

ISSN 1563-034X
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

№2 (55)

Алматы
«Қазақ университеті»
2018



ХАБАРШЫ

ЭКОЛОГИЯ СЕРИЯСЫ №2 (55)

ISSN 1563-034X
Индекс 75880; 25880



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

Күәлік №956-Ж.

Журнал жылына 4 рет жарыққа шығады

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)

Аскарова М.А., т.ғ.д., профессор м.а. (Қазақстан)

Торегожина Ж.Р., х.ғ.к., профессор м.а. (Қазақстан)

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

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

Инелова З.А., 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)

Томо Tatsuya, PhD докторы, профессор (Жапония)

Аллахвердиев Сулейман, PhD (Ресей)

ТЕХНИКАЛЫҚ ХАТШЫ

Салмұрзаұлы Р., оқытушы (Қазақстан)

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



КАЗАҚ
УНИВЕРСИТЕТІ
Б А С П А Ү Й І

Ғылыми басылымдар бөлімінің басшысы

Гульмира Шаккозова

Телефон: +7 701 724 2911

E-mail: Gulmira.Shakkozova@kaznu.kz

Редакторлары:

Гульмира Бекбердиева, Агила Хасанқызы

Компьютерде беттеген

Айгүл Алдашева

Жазылу мен таратуды үйлестіруші

Керімқұл Айдана

Телефон: +7(727)377-34-11

E-mail: Aidana.Kerimkul@kaznu.kz

ИБ № 12004

Басуға 15.06.2018 жылы қол қойылды.

Пішімі 60x84 1/8. Көлемі 11 б.т. Офсетті қағаз.

Сандық басылыс. Тапсырыс № 2885. Таралымы 500 дана.

Бағасы келісімді.

Әл-Фараби атындағы Қазақ ұлттық университетінің

«Қазақ университеті» баспа үйі.

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

«Қазақ университеті» баспа үйінің баспаханасында басылды.

© Әл-Фараби атындағы ҚазҰУ, 2018

ШОЛУ МАҚАЛАЛАРЫ

ОБЗОРНЫЕ СТАТЬИ

REVIEW ARTICLES

Джусупова Д.Б.¹, Сайлаубекова П.Н.²

¹д.б.н., профессор, e-mail: dariya_2507@mail.ru; ²магистрант,
Казахский национальный педагогический университет им. Абая,
Казахстан, г. Алматы

СОВРЕМЕННЫЕ ТЕНДЕНЦИИ ПЕРЕРАБОТКИ ЭЛЕКТРОННЫХ ОТХОДОВ КАК ЭФФЕКТИВНЫЙ ПУТЬ ЗАЩИТЫ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ

Проблема образования отходов электронного и электрического оборудования (ОЭЭО) на сегодняшний день является одной из самых актуальных. Количество электронного и электрического оборудования растет на рынке с огромной скоростью, однако, благодаря техническому прогрессу они быстро устаревают. В результате, по всему миру скапливается огромное количество оборудования, которое необходимо утилизировать и переработать. Установлено, что в состав электронного и электрического оборудования входит целый спектр токсичных веществ, вредных для окружающей среды и здоровья человека. Однако при правильной переработке отработанной техники эти вещества представляют собой ценное сырье, которое может впоследствии использоваться повторно для изготовления новых деталей. Инновационный критерий технологий переработки электронных и электрических отходов можно оценивать с точки зрения и экономических, экологических и социальных эффектов. Авторами кратко проанализирован зарубежный опыт управления электронными отходами и рассмотрены концепции управления продукцией и электронными отходами, наиболее распространенные в развитых странах. Представлены некоторые данные по регулированию утилизации электронных отходов в РК на современном этапе, отмечены достижения и проблемы на пути к эффективной переработке электронных отходов в республике. Отмечено, что в Казахстане есть основа для развития системы управления ОЭЭО, но требуется кооперация, а также заимствование зарубежного опыта, что, безусловно, помогло бы быстрее разрешить проблемы, имеющиеся в данной области.

Ключевые слова: отходы электрического и электронного оборудования, опасные вещества, утилизация, переработка (рециклинг), окружающая среда.

Dzhusupova D.B.¹, Sailaubekova P.N.²

¹Doctor of biological sciences, professor, e-mail: dariya_2507@mail.ru; ²graduate student,
Kazakh National Pedagogical University named after Abay,
Kazakhstan, Almaty

Modern trends in the processing of electronic waste as an effective way of protecting the environment

The problem of waste generation of electronic and electrical equipment today is one of the most actual. The quantity of electronic and electrical equipment is growing in the market with great speed, however, due to technical progress, they quickly become obsolete. As a result, a huge amount of equipment is accumulated all over the world, which must be utilized and recycled. It is established that the electronic and electrical equipment includes a whole range of toxic substances that are harmful to the environment and human health. However, with proper recycling of waste equipment, these substances are a valuable raw material, which can subsequently be reused for manufacturing new components. An innovative criterion for technologies for processing electronic and electrical waste can be assessed from the point of view of economic, environmental and social effects. Foreign experience in managing elec-

tronic waste has been briefly analyzed and the concept of electronic waste management and the concept of product management, which are the most common in developed countries, are considered. Presented some data on the disposal of electronic waste management in the Republic of Kazakhstan at the present stage and marked achievements and problems on the way to effective processing of electronic waste in the republic. It is noted that in Kazakhstan there is a basis for the development of a waste management system for electronic and electrical equipment, but cooperation is required, as well as borrowing of foreign experience, which would certainly help to solve the problems in this area more quickly.

Key words: waste electrical and electronic equipments, hazardous substances, utilization, processing (recycling), environment.

Джусупова Д.Б.¹, Сайлаубекова П.Н.²

¹б.ғ.д., профессор, e-mail: dariya_2507@mail.ru; ²магистрант, Абай атындағы Қазақ ұлттық педагогикалық университеті, Қазақстан, Алматы қ.

