) P. Beauv., ZA, Small Almaty gorge, the northern slope, among shrubs, 24.06.1946; ib., on clay landslides, 12.09.1946, MN Kuznetsova.

Tilletia prostrata (Lavrov) Lavrov – on *Eremopyrum orientale* (L.) Jaub. & Spach, Chu-Ili mountains, near the Otar valley, 08.07.1949, SR Schwartzman.

Tilletia transiliensis M.N. Kusnezova & Schwarzman – on *Poa nemoralis* L., ZA, Small Almaty gorge, along the river bed, 13.08.1945, MN Kuznetsova; ib., 08.10.1957, SR Schwartzman.

Ustilaginomycetes R. Bauer, Oberw. & Vánky
Ustilaginomycetidae Jülich

Urocystidales R. Bauer & Oberw.

Melanotaeniaceae Begerow, R. Bauer & Oberw.

Melanotaenium byzovae Schwarzman – on *Galium tenuissimum* M. Bieb., Chu-Ili mountains, Khantau, foothills, 26.05.1958, ZM Byzova.

Urocystidaceae Begerow, R. Bauer & Oberw.

Urocystis allii Schellenb. – on *Allium schubertii* Zucc., Chu-Ili mountains, Zhambyl, 05.06.1960, ZM Byzova.

Urocystis anemones (Pers.) G. Winter – on *Anemonastrum protractum* (Ulbr.) Holub, ZA, Small Almaty gorge, alpine meadow, among the stones, 3000 m a.s.l., 09.08.1946; ib., Mynzhilki, alpine meadow, among the stones, 3100 m a.s.l., 10.07.1946, SR Schwartzman.

Urocystis bromi (Lavrov) Zundel – on *Bromus japonicus* Thunb., Chu-Ili mountains, Krasnogorsk

plateau, in the vicinity of Krasnogorka village, 04.06.1958, ZM Byzova.

Urocystis irregularis (G. Winter) Sävil. – on *Aconitum soongaricum* Stapf, ZA, Kastek range, in the floodplain of a river, 23.06.1955, ZM Byzova.

Urocystis ixiolirii Zaprom. – on *Ixiolirion tataricum* (Pall.) Roem., Schult. & Schult., ZA, 07.1922, V Titov [23]; southern slope Turaigyr, on fine-grained spoons of lateral cracks, 1500 m a.s.l., 25.05.1953, VP Goloskokov; Chu-Ili mountains, Khantau, on the western rocky slope, 25.05.1958, ZM Byzova; ib., Kindiktas, Kerbulak gorge, 30.05.1958, ZM Byzova.

Urocystis melicae (Lagerh. & Liro) Zundel – on *Melica altissima* L., ZA, Turgen [24]; on *Melica transsylvanica* Schur, central part of Turaigyr, among the bushes, 03.06.1953, VP Goloskokov.

Urocystis nivalis (Liro) Zundel – on *Ranunculus alberti* Regel & Schmalh., ZA, Sarytau ridge, alpine meadow, 3200 m a.s.l., 24.07.1941; ib., West Talgar, 3200 m a.s.l., 26.08.1946; ib., Small Almaty gorge, alpine meadow, 08.08.1948; on *Ranunculus trautvetterianus* Regel ex Kom., ZA, Turgen, alpine meadow, 3000-3400 m a.s.l., 14.08.1937, SR Schwartzman.

Urocystis oxygraphidis Vasyag. – on *Oxygraphis glacialis* (Fisch.) Bunge [25].

Urocystis poae (Liro) Padwick & A. Khan. – on *Poa pratensis* L., ZA, Big Almaty gorge, spruce forest on the way to the lake, 30.06.1946, MN Kuznetsova; Chu-Ili mountains, Krasnogorsk plateau, in the vicinity of Krasnogorka village, 08.09.1958, ZM Byzova.

Urocystis sorosporioides Körn. ex Fuckel – on *Thalictrum simplex* L., ZA, Big Almaty gorge, among the bushes, 10.07.1946, MN Kuznetsova; Chu-Ili mountains, Khantau, 24.09.1958, ZM Byzova.

Urocystis tritici Körn. – на *Triticum aestivum* L., ZA, in the vicinity of Talgar town, 1015 m a.s.l., 29.05.1939, Z. Bychenko.

Vankya heufleri (Fuckel) Ershad (Figure 4) – on *Tulipa buhseana* Boiss., ZA, Zhetyzhol ridge, on a slope, among the grass, 05.03.2011, YV Rakhimova; Ulken Boguty mountains, gorge, 1202 m a.s.l., 43°45'98.0"N, 78°88'06.3"E, 31.03.2019, YV Rakhimova; on *Tulipa greigii* Regel, Chu-Ili mountains, northeast slope, 02.05.2008, YV Rakhimova; on *Tulipa* sp., Chu-Ili mountains, Anrakhai, on the rocky slopes, 22.05.1958, ZM Byzova.

Vankya ornithogali (J.C. Schmidt & Kunze) Ershad – on *Gagea divaricata* Regel., ZA, Small Almaty gorge, among stones, 24.05.1946, MN Kuznetsova.

Ustilaginales G. Winter

Anthracoideaceae Denchev

Anthracoidea caricetorum Nannf. – on *Carex diluta* M. Bieb., ZA, Big Almaty gorge, western slope, spruce forest, 2563 m a.s.l., 43°03'28.9"N, 76°59'18.3"E, 05.09.2018, AM Assylbek.