Қоршаған ортаны қорғау үшін тиімді тәсілі ретінде электрондық қалдықтарды кәдеге жарату бойынша қазіргі тенденциялары

Электрондық және электр жабдықтарының қалдықтары жиналу мәселесі бүгінгі күні ең өзекті мәселе болып табылады. Электрондық және электр жабдықтарының саны нарықта үлкен жылдамдықпен өсіп келеді, бірақ техникалық прогреске байланысты олар тез ескіреді. Нәтижесінде, бүкіл әлемде көптеген электрондық жабдықтар жинақталады, олар қайта өңдеуге және өңделуге тиіс. Электрондық және электр жабдықтары қоршаған ортаға және адам денсаулығына зиян келтіретін улы заттардың барлық түрін қамтиды деп белгіленген. Дегенмен, электрондық қалдықтарды тиісті қайта өңдей отырып, сол заттар кейіннен жаңа компоненттерді өндіру үшін қайта пайдалануға болатын құнды шикізат болып табылады. Электрондық және электр қалдықтардың технологиясын қайта өңдеу инновациялық критерийі экономикалық, экологиялық және әлеуметтік салдары тұрғысынан бағалауға болады. Электрондық қалдықтарды басқарудағы шетелдік тәжірибе қысқаша талданды және дамыған елдерде ең көп таралған электронды қалдықтарды басқару тұжырымдамасы мен өнімді басқару тұжырымдамасы қарастырылды. Қазіргі кезеңде Қазақстан Республикасында электронды қалдықтарды реттеу туралы кейбір деректер келтірілген, республикада электрондық қалдықтарды тиімді өңдеу жолындағы жетістіктер мен проблемалар белгіленген. Қазақстанда WEEE менеджмент жүйесін дамыту үшін негіз бар, бірақ ынтымақтастықты қажет етеді, сонымен қатар осы саладағы проблемаларды тезірек шешуге көмектесетін шетелдік тәжірибені тартып алу қажет.

Түйін сөздер: электрондық және электр жабдықтарының қалдықтары, қауіпті заттар, кәдеге жарату, қайта өңдеу (рециклинг), қоршаған орта.

Введение

Научно-технический прогресс во всем мире привел к резкому росту электронной промышленности в XX веке, что привнесло с собой большие проблемы в XXI век, связанные с утилизацией отработанного или устаревшего электронного оборудования. Быстрый экономический рост и увеличение численности населения во всех странах, а также снижение цен на данную продукцию привели к более активному использованию населением электронных приборов. К сожалению, этот процесс опередил по скорости процесс внедрения современных и экологически безопасных систем обработки отходов и привел к тому, что отходы электронного и электрического оборудования стали самой быстрорастущей категорией отходов во всем мире. Согласно данным ЮНЕП, во всем мире ежегодно образуется от 30 до 50 млн. т электронных отходов, что составляет более 5 % от общего объема твердых

бытовых отходов (UNEP, 2009.). При этом количество электронного и электрического оборудования, производимого в мире, растет с огромной скоростью. Вместе с этим, специфика электронных устройств такова, что, благодаря техническому прогрессу, они катастрофически быстро устаревают морально, вследствие чего ненужными становятся не только сломанные изделия, но и еще работающие устройства.

Известно, что электронное и электрическое оборудование, в основном, состоит из пластмассы, цветных металлов, керамики и стекла (Terzi, 2016: 502-507). Однако, в них могут содержаться и опасные вещества, такие как свинец, ртуть, асбест, хлорфторуглеводороды и другие соединения, которые представляют риск для окружающей среды и здоровья человека (Woodell, 2008: 72-73; Hilty, 2004:853-874).

В этой связи, проблема утилизации и переработки отходов электронного и электрического оборудования актуальна на сегодняшний день

практически во всех развитых и развивающихся странах мира (Степанчикова, 2009: 60-65; Штойк, 2008: 18-22).

Материалы и методы исследования

При проведении работы были использованы следующие методы исследования: описательный и сравнительно-аналитический методы, а также обработка информации, полученной из отчетов первого этапа движения E-waste в Казахстане. Теоретическую основу представленного исследования составили труды отечественных и зарубежных авторов по электронным отходам, а также фактические и статистические данные, опубликованные в периодических изданиях и данные электронных ресурсов (Ogungbuyi, 2012: 94; Rolf, 2005: 436–458; Волкова, 2009: 27; Китайцев, 2009: 34-35). О растущем объеме производимых электронных товаров свидетельствуют следующие данные: в 2003 году на рынке США было продано около 80 миллионов устройств связи, а к 2008 году этот показатель превысил 152 млн., что составило более 90% за 5 лет. На рынке стран Европейского союза в 2009 году было размещено 265 млн. компьютеров, около 245 млн. бытовой электроники и 197 млн. бытовых приборов (M. Khurrum S, 2011:8). В Китае в 2001 году было продано около 20 млн. холодильников и более 48 млн. телевизоров, а в 2009 году было продано только компьютеров около 40 млн (W. He, 2006: 502–512). Все эти данные свидетельствуют о темпах роста производимой продукции, увеличивающихся с каждым годом, что напрямую связано с растущим объемом отходов электрического и электронного оборудования (L. M. Hilty, 2005: 431-435, 2005; Ongondo F.O, 2011: 714-730).

Результаты и обсуждение

Электронные отходы (абр. WEEE, e-waste) – один из видов отходов, содержащих отработанные и вышедшие из строя электронные и прочие электрические устройства, а также их части. Электронные отходы могут иметь высокие классы опасности из-за содержащихся в них веществ, таких как свинец, ртуть, полихлорированные дифенилы, поливинилхлорид (из-за появления диоксинов при сгорании).

Электронное и электрическое оборудование для переработки можно разделить на три группы (Делео, 2009: 73-77):

– приборы для охлаждения и заморозки;

– информационные и коммуникационные технологии (ИКТ);

– телевизоры и мониторы.

Потенциал рынка инновационных технологий для предварительной обработки отходов оценивается по трем критериям:

– ручной демонтаж и сортировка фракций;

– дегазация хлорфторуглеродов (ХФ) и гидрохлорфторуглеродов (ГФУ);

– полуавтоматическое удаление электронно-лучевой трубки и очистка.

Следует обратить внимание на тот факт, что электронные и электрические отходы (ЭЭО) являются одним из наиболее быстро растущих источников мусора во всем мире. Об этом свидетельствует тот факт, что объем электронных отходов вырос с 19,5 млн. тонн в 1990 году до 57,4 млн. тонн в 2010 году и более чем втрое (приблизительно до 75 млн. тонн) в 2015 году (Кочуров, 2010: 43-44; Волков, 2012: 4-12; Данилов, 2000: 263; Прилепо, 2009: 70-72; Комиссаров, 2010).

В таблице 1 приведен объем образованных ОЭЭО по данным на 2014 год:

Таблица 1 – Отходы электронного и электрического оборудования на среднестатистического жителя в странах СНГ

Страна	Кол-во, кг/год
Россия	8,7
Беларусь	7,7
Казахстан	7,7
Украина	5,7
Азербайджан	5,1
Армения	4,6
Молдова	1,8
Узбекистан	1,5
Киргизия	1,2
Таджикистан	0,8

Для того чтобы понять, почему целесообразно утилизировать бывшую в эксплуатации электронную технику, необходимо знать, что входит в состав материалов, из которых она изготавливается. Известно, что она является технически сложным товаром, состоящим из огромного количества деталей, сделанных из разных материалов, которые могут быть токсичными или ядовитыми (Майская, 2001: 52-55; Масленников, 2012: 46-51; Huisman, 2012: 93-119).

Их перечень включает:

- вещества, ведущие к уменьшению озонового слоя (фреоны в холодильниках, системах кондиционирования, увлажнителях и др.);

- полихлорированные бифенилы (канцерогены, содержащиеся в конденсаторах многих устройств);

- тяжелые металлы (стеклянные устройства, содержащие такие тяжелые металлы, как барий, стронций, свинец; кадмий, свинец в источниках тока, ртуть в ртутьсодержащих осветительных приборах);

- бромированные антипирены (в печатных платах или коннекторах и кабелях), воздействующие на нервную систему или вызывающие раковые заболевания;

- литий (в литиевых, литий-ионных и литий-полимерных аккумуляторах), обладающий пожароопасными свойствами в виде чистого металла.

Следует отметить, что при правильной переработке отработанной техники эти вещества представляют собой ценное сырье, которое может впоследствии использоваться повторно (рециклинг) для изготовления новых деталей. Анализ показывает, что зарубежные компании чаще всего используют в качестве промышленной площадки для переработки ЭЭО Китай и другие страны (Lates, 2016: 840-847; Nguyen, 2017: 651-656; Wong, 2006: 649-662; Zheng, 2011: 696-703; Terazono, 2006: 1-9).

Для малых предприятий переработка электронных отходов является, с одной стороны, экономической нишей, с другой – позволяет экономить издержки производства за счет использования сырья, представляющего собой продукт вторичной переработки материалов (Таничева, 2015: 88-92). Немаловажно и то, что утилизация ЭЭО имеет не только большую экономическую значимость, но и оказывает огромный положительный эффект на окружающую среду и минимизирует негативное влияние ИКТ на здоровье населения вследствие:

- утилизации опасных фракций экологически безопасным способом;

- максимального восстановления ценного материала (например, металлов и сплавов);

- создания экологически эффективных и устойчивых предпринимательских структур;

- оценки социальной эффективности на местном уровне.

Инновационный критерий технологий переработки ЭЭО можно оценивать с точки зрения и

экономических, и экологических, и социальных эффектов.

Наиболее распространенной концепцией управления электронными отходами в развитых странах является концепция расширения сфер ответственности производителей (Extended Producer Responsibility – EPR). Она продолжает идеи концепции устойчивого развития и содержит в себе все ее основные принципы. При этом она учитывает, с одной стороны, современные тенденции научно-технического прогресса, ведущего к росту спроса на электрическое и электронное оборудование, а с другой стороны, потребность окружающей среды в защите от наплыва электронных отходов, являющихся результатом постоянно сокращающейся продолжительности жизненного цикла техники. Эта концепция применяется в ходе разработки программ экономического развития и приобретает широкое распространение во всем мире. В 2003 г. она получила закрепление в двух директивах ЕС (Directive 2002/96/EC, 2003: 58; Directive 2002/95/EC, 2003: 47):

- об отходах электрического и электронного оборудования, которая обязывает производителей, дилеров и импортеров электрического и электронного оборудования принимать отработавшую технику с целью ее переработки и рециклирования;

- об ограничении использования некоторых опасных веществ в электрическом и электронном оборудовании, которая устанавливает лимиты на применение ряда токсичных материалов в производстве электрического и электронного оборудования, что экологически обосновано, поскольку минимизируется антропогенное воздействие на окружающую среду при переработке и конечном захоронении электронных отходов. Кроме того, директива стимулирует производство экологичных товаров, т.к. компании, выпускающие электрическое и электронное оборудование с целью его реализации на европейских рынках, вынуждены производить его, соблюдая требования этой директивы.

Термин «Расширение сфер ответственности производителей» был определен шведским исследователем Lindhqvist (Lindhqvist, 2003: 56) в докладе Министерству экологии и природных ресурсов Швеции следующим образом: это стратегия защиты окружающей среды, ставящая целью уменьшение общего воздействия продукции на окружающую среду, посредством возложения ответственности на произво-

дителя за весь ее жизненный цикл, в частности, за систему «take-back» (обязательного приема производителем отработавшего электронного оборудования), рециклирование и конечное захоронение.

Государственные институты при разработке программ по управлению электронными отходами перемещают большую часть ответственности с муниципальных органов на производителей продукции, основываясь на принципе «Платит тот, кто загрязняет» (Polluter-Pays Principle), который получил отражение в законодательстве многих стран мира. Суть этого принципа – производители несут материальную ответственность за вред, наносимый окружающей среде своей антропогенной деятельностью, и не возлагают эти расходы на общество.

Такой подход стимулирует выпуск экологичной продукции, оказывающей минимальное негативное воздействие на окружающую среду в течение своего жизненного цикла и привлекает производителей и импортеров электрического и электронного оборудования к разработке эффективного механизма управления жизненным циклом своей продукции, включая конечную стадию (рециклирование и конечное захоронение электронных отходов).