Anthracoidea caricis (Pers.) Bref. (Figure 5) – on *Carex aneurocarpa* V.I. Krecz., Turaigyr, the central part of the mountains, steppe slope, 01.06.1953, VP Goloskokov; on *Carex disticha* Huds., ZA, Small Almaty gorge, the northern slope, up the slope in the hollow, 3200 m a.s.l., 24.06.1946, MN Kuznetsova; on *Carex obtusata* Lilj., ZA, Big Almaty gorge, southwest exposure slope, spruce forest, 2480 m a.s.l., 43°03'50.6"N, 76°59'05.1"E, 03.09.2018, UK Jetigenova; on *Carex turkestanica* Regel, Sugaty mountains, interfluve r. Chilik and Charyn, 22.05.1937, VP Goloskokov; ib., Kokpek gorge, 06.06.1937, Y Gorbunova; on *Carex* sp., ZA, below the peak Young geologist, border of the spruce forest, 2513 m a.s.l., 43°06'87.9"N, 76°59'19.0"E, 18.07.2012, YV Rakhimova; ib., Prokhodnoye gorge, border of the spruce forest, 2731 m a.s.l., 43°02'58.5"N, 76°55'06.8"E, 27.07.2012, YV Rakhimova; ib., Turgen gorge, floodplain forest of Karagaily river, 1436 m a.s.l., 43°16'33.1"N, 77°42'41.2"E, 22.05.2019, AM Assylbek.

Anthracoidea eleocharidis Kukkonen – on *Carex dimorphotheca* Stschegl., ZA, in the vicinity of the Talgar city, 10.06.1936, A Vassilyeva; Chu-Ili mountains, Khantau, 07.06.1955, ZM Byzova; ib., Kulzhabasy, the second canyon with springs west of Otar station, 908 m a.s.l., 43°36'56.9"N, 75°03'23.1"E, 31.05.2016, YV Rakhimova; ib., gorge between Kulzhabasy and Kurdai stations, 927 m a.s.l., 43°38'39.4"N, 74°59'40.0"E, 01.06.2016, YV Rakhimova; ib., Khantau, floodplain Sunkar river, 710 m a.s.l., 44°16'36.3"N, 74°01'01.2"E, 02.06.2016, LA Kyzmetova; ib., surroundings of the Binazar mausoleum, 765 m a.s.l., 44°16'29.2"N, 74°00'90.3"E, 03.06.2016, UK Jetigenova; ib., surroundings of the Tasastkol reservoir, 527 m a.s.l., 43°33'98.6"N, 74°09'03.3"E, 01.06.2016, UK Jetigenova; Sugaty mountains, parallel gorge south of the gorge Kokpek, 1182 m a.s.l., 43°26'59.4"N, 78°37'40.7"E, 16.05.2018, YV Rakhimova; ib., gorge with Karasai spring, near the spring, 1089 m a.s.l., 43°32'22.7"N, 78°40'34.9"E, 13.06.2018, YV Rakhimova.

Anthracoidea elynae (Syd.) Kukkonen – on *Kobresia capilliformis* N.A. Ivanova, ZA, Small Almaty gorge, Kumbel, alpine meadow, 3200 m a.s.l., 23.08.1945, BK Kalymbetov; ib., Middle Talgar, Mynzhilki, on the slopes, 28.06.1936, M Popov; on

Kobresia persica Kük. & Bornm., ZA, Small Almaty gorge, 3000 m a.s.l., 06.08.1943, BK Kalymbetov; ib., Big Almaty gorge, Ozernaya fissure, above the lake, the rocky slopes of the southern exposure of the right bank, in the alpine zone, 3000 m a.s.l., 6.08.1943, VP Goloskokov; on *Kobresia* sp., ZA, Ile Alatau National Park, below the peak Young geologist, border of the spruce forest, 2513 m a.s.l., 43°06'87.9"N, 76°59'19.0"E, 18.07.2012, YV Rakhimova.

Anthracoidea melanostachyae Denchev & T. Denchev – on *Carex melanostachya* M. Bieb. ex Willd., ZA, Small Almaty gorge, Tuyuksu Gate, cliffs, 3000 m a.s.l., 24.08.1947, BK Kalymbetov; ib., Turgen, the tract Small Chugurchak, a rocky slope, 07.08.1937, A Solodovnikova.

Anthracoidea songorica Vánky – on *Carex songorica* Kar. & Kir., Ulken Boguty mountains, 09.06.2003, GA Nam; Chu-Ili mountains, in the vicinity of Novotroitskoye village, 12.06.1955, ZM Byzova; ib., Aitau, up the canyon opposite Kulakshyn station, 1025 m a.s.l., 43°47'58.5"N, 74°36'23.9"E, 04.06.2016, YV Rakhimova; Sugaty mountains, gorge with Karasai spring, near the scree, 1155 m a.s.l., 43°32'19.4"N, 78°41'05.7"E, 13.06.2018, YV Rakhimova; ib., 1155 m a.s.l., 43°32'16.6"N, 78°40'58.3"E, 13.06.2018, YV Rakhimova.

Anthracoidea vankyi Nannf. – on *Carex polyphylla* Kar. & Kir., ZA, Chilik Forest Cottage, canyon Burun-sai, below the village, 13.07.1948, SR Schwartzman & IN Golovenko.