Помимо концепции EPR, существует другой подход к управлению электронными отходами, разработанный Северо-Западным Советом Управления Производством США.

Концепция управления продукцией (Products Stewardship – PS) определяется специалистами этой государственной организации следующим образом: это стратегия защиты окружающей среды, ставящая целью минимизировать негативное воздействие продукции, что достигается путем распределения ответственности между всеми участниками жизненного цикла продукции (производителем, дилером, потребителем, коммунальными хозяйствами). Максимальная ответственность ложится на того, чье негативное воздействие на окружающую среду наиболее значительно.

Концепция PS часто ошибочно отождествляется с концепцией EPR. На практике они значительно отличаются. Расширение сфер ответственности производителей предусматривает возложение полной ответственности по обращению с электронными отходами на производителя (импортера) электрического или электронного оборудования, тогда как концепция управления продукцией не исключает наложения ответственности ни на одного из участников жизнен-

ного цикла продукции. Например, расходы по сбору, транспортировке, переработке отходов могут полностью возлагаться на покупателей. Кроме того, в отличие от концепции PS, основной целью EPR является обязательная утилизация электронных отходов.

Lindhqvist (Lindhqvist, 2005: 89) выделяет несколько типов ответственности производителя, которые могут быть определены следующим образом:

– ответственность, наступающая в случае нанесения экологического вреда продукцией на любой стадии ее жизненного цикла. Степень ответственности определяется действующим законодательством;

– экономическая (материальная) ответственность означает, что производитель покрывает все или часть затрат на сбор, переработку, конечное захоронение электронных отходов;

– физическая ответственность – производитель несет ответственность за сервисное обслуживание продукции, ее дизайн и качество. Производитель ответственен за свою продукцию в течение всего ее жизненного цикла;

– информационная ответственность заключается в обязательстве производителя предоставлять информацию об экологических свойствах своей продукции, о наличии в ней вредных веществ и элементов, об объемах собранных и утилизированных электронных отходов.

Выделение различных типов ответственности дает возможность распределить ее между участниками жизненного цикла продукции, однако в большинстве законодательных актов, действующих в странах с развитой рыночной экономикой, прослеживается возложение всей ответственности на производителей (дилеров, импортеров) оборудования. Таким образом, в результате комбинирования всех типов ответственности достигается синергетический эффект, благодаря которому выигрывают все участники жизненного цикла продукции.

Существуют следующие этапы эффективно-го управления обращением с электронными отходами:

- 1) сбор электронных отходов;
- 2) разборка и переработка электронных отходов;
- 3) извлечение вторичных материалов;
- 4) повторное использование извлеченных материалов в производстве;
- 5) максимально безопасное для окружающей среды захоронение того объема электронных отходов, который не может быть утилизирован.

Концепция EPR широко применяется в Нидерландах, Бельгии, Швеции, Германии при разработке программ по управлению обращением с электронными отходами (Espejo, 2010: 32-37; Huisman, 2012: 46). Она все чаще находит поддержку со стороны высших должностных лиц, деятельность которых связана с экологией. В основе этой стратегии лежит поддержание баланса между защитой окружающей среды и экономическим развитием, т. к. экологически эффективное управление продукцией и производственными процессами повышает надежность и репутацию производителей, увеличивает возможности для коммерческого развития и облегчает диалог и сотрудничество со всеми участниками жизненного цикла продукции.

Согласно Европейской Директиве ЕС об утилизации электрического и электронного оборудования, начиная с 2006 года, сбор отработанных электроприборов и электрооборудования является обязательным. Основной целью Директивы WEEE является предотвращение вреда при утилизации отходов электрического и электронного оборудования; создание условий для повторного использования и утилизации, и других форм возмещения используемых материалов и компонентов, а также для улучшения экологических показателей всех участников. В таблице 2 проводится Обязательный по ЕС показатель по восстановлению, повторному использованию оборудования от количества используемого.

Таблица 2 – Обязательный показатель по восстановлению и повторному использованию оборудования

Категория оборудования	Восстановленный объект, %	Повторно используемый объект, %
Бытовая техника широкого применения	80	75
Бытовая техника узкого применения	70	50
IT- и телекоммуникационное оборудование	75	65
Бытовая аппаратура	75	65
Осветительное оборудование	70	50
Электрические и электронные инструменты	70	50
Игрушки, повседневное оборудование и спортивный инвентарь	70	50
Инструменты для мониторинга и контроля	70	50
Автоматические распределительные Устройства	80	75

В Казахстане достигнуты определенные результаты в сфере обращения с ОЭЭО: разработан проект стандарта Республики Казахстан «Отходы электронного и электрического оборудования. Методы безопасного обращения», согласно которому собственники отходов обязуются принимать определенные меры по их утилизации, проявляя максимальную ответственность за возможное причинение вреда окружающей среде. В свою очередь, производители электронного и электротехнического оборудования должны стремиться создавать такую продукцию, которая могла бы повторно перерабатываться и использоваться. Также производитель должен наладить схему приема отходов своего бренда от населения. Что касается региональных властей, то они

обязуются принимать все необходимые меры по отдельному сбору ОЭЭО от населения (Рыскулова, 2016: 45-48).

Необходимо также отметить, что в 2015 году в республике приняты поправки к Экологическому кодексу, вводящие расширенные обязательства производителей (РОП) (Мустафина, 2016), утвержден оператор РОП (частная компания), который обеспечивает организацию сбора, транспортировки, переработки, обезвреживания, использования и утилизации отходов, образующихся после утраты потребительских свойств продукции (товаров), на которую распространяется РОП. Пока РОП не распространяется на ОЭЭО. В перечне товаров есть электрические аккумуляторы и некоторые другие

товары. Сбор ОЭЭО, как и в других странах СНГ, осуществляется главным образом у юридических лиц. Предпринимаются попытки разработки пилотных проектов и проведения кампаний по сбору ОЭЭО в некоторых городах Казахстана.

В Казахстане в год образуется до 343 000 тонн электронных отходов. Так, по данным представительства компании «Samsung» в Казахстане, подсчитано, что в 2014 году количество выброшенных мобильных телефонов составило 22 млн. штук, или 2300 тонн (Душкина, 2014). Следует отметить, что на сегодняшний день в республике пока нет четкой и обоснованной стратегии по утилизации технически сложного «электронного мусора», куда относят такой товар как: компьютерная техника и периферийные устройства, оргтехника, бытовая техника, аудио- и видеотехника и другая электронная техника (мобильные домашние радио и проводные телефоны, рации, электронные часы-будильники и т.д.). Естественно, продажа бывшего в употреблении товара, нашедшего нового хозяина, не решает проблему его утилизации. На рисунке 1 представлены основные аспекты управления ЭО в Казахстане.

В настоящее время на территории республики существует 12 предприятий по переработке ОЭЭО в таких городах, как Алматы, Астана, Караганда, Атырау. Каждое из них может перерабатывать около 500 т отходов в год. Выделенные фракции направляются для дальнейшей переработки и использования в производстве на пред-

приятия Казахстана (цветные и черные металлы, пенопласт, бумага, упаковка, дерево), а также на российские предприятия (печатные платы, пластики АБС, ПЭТФ, ПП, ПВХ) (Китайцев, 2009: 34-35).



Рисунок 1 – Основные аспекты управления ЭО в Казахстане

В таблице 3 приведен список действующих предприятий г. Алматы, занимающихся утилизацией электронных отходов.

Таблица 3 – Действующие предприятия г. Алматы, занимающиеся утилизацией электронных отходов

№	Наименование предприятия	Основной вклад в утилизацию электронных отходов
1	ТОО «New Capital Company»	Разработан сервис по безотходной и безопасной утилизации электронного оборудования. Прием разнообразной электронной техники
2	ТОО «Алтынко»	Прием на переработку электронных платов, аккумуляторов, радиодеталей, компьютерной техники. Прием цветных металлов.
3	ТОО «ПромТехно Ресурс»	Списывание и утилизация промышленного оборудования; компьютерной техники и оргтехники; бытовой техники; аккумуляторов и батарей; энергосберегающих, люминесцентных, ртутьсодержащих ламп.
4	ИП «ЭКО-ДОМ KZ»	Утилизация промышленного оборудования, оргтехники, офисной и бытовой техники, аккумуляторов и батарей.
5	ТОО «Technic Destroy»	Осуществление утилизации бытовой техники, оргтехники, радиотехники
6	ТОО «Утиль Эко Сервис»	Утилизация оргтехники, аккумуляторных батарей.
7	ТОО «D&D Technology»	Утилизация оргтехники, аккумуляторных батарей.
8	ТОО «Кызыль бель»	Переработка электронного лома и оборудования
9	ИП «Техносервис»	Утилизация бытовых электронных отходов

№	Наименование предприятия	Основной вклад в утилизацию электронных отходов
10	ТОО «Кайнар АКВ»	Утилизация аккумуляторов
11	Аккумуляторный центр «Барс»	Утилизация аккумуляторов
12	RG-Service	Утилизация оргтехники, аккумуляторных батарей
13	ИП «Строй Инжиниринг»	Утилизация бытовых электронных отходов

Из данных таблицы следует, что в г. Алматы существует достаточное количество организаций, занимающихся проблемами обращения, утилизации и переработки электронных отходов. Необходимо оповещать население о существовании точек по утилизации отработанных электронных устройств – их телефонах и адресах. Шире представлять такие услуги в торговых точках, где продается эта продукция.

Таким образом, возможности для переработки отходов имеются. Однако, по оценкам экспертов, существует ряд проблем на пути к эффективной переработке ОЭЭО в нашей республике, а именно:

- недостаточная помощь государства (субсидии, законодательная база, и т. д.);
- нехватка опыта и практики по переработке опасных отходов;
- низкий контроль со стороны государственных органов за исполнением требований по утилизации ОЭЭО;
- низкая заинтересованность бизнеса в переработке ОЭЭО;

– слабая информированность населения о правилах и способах утилизации данных отходов (Китайцев, 2009: 34-35).

В заключение хочется отметить, что в Казахстане есть основа для развития системы управления ОЭЭО, но требуется кооперация, а также заимствование зарубежного опыта, что, безусловно, помогло бы быстрее разрешить проблемы, имеющиеся в данной области. Повышение технической оснащенности предприятий-переработчиков, достижение более высокого уровня извлечения из ОЭЭО ценных фракций невозможно без обеспечения высокого уровня сбора отходов. Стоит отметить, что общественные организации во многих странах уже имеют немалый опыт работы с населением, что, в свою очередь, будет также способствовать дальнейшему информированию и экологическому обучению граждан. Важным является и общечеловеческий фактор, т.е. то, каким мы видим будущее нашей планеты. Усилия по использованию всех мер для защиты природы сейчас крайне необходимы, так как антропогенный экоцид приближает нас к крупному экологическому кризису.

Литература

- UNEP, Recycling – From E-Waste to Resources: Step solving the e-waste problem // 2009.
- Terzi S., Rosa P. (2016) Waste Electrical and Electronic Equipments versus End of Life Vehicles: a state of the art analysis and quantification of potential profits – *Procedia CIRP* 48, pp. 502 – 507.
- Woodell D. High-tech trash. // *National Geographic*. – 2008. – P. 72–73.
- Hilty L. M., Som C., and Köhler A. Assessing the human, social, and environmental risks of pervasive computing. // *Human and Ecological Risk Assessment*. – 2004. – V. 10. – No. 5. – P. 853–874.
- Степанчикова И.Г. Современные технологии сбора и утилизации отработавших химических источников тока. // *Энергия: экономика, техника, экология*. – 2009. – № 12. – С. 60–65.
- Штойк С. Г. Утилизация отработавших аккумуляторных батарей // *Экология и промышленность России*. – 2008. – № 4. – С. 18–22.
- Ogungbuyi O., Nnorom I.C., Osibanjo O., Schlupe M. E-Waste Country Assessment Nigeria: e-Waste Africa project of the Secretariat of the Basel Convention, Basel Convention Coordinating Centre. // *Nigeria and Swiss Federal Laboratories for Materials Science and Technology (Empa)*. – Switzerland. – 2012. – P. 94.
- Rolf W, Oswald-Krapf H, Sinha-Khetriwal D, Schnellmann M, Boni H. Global Perspectives on E-waste. // *Environmental Impact Assessment Review*. – 2005. – V. 25. – P. 436–458.
- Волкова Г.П., Пекин через несколько лет ожидает «мусорный кризис» // *Редиклинг отходов*. – 2009. – № 3. – С. 27.
- Китайцев А. Апофеоз прогресса. // *Деловой экологический журнал*. – № 1. – С. 34–35.