Glomosporiaceae Cif.

Thecaphora trigonellae Schwarzman – on *Trigonella arcuata* C.A. Mey., Turaigyr, Kurtogay tract, in the gravelly desert, 02.07.1960, IN Golovenko.

Thecaphora schwarzmaniana Byzova – on *Rheum cordatum* Losinsk., Chu-Ili mountains, Kindiktas, in the floodplain of a mountain stream, 01.06.1958, ZM Byzova.

Ustilaginaceae Tul. & C. Tul.

Macalpinomyces neglectus (Niessl) Vánky – on *Setaria pumila* (Poir.) Roem. & Schult., ZA, foothills, 20.09.1937, GS Nevodovsky; ib., 15.09.1950, SR Schwartzman; ib., 10.08.1954, BK Kalymbetov.

Sporisorium andropogonis (Opiz) Vánky – on *Bothriochloa ischaemum* (L.) Keng, ZA, foothills, Aksai river, 02.10.1932, GS Nevodovsky; Chu-Ili mountains, north of Otar station, in the tract Dzhusaly, 14.09.1958, ZM Byzova.

Sporisorium destruens (Schltdl.) Vánky – on *Panicum miliaceum* L., ZA, foothills, millet crops, 19.08.1931, GS Nevodovsky & A Vasilevsky; Chu-

Ili mountains, Krasnogorsk plateau, 09.07.1947, SR Schwartzman.

Sporisorium reilianum (J.G. Kühn) Langdon & Full. – on *Zea mays* L., ZA, foothills, 23.08.2019, PV Yegorov.

Sporisorium sorghi Ehrenb. ex Link – on *Sorghum cernuum* (Ard.), ZA, foothills, experimental fields of the Institute of Plant Production, 22.09.1932, GS Nevodovsky.

Tranzscheliella hypodytes (Schltdl.) Vánky & McKenzie – on *Psathyrostachys juncea* (Fisch.) Nevski, Chu-Ili mountains, Khantau, 05.06.1955, ZM Byzova.

Tranzscheliella otophora Lavrov – on *Stipa capillata* L., Chu-Ili mountains, Zhambyl, 04.06.1960, ZM Byzova.

Tranzscheliella reverdattoana (Lavrov) Ying M. Li, R.G. Shivas & L. Cai – on *Achnatherum splendens* (Trin.) Nevski, Chu-Ili mountains, Otar valley, 21.08.1949, SR Schwartzman; ib., Khantau, 25.05.1958, ZM Byzova.

Tranzscheliella williamsii (Griffiths) Dingley & Versluys – on *Stipa capillata* L., ZA, neighborhood of Zhandosov, 903 m a.s.l., 43°10'14.0"N, 76°31'52.6"E, 02.12.2013, YV Rakhimova; Chu-Ili mountains, Krasnogorsk plateau, gravel slopes, 13.09.1958, ZM Byzova.

Ustilago agrestis Syd. & P. Syd. – on *Agropyron pectinatum* (M. Bieb.) P. Beauv, Chu-Ili mountains, Karaoi valley, 951 m a.s.l., 43°45'10.8"N, 75°28'28.9"E, 05.06.2016, YV Rakhimova.

Ustilago alopecurivora (Ule) Liro – on *Alopecurus pratensis* L., ZA, Small Almaty gorge, grass meadow, 2000 m a.s.l., 15.07.1946, MN Kuznetsova.

Ustilago avenae (Pers.) Rostr. – on *Avena sativa* L., 13.08.1954, BK Kalymbetov; ZA, foothills, oat crops everywhere, 1940-1956, SR Schwartzman.

Ustilago bullata Berk. – on *Anisantha tectorum* (L.) Nevski, ZA, Small Almaty gorge, on the right bank of the Small Almaty river, pebbles, 08.08.1946, MN Kuznetsova; on *Bromus oxydon* Schrenk, Chu-Ili mountains, Kindiktas, Kurdai pass, steppe slopes, 09.07.1949, SR Schwartzman.

Ustilago calamagrostidis (Fuckel) G.P. Clinton – on *Calamagrostis pseudophragmites* (Haller) Koeler subsp. *dubia* (Bunge) Tzvelev, ZA, Small Almaty gorge, on the left bank of the Small Almaty river, 1750 m a.s.l., 26.10.1954, SR Schwartzman.

Ustilago carnea Liro – on *Fallopia convolvulus* (L.) A. Love, Chu-Ili mountains, Khantau, rocky slope, 21.09.1958, ZM Byzova.

Ustilago cynodontis (Pass.) Henn. – on *Cynodon dactylon* (L.) Pers., ZA, Glubokaya fissure, southeast slope, 900 m a.s.l., 13.07.1945, MN Kuznetso-