- Khurram M., Bhutta S., Omar A., Yang X. Electronic Waste: A Growing Concern in Today's Environment. // *Economics Research International*. – 2011. - Volume 2011 (2011). – P. 8.
- He W., Li G., Ma X. et al. WEEE recovery strategies and the WEEE treatment status in China // *Journal of Hazardous Materials*. – 2006. – V. 136. – No.3. – P. 502–512.
- Hilty L. M. Electronic waste – an emerging risk? // *Environmental Impact Assessment Review*. – 2005. – V. 25. – No. 5. – P. 431–435.
- Ongondo F.O., Williams I.D., Cherrett T.J. How are WEEE doing? A global review of the management of electrical and electronic wastes. // *Waste Manag.* – 2011. – V. 31(4). – P. 714-730.
- Делео Дж. Утилизация электронных отходов // *PC Magazine*. – 2009. – № 5. – С.73–77.
- Кочуров А. В., Тимошин В.Н. О решении проблем утилизации энергосберегающих ртутьсодержащих ламп // *Светотехника*. – 2010. – № 3. – С. 43-44.
- Волков А. По следам телефонов вчерашних дней // *Знание-сила*. – 2012. – № 2. – С. 4–12.
- Данилов-Данильян В.И., Лосев К.С. Экологический вызов и устойчивое развитие // *Прогресс-Традиция*. – 2000. – С. 263.
- Прилепо Ю.П. О термоэлектрических холодильниках // *Энергия: экономика, техника, экология*. – 2009. – № 1. – С. 70–72.
- Комиссаров В.А. Ситуация с организацией управления ЭЭО в России и других странах СНГ // Презентация от директора Отраслевой Ассоциации переработчиков электронной и электробытовой техники, национальный эксперт ЮНИДО. – 2010. – <http://ac.gov.ru/files/content/2535/komissarov-v-a-pdf.pdf>.
- Майская В. Проблемы озеленения электроники // *Электроника: наука, технология, бизнес*. – 2001. – № 5. – С. 52-55.
- Масленников А. Вторичное использование электроники // *Твердые бытовые отходы*. – 2012. – № 10. – С. 46-51.
- Huisman J. Eco-efficiency evaluation of WEEE take-back systems // *Waste Electrical and Electronic Equipment (WEEE) Handbook*. – 2012. – P. 93-119.
- Lates D., Moica S. Analysis of WEEE recovery strategies and the WEEE treatment status in China and Romania // *Procedia Technology*. – 2016. – № 22. – P. 840-847.
- Nguyen D.Q., Ha V.H. Material flows from electronic waste understanding the shortages for extended procedure responsibility implementation in Vietnam // *The 24-th CIRP Conference on Life Cycle Engineering*. – 2017. – P. 651-656.
- Wong C.S. Sources and trends of environmental mercury emissions in Asia. // *Science of the Total Environment*. – 2006. – № 368. – P. 649-662.
- Zheng J. Heavy metals in hair of residents in an e-waste recycling area, South China contents and assessment of bodily state // *Arch. Environ. Contam. Toxicol.* – 2011. – № 61 (4). – P. 696-703.
- Terazono A, Murakami S, Abe N, Inanc B, Moriguchi Y, Sakai SI, Williams E. Current status and research on E-waste issues in Asia // *Journal of Material Cycles and Waste Management*. – 2006. – № 8 (1). – P. 1-9.
- Таничева Т.С. Механизм обеспечения устойчивого развития малых предприятий // *Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова*. – 2015. – № 1. – С. 88-92.
- Directive 2002/96/EC on waste electrical and electronic equipment of 27 January 2003. European Parliament and council // *Official Journal of the European Union*. – 2003. P. 58.
- Directive 2002/95/EC on the restriction of the use of certain hazardous substances in electrical and electronic equipment of 27 January 2003. European Parliament and council // *Official Journal of the European Union*. – 2003. – P. 47.
- Lindhqvist T. Extended producer responsibility // *The WEEE Report made by Greenpeace International and European Environmental Bureau*. – 2003. – P. 56.
- Lindhqvist T. Extended Producer Responsibility in Cleaner Production // *The International Institute for Industrial Environmental Economics*. – 2005. – P. 89.
- Espejo D. Assessment of the Flow and Driving Forces of Used Electrical and Electronic Equipment From Germany to Nigeria // 2010. – P. 32-37.
- Huisman J., van der Maesen M., Eijsbouts R.J.J., Wang F., Baldé C.P., Wielenga C.A. The Dutch WEEE Flows // *ISP – SCYCLE*. – 2012. – P. 46.
- Рыскулова А. Текущая ситуация в сфере переработки электронных отходов в Республике Казахстан // Сб. матер. регионального семинара. Бишкек. – 2016. – С. 45-48.
- Мустафина В.В., Душкина Ю.Л. РОП в Законодательстве РК. Перспективы влияния нового законодательства на развитие переработки ОЭЭО в стране // *Kazwaste*. – 2016.
- Душкина Ю. Анализ ситуации в сфере обращения с отходами электронного и электрического оборудования в Республике Казахстан. – 2014.