va; ib., Kaskelen gorge, 1307 m a.s.l., 43°06'16.3"N, 76°36'20.7"E, 03.08.2016, YV Rakhimova; Chu-Ili mountains, in the vicinity of Chu station, 14.06.1955, ZM Byzova; ib., Kulzhabasy, a gorge with springs west of the Otar station, 875 m a.s.l., 43°35'49.9"N, 75°05'59.9"E, 15.05.2016, YV Rakhimova; ib., gorge between the stations of Kulzhabasy and Kurdai, 927 m a.s.l., 43°38'39.4"N, 74°59'40.0"E, 01.06.2016, YV Rakhimova; ib., Kindiktas, west of the Sygyndy village, bank of Kakpaktas river, 750 m a.s.l., 43°22'18.6"N, 74°33'43.9"E, 23.06.2014, YV Rakhimova; ib., Kopa-Chokpar corridor, east of Chokpar station, 818 m a.s.l., 43°50'27.9"N, 74°25'15.6"E, 03.06.2016, YV Rakhimova; ib., in the vicinity of the reservoir Tasastkol, 714 m a.s.l., 43°35'38.0"N, 74°93'04.4"E, 01.06.2016, GA Nam; ib., 527 m a.s.l., 43°33'98.6"N, 74°09'03.3"E, 01.06.2016, UK Jetigenova; ib., the floodplain of the Kordai river, 573 m a.s.l., 43°32' 89.1"N, 74°27'68.7"E, 01.06.2016, LA Kyzmetova; ib., the floodplain of the Sunkar river, surroundings of the Binazar mausoleum, 811 m a.s.l., 44°18'28.8"N, 74°03'00.1"E, 03.06.2016, UK Jetigenova; ib., the floodplain of the Kalguty river, 773 m a.s.l., 43°26'62.2"N, 74°79'55.6"E, 05.06.2016, LA Kyzmetova.

Ustilago echinata J. Schröet. – on *Phalaroides arundinacea* (L.) Rauschert, ZA, Small Almaty gorge, on the river Batareyka, 14.08.1946, MN Kuznetsova.

Ustilago filiformis (Schrank) Rostr. – on *Glyceria notata* Chevall., ZA, Small Almaty gorge, at the bottom of the northern slope of the Mokhnataya hill, by the stream, 1600 m a.s.l., 20.10.1946, MN Kuznetsova.

Ustilago hordei (Pers.) Lagerh. – on *Hordeum distichon* L., ZA, Small Almaty gorge, barley crops in the vicinity of Medeo, 10.08.1948, SR Schwartzman; Chu-Ili mountains, Krasnogorsk plateau, 20.06.1943, SR Schwartzman.

Ustilago nuda (C.N. Jensen) Kellerm. & Swingle (Figure 6) – on *Hordeum vulgare* L., ZA, Small Almaty gorge, Medeo, barley crops, 10.08.1948, SR Schwartzman; on *Triticum* cult., everywhere wheat is cultivated; ZA, Small Almaty gorge, Komissar-ovka, 17.08.1948, SR Schwartzman.

Ustilago phrygica Magnus (Figure 7) – on *Taeniatherum crinitum* (Schreb.) Nevski, Chu-Ili mountains, in the vicinity of Chu station, 14.06.1955, ZM Byzova; ib., Kulzhabasy, gorge opposite the Kulzhabasy station, 912 m a.s.l., 43°37'20.1"N, 75°01'43.9"E, 01.06.2016, YV Rakhimova; ib., in the west of the Karaoi valley, 962 m a.s.l., 43°42'36.5"N, 75°24'26.7"E, 05.06.2016,

YV Rakhimova; ib., Kopa-Chokpar corridor, tributary of the Kopa River, 770 m a.s.l., 43°35'33.3"N, 75°23'47.0"E, 05.06.2016, YV Rakhimova; ib., surroundings of the Binazar mausoleum, 765 m a.s.l., 44°18'10.1"N, 74°01'71.2"E, 03.06.2016, UK Jetigenova.

Ustilago striiformis (Westend.) Niessl – on *Dactylis glomerata* L., ZA, foothills, 26.05.1936, GS Nevodovsky & Prokopenko.

Ustilago tuberculata Golovin – on *Aegilops cylindrica* Host, Chu-Ili mountains, Khantau, southwest of the Khantau station, dry gorge, 646 m a.s.l.,

42°15'21.4"N, 73°49'22.9"E, 25.06.2014, UK Jetigenova; ib., Kulzhabasy, a gorge with springs west of the Otar station, 885 m a.s.l., 43°36'44.8"N, 75°03'16.1"E, 31.05.2016, YV Rakhimova.

Ustilago turcomanica Tranzschel – on *Eremopyrum orientale* (L.) Jaub. & Spach, Bala Bogety mountains, dunes, 03.10.2004, LA Kyzmetova; Sugaty mountains, Kokpek gorge, 981 m a.s.l., 43°29'59.5"N, 78°37'44.2"E, 01.07.2016, YV Rakhimova; Chu-Ili mountains, in the west of the Karaoi valley, 962 m a.s.l., 43°42'36.5"N, 75°24'26.7"E, 05.06.2016, YV Rakhimova.

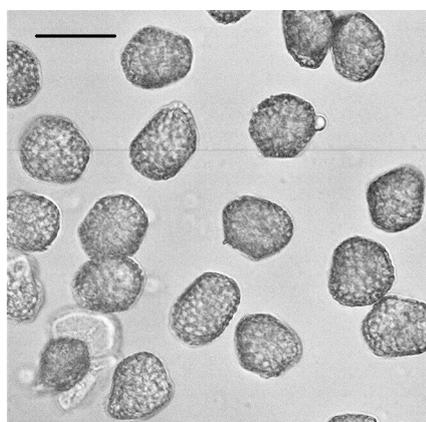


Figure 2 – *Tilletia bornmuelleri* spores, bar = 25 µm



Figure 3 – *Tilletia elymicola* spores, bar = 20 µm

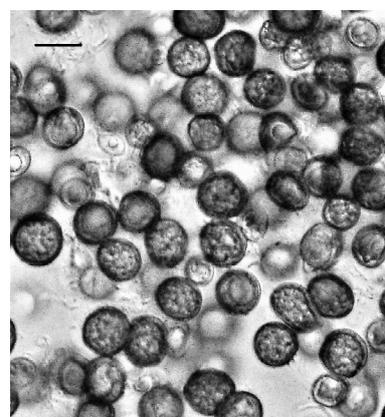


Figure 4 – *Vankya heufferi* spores, bar = 18 µm

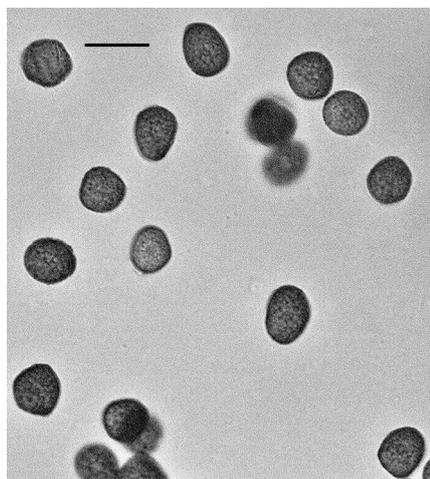


Figure 5 – *Anthracoidea caricis* spore, bar = 25 µm

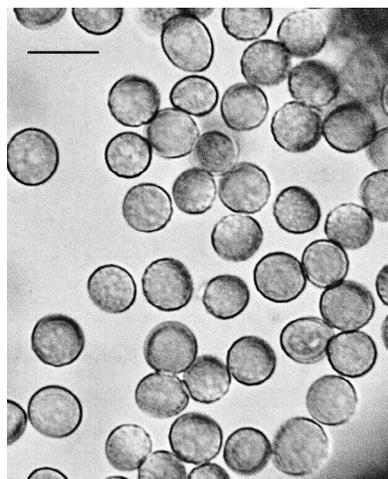


Figure 6 – *Ustilago nuda* spores, bar = 10 µm

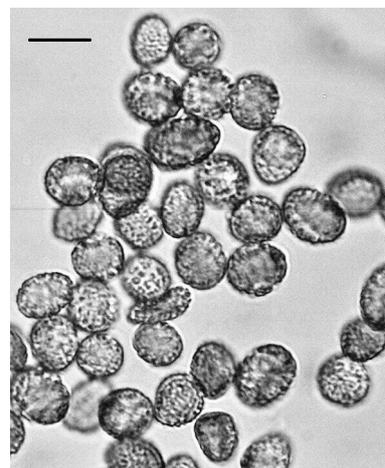


Figure 7 – *Ustilago phrygica* spores, bar = 12 µm

The greatest diversity of smut fungi (50 species) is characteristic of the main ridge of Zailiysky Alatau (Table 1). *Ustilago cynodontis* on *Cynodon dactylon* and *Anthracoidea* spp. on *Carex* spp. are widely dis-

tributed in the territory of the study. In second place are the Chu-Ili mountains with 27 species of smut fungi. In the Sugaty and Turaigyr mountains, 4 species of fungi were found, in the Boguty mountains – 3. A

high level of diversity of smut fungi in the main ridge of the Zailiysky Alatau and in the Chu-Ili mountains is associated with a significant area of these massifs and a variety of environmental conditions.

Smut fungi attack 81 species of host plants from 15 families.

Most smut fungi parasitize on cereal plants (33 species), on representatives of the *Asteraceae* (8 species) and *Ranunculaceae* (6) families (Figure 8).

44 representatives of smut fungi are characteristic of monocotyledonous plants.

The largest number of fungal species is observed in the zones of ephemeroïd-sagebrush-feather grass desert steppes and typical forb-fescue-feather grass steppes (31 and 25 species, respectively) (Figure 9). In general, the mycobiota of the steppes is represented by 54 species of smut fungi. On subnival vegetation, only two species of fungi parasitize.

Table 1 – The number of smut fungi species found in the territory of Zailiysky Alatau

Genera	The number of species				
	Chu-Ili mountains	Main ridge of Zailiysky Alatau	Sugaty mountains	Boguty mountains	Turaigyr mountains
<i>Anthracoidea</i>	2	6	3	1	1
<i>Entyloma</i>	8	12	-	-	-
<i>Gjaerumia</i>	-	1	-	-	-
<i>Macalpinomyces</i>	-	1	-	-	-
<i>Melanotaenium</i>	1	-	-	-	-
<i>Sporisorium</i>	2	4	-	-	-
<i>Thecaphora</i>	1	-	-	-	1
<i>Tilletia</i>	5	4	-	-	-
<i>Tranzscheliella</i>	4	1	-	-	-
<i>Urocystis</i>	5	9	-	-	2
<i>Ustilago</i>	8	10	1	1	-
<i>Vankya</i>	1	2	-	1	-
Total	37	50	4	3	4