References

- UNEP, (2009) Recycling – From E-Waste to Resources. Step solving the e-waste problem.
- Terzi S., Rosa P. (2016) Waste Electrical and Electronic Equipments versus End of Life Vehicles: a state of the art analysis and quantification of potential profits – *Procedia CIRP* 48, pp. 502 – 507.
- Woodell D. (2008) High-tech trash. *National Geographic*, pp.72–73.
- Hilty L. M., Som C., and Köhler A. (2004) Assessing the human, social, and environmental risks of pervasive computing. *Human and Ecological Risk Assessment*, v. 10, no. 5, pp. 853–874.
- Stepanchikova I.G. (2009) Sovremennye tehnologii sbora i utilizatsii otrabotavshih himicheskikh istochnikov toka [Modern technologies for the collection and disposal of spent chemical sources of current]. *Energija: ekonomika, tehnika, ekologija*, no 12, pp. 60–65.
- Shtojk S.G. (2008) Utilizatsija otrabotavshih akumuljatornyh batarej [Utilization of used batteries]. *Ekologija i promyshlennost' Rossii*, no 4, pp. 18–22.
- Ogungbuyi O., Nnorom I.C., Osibanjo O., Schlupe M. (2012) e-Waste Country Assessment Nigeria, e-Waste Africa project of the Secretariat of the Basel Convention, Basel Convention Coordinating Centre. Nigeria and Swiss Federal Laboratories for Materials Science and Technology (Empa), Switzerland, p. 94.
- Rolf W, Oswald-Krapf H, Sinha-Khetriwal D, Schnellmann M, Boni H. (2005) Global Perspectives on E-waste. *Environmental Impact Assessment Review*, vol. 25, pp. 436–458.
- Volkova. G.P. (2009) Pekin cherez neskol'ko let ozhidaet «musornyj krizis» [Beijing in a few years expects a «garbage crisis»]. *Retsikling othodov*, no 3, p. 27.
- Kitajtsev A. (2009) Apofeoz progressa [The apotheosis of progress]. *Delovoj ekologicheskij zhurnal*, no 1, pp. 34–35.
- Khurram M., Bhutta S., Omar A., Yang X. (2011) Electronic Waste: A Growing Concern in Today's Environment. *Economics Research International*, vol. 2011, – p. 8.
- He W., Li G., Ma X. et al. (2006) WEEE recovery strategies and the WEEE treatment status in China. *Journal of Hazardous Materials*, vol. 136, no.3, pp. 502–512.
- Hilty L. M. (2005) Electronic waste – an emerging risk? *Environmental Impact Assessment Review*, vol. 25, no. 5, pp. 431–435.
- Ongondo F.O., Williams I.D., Cherrett T.J. (2011) How are WEEE doing? A global review of the management of electrical and electronic wastes. *Waste Manag.*, vol. 31(4), pp. 714-730.
- Deleo Dzh. (2009) Utilizatsija elektronnyh othodov [Recycling of electronic waste]. *PC Magazine*, no 5, pp. 73–77.
- Kochurov A.V., Timoshin V.N. (2010) O reshenii problem utilizatsii energosberegajuschih rtut'soderzhaschih lamp [On the solution of problems of utilization of energy-saving mercury-containing lamps]. *Svetotehnika*, no 3, pp. 43-44.
- Volkov A. (2012) Po sledam telefonov vcherashnih dnei [In the footsteps of the phones of yesterday]. *Znanie-sila*, no 2, pp. 4–12.
- Danilov-Danil'jan V.I., Losev K.S. (2000) Ekologicheskij vyzov i ustojchivoe razvitie [Ecological challenge and sustainable development]. *Progress-Traditsija*, pp. 263.
- Prilepo Ju.P. (2009) O termo elektricheskikh holodil'nikah [About thermoelectric coolers]. *Energija: ekonomika, tehnika, ekologija*, no 1, pp. 70–72.
- Komissarov V.A. Situatsija s organizatsiej upravlenija EEO v Rossii i drugih stranah SNG [The situation with organization of management of EEE in Russia and other CIS countries]. Presentation from Director of the Sectoral Association of WEEE Recyclers, National UNIDO expert. <http://ac.gov.ru/files/content/2535/komissarov-v-a.pdf>.
- Majskaja V. (2001) Problemy ozelenenija elektroniki [Problems of greenery of electronics]. *Elektronika: nauka, tehnologija, biznes*, pp. 52-55.
- Maslennikov A. (2012) Vtorichnoe ispol'zovanie elektroniki [Secondary use of electronics]. *Tverdye bytovye othody*, no. 10, pp. 46-51.
- Huisman J. (2012) Eco-efficiency evaluation of WEEE take-back systems. *Waste Electrical and Electronic Equipment (WEEE) Handbook*, pp. 93-119.
- Lates D., Moica S. (2016) Analysis of WEEE recovery strategies and the WEEE treatment status in China and Romania. *Procedia Technology*, no. 22, pp. 840-847.
- Nguyen D.Q., Ha V.H. (2017) Material flows from electronic waste understanding the shortages for extended procedure responsibility implementation in Vietnam. *The 24-th CIRP Conference on Life Cycle Engineering*, pp. 651-656.
- Wong C.S. (2006) Sources and trends of environmental mercury emissions in Asia. *Science of the Total Environment*, no. 368, pp. 649-662.
- Zheng J. (2011) Heavy metals in hair of residents in an e-waste recycling area, South China contents and assessment of bodily state. *Arch. Environ. Contam. Toxicol.*, no. 61(4), pp. 696-703.
- Terazono A., Murakami S., Abe N., Inanc B., Moriguchi Y., Sakai SI., Williams E. (2006) Current status and research on E-waste issues in Asia. *Journal of Material Cycles and Waste Management*, no. 8(1), pp. 1-9.
- Tancheva T.S. (2015) Mehanizm obespechenija ustojchivogo razvitiya malyh predpriyatij [Mechanism for sustainable development of small enterprises]. *Vestnik BGTU im. V.G. Shuhova*, no 1, pp. 88-92.
- (2003) Directive 2002/96/EC on waste electrical and electronic equipment of 27 January 2003, European Parliament and council. *Official Journal of the European Union*, p. 58.

(2003) Directive 2002/95/EC on the restriction of the use of certain hazardous substances in electrical and electronic equipment of 27 January 2003, European Parliament and council. Official Journal of the European Union, p. 47.