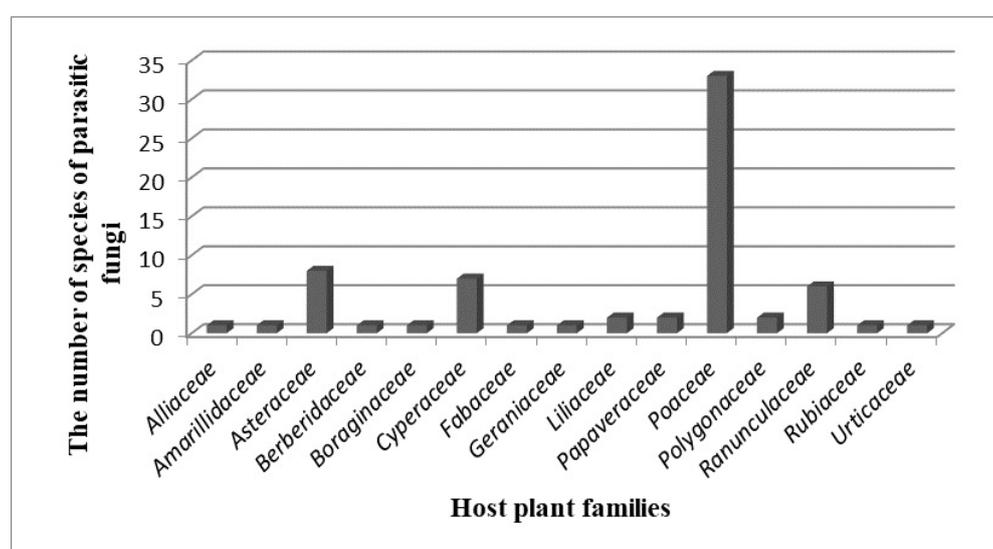


Figure 8 – Distribution of smut fungus species according to the families of host plants

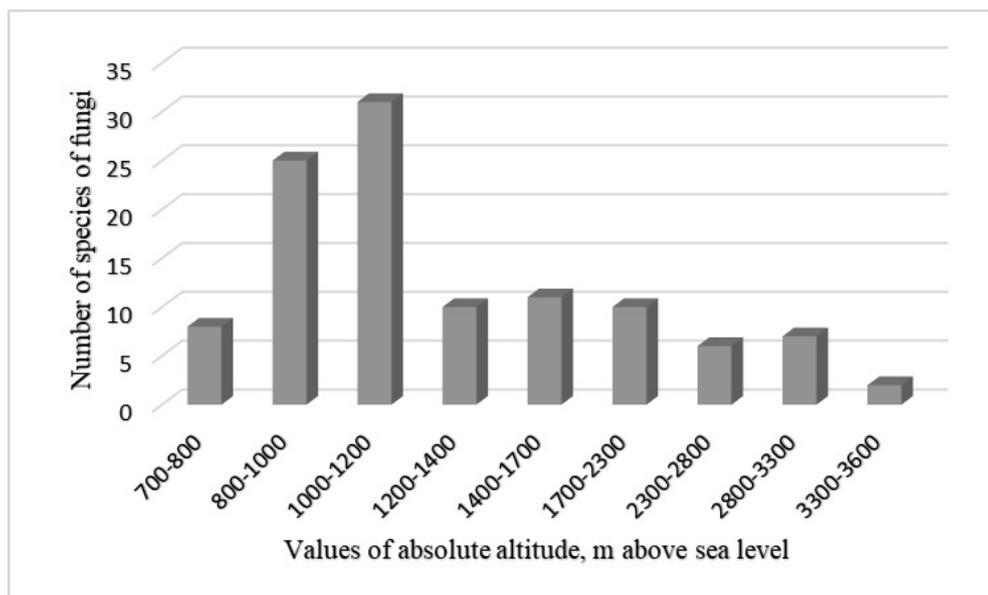


Figure 9 – Distribution of smut fungi species according to the vertical zoning

Comparing the data, we obtained with the literary ones [4], it can be noted that the species composition of smut fungi was replenished by 12 species (taking into account the modern limits of some species) (Table 2).

However, on the territory of the Terskey ridge, located south of the Zailiysky Alatau, only 21 species

of smut fungi were recorded [26]. Some species are common to both ranges. Only in Terskey Alatau a representative of the genus *Anthracocystis* was found, and representatives of the genera *Gjaerumia*, *Melanotaenium*, *Thecaphora* and *Vankya* are characteristic of the desert lowlands of the Zailiysky Alatau, which are absent in Terskey Alatau.

Table 2 – The number of smut fungi species found in the territory of Zailiysky Alatau and Terskei Alatau

Genera	The number of species		
	Zailiysky Alatau	Zailiysky Alatau [4]	Terskei Alatau [26]
<i>Anthracocystis</i>	-	-	1
<i>Anthracoidea</i>	7	5	1
<i>Entyloma</i>	18	16	1
<i>Gjaerumia</i>	1	1	-
<i>Macalpinomyces</i>	1	1	1
<i>Melanotaenium</i>	1	1	-
<i>Sporisorium</i>	4	3	1
<i>Thecaphora</i>	2	2	-
<i>Tilletia</i>	9	7	2
<i>Tranzscheliella</i>	4	1	1
<i>Urocystis</i>	11	10	4
<i>Ustilago</i>	15	14	9
<i>Vankya</i>	2	2	-
Total	75	63	21

In general, smut fungi, being obligate parasites, are associated with the spread of host plants and are found on herbaceous plants in many zones of the Zailiysky Alatau.

Conclusion

The purpose of the work was to identify the species composition of smut fungi in the Zailiysky Alatau, to establish the range of their host plants and the distribution along the altitudinal belts. The material for the article was the authors' own collections from the research area. Preparation of specimens was carried out according to standard methods. Samples were studied and photographed using a Polyvar photomicroscope with Nomarsky interference optics.

The diversity of smut fungi on the territory of Zailiysky Alatau (main ridge, Chu-Ili mountains, Sugaty, Boguty, Turaigyr) is represented by 75 species from two classes, according to modern systematics. The genera *Entyloma* (18 species), *Ustilago* (15), and *Urocystis* (11 species) are the most widely represented. The greatest variety of smut fungi (50 species) is characteristic of the main ridge of Zailiysky Alatau, 27 species were found in the Chu-Ili mountains, 4 species in the Sugaty and Turaigyr, 3 species in Boguty. *Ustilago cynodontis* on *Cynodon dactylon* and species of the genus *Anthracoidea* on *Carex* spp. are widespread

throughout the study area. Smut fungi were registered on 81 species of host plants from 15 families. Most smut fungus species affect cereal plants (33 species) and representatives of the *Asteraceae* (8) and *Ranunculaceae* family (6 species). The greatest number of smut fungus species is observed in the ephemeroïd-sagebrush-feather grass desert steppes and typical forb-fescue-feather grass steppes (31 and 25 species, respectively). On subnival vegetation, only 2 species were recorded. The data obtained expand the information on the species composition of smut fungi in Zailiysky Alatau, their location and distribution.

Conflict of interest

All co-authors are familiar with the content of the manuscript and have no conflict of interest.

Funding

This work was financed by the Ministry of Education and Science of the Republic of Kazakhstan within the limits of the research program BR05236546 "Implementation by the State Botanical Gardens of the priority scientific and practical tasks of the Global Strategy for Plant Conservation as a Sustainable Biodiversity Maintenance System", 2018-2020 (Contract №340 from 03.04.2018).

References

1. Rachkovskaya, E.I., Volkova, E.A. and Khramtsov, V.N., et al. *Botanicheskaya geografiya Kazakhstana i Sredney Azii (v predelakh pustynnoy oblasti)* [Botanical geography of Kazakhstan and Central Asia (within the desert region)]. St Petersburg: 2003. (In Russian).
2. Ivashchenko, A.A. *Materialy k flore Ile-Alatauskogo natsional'nogo parka i prilegayushchikh territoriy // Tr. Ile-Alatauskogo natsional'nogo parka* [Materials for the flora of the Ile-Alatau National Park and adjacent territories. Proceedings of the Ile-Alatau National Park. Vol. 1.]. Astana: Zhasyl Orda, 2015. (In Russian).
3. Schwartzman, S.R. *Flora sporovykh rasteniy Kazakhstana. – Tom 2. Golovnevyye griby* [Flora of spore plants of Kazakhstan. 2. Smut fungi.]. Alma-Ata: Publishing House of the Academy of Sciences of the Kazakh SSR, 1960. (In Russian).
4. Kalymbetov, B.K. *Mikologicheskaya flora Zailiyskogo Alatau (Severnyy Tyan'-Shan')* [Mycological flora of Zailiysky Alatau (Northern Tien Shan)]. Alma-Ata: Nauka, 1969. (In Russian).
5. Byzova, Z.M. *K mikroflore Chu-Iliyskikh gor* [To the mycoflora of the Chu-Ili Mountains]. Proceedings of the Institute of Botany, Academy of Sciences of the Kazakh SSR. Volume 11. Alma-Ata: Nauka, 1961. (In Russian).
6. Zhunusov, B. *Al'pinistskiye marshruty. Zailiyskiy Alatau* [Climbing routes. Zailiysky Alatau]. Almaty: Federation of Mountaineering and Climbing of the Republic of Kazakhstan, 2008. (In Russian).
7. Poliksenova, V.D., Khramtsov A.K. and Piskun S.G. *Metodicheskiye ukazaniya k zanyatiyam spetspraktikuma po razdelu «Mikologiya. Metody eksperimental'nogo izucheniya mikroskopicheskikh gribov» dlya studentov 4 kursa dnevnoy otdeleniya* [Methodological instructions for the special practicum in the section "Mycology. Methods of experimental study of microscopic fungi" for 4-year students of the full-time department]. Minsk: BSU, 2004. (In Russian).
8. Romberg, M. *Morphological Identification of Microfungi. National Plant Diagnostic Network*. Washington, 2016.
9. Vánky, K. "Taxonomic studies on Ustilaginomycetes – 29". *Mycotaxon* 110 (2009): 289–324.
10. Vánky, K. *Smut Fungi of the World*. St Paul, MN: American Phytopathological Society Press, 2012.
11. Vánky, K. *Illustrated Genera of Smut Fungi*. St Paul, MN: American Phytopathological Society Press, 2002.
12. Vánky, K. and Shivas, R.G. *Fungi of Australia. The Smut Fungi*. Melbourne: CSIRO Publishing, 2008.

13. Vánky, K. and Abbasi, M. "Smut fungi of Iran." *Mycosphere* 4, no. 3 (2013): 363–454. Doi 10.5943/mycosphere/4/3/2.
14. Shivas, R.G., Beasley, D.R. and McTaggart, A.R. "Online identification guides for Australian smut fungi (Ustilaginomycotina) and rust fungi (Pucciniales)." *IMA Fungus* 5, no. 2 (2014): 195-202.
15. McTaggart, A.R., Shivas, R.G., Geering, A.D.W., Vánky, K. and Scharaschkin, T. "Taxonomic revision of Ustilago, Sporisorium and Macalpinomyces." *Persoonia* 29 (2012): 116–132.
16. Denchev, T.T. and Denchev, C.M. "A noteworthy range extension for Haradaea moenchiae-manticae, a rarely reported smut fungus." *Mycobiota* 7 (2017): 7–12. doi: 10.12664/mycobiota.2017.07.02.
17. Vánky, K., Vánky, C. and Denchev, C.M. "Smut fungi in Africa – a checklist." *Mycologia Balcanica* 8 (2011): 1–77.
18. Denchev, C.M., Denchev, T.T., Spooner, B.M. and Helfer, S. "New records of smut fungi. 3." *Mycotaxon* 114 (2010): 225–230.
19. Vánky, K. and Shivas, R.G. "Further new smut fungi (Ustilaginomycetes) from Australia." *Fungal diversity* 14 (2003): 243-264.
20. Kirk, P.M., Cannon, P.F., Minter, D.W. and Stalpers, J.A. eds. *Ainsworth and Bisby's dictionary of the fungi*. 10th ed. CABI, 2008.
21. Plantarium, on-line identifier of plants. www.plantarium.ru (access date – 11/07/2019).
22. Index Fungorum Database. <http://www.indexfungorum.org/names/names.asp> (access date – 11/05/2019).
23. Zaprometov, N.G. *Materialy po mikoflore Sredney Azii. Vol. 2. [Materials on mycoflora of Central Asia. Vol. 2]*. Tashkent, 1928. (In Russian).
24. Gutner, L.S. *Golovnevyye griby [Smut fungi]*. Moscow-Leningrad, 1941. (In Russian).
25. Vasyagina, M.P. "Novyy vid iz roda Urocystis Rab., obnaruzhenny v Kazakhstane [A new species from the genus Urocystis Rab., discovered in Kazakhstan]." *Botanical materials of the herbarium of the Institute of Botany, Academy of Sciences of the Kazakh SSR* 11 (1979): 84–85. (In Russian).
26. Domashova, A.A. *Mikoflora khrebt Terskey Alatau Kirgizskoy SSR [Mycoflora of Terskey Alatau ridge of the Kyrgyz SSR]*. Frunze, 1960. (In Russian).

МАЗМҰНЫ – CONTENTS – СОДЕРЖАНИЕ

Шолу мақалалары – Review article – Обзорные статьи

Каримов Б.К., Аладин Н.В., Плотников И.С., Кайзер Д.

Состояние и возможное будущее Аральского моря и гидросистем Южного Приаралья в антропоцене 4

1-бөлім Қоршаған ортаны қорғау және қоршаған ортаға антропогендік факторлардың әсері	Section 1 Environmental impact of anthropogenic factors and environmental protectiony	Раздел 1 Воздействие на окружающую среду антропогенных факторов и защита окружающей среды
<i>Сапаров А.С., Токсеитов Н., Карабаева И.Ж., Серикбай Г.Б., Абай А.К., Ултанбекова Г.Д., Сыдыкбекова Р.К.</i> Влияние галофильных микроорганизмов <i>BACILLUS SP.</i> ПК-1 на рост и развитие кукурузы в условиях орошаемых засоленных почв Туркестанской области 18		
<i>Iliyassova A.I., Lovinskaya A.V., Kolumbaeva S.Zh., Abilev S.K.</i> Genotoxic and protective activity of extracts from <i>Inula Britannica</i> (Fam. Compositae) in the body of laboratory mice..... 26		
<i>Терлецкая Н.В., Алтаева Н.А., Ережетова У., Зорбекова А.Н.</i> Морфофизиологические аспекты изучения засухоустойчивости межвидовых гибридов пшеницы 36		
<i>Алимбетова З.Ж., Димеева Л.А., Сатекеев Г.К.</i> Опыт закрепления подвижных песков в поселке Аралкум 45		

2-бөлім Қоршаған орта ластаушыларының биотаға және тұрғындар денсаулығына әсерін бағалау	Section 2 Assessment of environmental pollution on biota and health	Раздел 2 Оценка действия загрязнителей окружающей среды на биоту и здоровье населения
<i>Алмежанова М.Д., Шораева К.А., Тлепов А.А., Туменбаева Н.Т., Мухами Н.Н., Закарья К.Д., Султанкулова К.Т.</i> Подбор и оптимизация компонентного состава тест-системы для лабораторной диагностики нодулярного дерматита методом ПЦР 58		
<i>Кенжетев Г.Ж., Серикбаева А.К., Маккаев П.Н., Сырлыбекқызы С., Джаналиева Н.Ш.</i> Экологический мониторинг морской части Каспийского моря в пределах территории города Актау 67		

3-бөлім Биологиялық алуантүрлілікті сақтаудың өзекті мәселелері	Section 3 Actual problems of biodiversity conservation	Раздел 3 Актуальные проблемы сохранения биологического разнообразия
<i>Хасенгазиева Г.К., Мамилов Н.Ш.</i> Разнообразие гидробионтов дельты р. Иле в условиях меняющейся антропогенной нагрузки 78		
<i>Сырбекқызы Г., Rakhimova Y.V., Yermekova B.D., Kuzmetova L.A., Assylbek A.M.</i> Smut fungi of Zailiysky Alatau: species composition, host range and distribution features 87		