Lindhqvist T. (2003) Extended producer responsibility. The WEEE Report made by Greenpeace International and European Environmental Bureau, p. 56.

Lindhqvist T. (2005) Extended Producer Responsibility in Cleaner Production. The International Institute for Industrial Environmental Economics, p. 89.

Espejo D. (2010) Assessment of the Flow and Driving Forces of Used Electrical and Electronic Equipment From Germany to Nigeria, pp. 32-37.

Huisman J., van der Maesen M., Eijssbouts R.J.J., Wang F., Baldé C.P., Wielenga C.A. (2012) The Dutch WEEE Flows. ISP – SCYCLE, p. 46.

Ryskulova A. (2016) Tekuschaja situatsija v sfere pererabotki elektronnyh othodov v Respublike Kazahstan [Current situation in the field of electronic waste processing in the Republic of Kazakhstan]. Cb. mater. regional'nogo seminara, pp. 45-48.

Mustafina V.V., Dushkina Ju.L. (2016) ROP v Zakonodatel'stve RK. Perspektivy vlijaniya novogo zakonodatel'stva na razvitie pererabotki OEEO v strane [RRP in the Legislation of the RK. Prospects for the impact of new legislation on the development of WEEE processing in the country]. Kazwaste.

Dushkina Ju. (2014) Analiz situatsii v sfere obraschenija s othodami elektronного i elektricheskogo oborudovanija v Respublike Kazahstan [Analysis of the situation in the field of waste management of electronic and electrical equipment in the Republic of Kazakhstan].

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

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

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

Бияшева З.М.¹, Тлеубергенова М.Ж.², Шайзадинова А.М.³

¹кандидат биологических наук, доцент, и.о. профессора
Казахского национального университета имени аль-Фараби,
Казахстан, г. Алматы, e-mail: zaremabiya@gmail.com

²стажер-исследователь, e-mail: tleu.madina96@gmail.com

³стажер-исследователь, e-mail: shaizadinova@bk.ru

НИИ проблем биологии и биотехнологии, Казахстан, г. Алматы

**ГЕНЕТИЧЕСКИЕ ЭФФЕКТЫ РАДОНА
И ЕГО ДОЧЕРНИХ ПРОДУКТОВ РАСПАДА
В КРАТКОСРОЧНЫХ ТЕСТ-СИСТЕМАХ
*DROSOPHILA MELANOGASTER***

Высокий радиационный фон территории Казахстана обусловлен крупными залежами урановых руд и их добычей, накоплением отходов горнодобывающего и ураноперерабатывающего производства, последствием испытаний атомного оружия и другими природными и техногенными факторами. Все это приводит к загрязнению окружающей среды радионуклидами, а также выделению и накоплению радона, образующегося при распаде радиоактивных элементов. Радионуклиды радона обуславливают более половины всей дозы радиации, которую в среднем получает организм человека от природных и техногенных радионуклидов окружающей среды. Доказано, что радон является второй по частоте причиной возникновения рака легких. Это связано с выделением при его распаде крупных положительно заряженных частиц – α -частиц. Поэтому целью настоящей работы являлась оценка генетических эффектов радона в краткосрочной тест-системе со сцепленными X-хромосомами и сцепленными X-Y-хромосомами *Drosophila melanogaster*. Краткосрочные тест-системы на мушках дрозофилы позволяют определить мутагенные и канцерогенные эффекты компонентов окружающей среды и «примерить» или перенести результаты на человека. Преимуществом мушки *Drosophila melanogaster* как тест-объекта является хорошо изученная генетика, минимальные ограничения на использование в лаборатории, относительная дешевизна, а также отсутствие сложных манипуляций при содержании. Чтобы определить генотоксические эффекты радона мы использовали самок линии ЭП-2 со сцепленными X-хромосомами и X-Y-хромосомами и облученных самцов линии Oregon дикого типа. В качестве источников α -излучения были использованы изотопы плутония и урана. Линия ЭП-2 содержит хромосомные перестройки с эффектом положения гена. Появление условных мутаций является следствием эффекта положения гена, они возникают при нарушении структуры регуляторных генов, ответственных за запасные пути развития и образование внутривидовых признаков организма. Проявление их на уровне организма зависит (целиком или частично) от структуры других районов генома. Одним из ярких свойств условных мутаций является образование морфозов – ненаследуемых морфологических нарушений, образующихся при воздействии на организм стрессовых факторов окружающей среды. В результате анализа мух первого поколения были выявлены следующие морфозы: черные пятна или меланомы на брюшке, тораксе, крыльях; закрученные, изогнутые, нерасправленные крылья или их отсутствие; нарушение жилкования крыльев, деформация головы, глаза, торакса; образование пузырей на крыльях и на брюшке и др. Все нарушения имели несимметричное проявление и выглядели как уродства. Наблюдаемые морфологические изменения и результаты статистического анализа указывают на генотоксическую активность α -излучения, источником которого в природе часто является радон и его дочерние продукты распада (ДПР).

Ключевые слова: морфозы, радон, α -излучение, дрозофила, генотоксичность.

Biyasheva Z.M.¹, Tleubergenova M.Zh.², Shaizadinova A.M.³

¹Candidate of Biological Sciences, Associate Professor, Acting Professor
of Al-Farabi Kazakh national University, Kazakhstan, Almaty, e-mail: zaremabiya@gmail.com

²Trainee-researcher, e-mail: tleu.madina96@gmail.com

³Trainee-researcher, e-mail: shaizadinova@bk.ru

Research Institute of Biology and Biotechnology Problems, Kazakhstan, Almaty

Genetic effects of radon and its daughter decay products in short-term *Drosophila melanogaster* test-systems

The high radiation background of Kazakhstan territory is due to large deposits of uranium ores and their extraction, the accumulation of mining and uranium processing waste, the consequence of nuclear weapons tests and other natural and man-made factors. All this leads to contamination of the environment with radionuclides as well as the radon release and accumulation, formed during the decay of radioactive elements. Radon radionuclides compose more than half of the entire radiation dose which on average the human body receives from natural and technogenic radionuclides of the environment. It is proved that radon is the second most frequent cause of lung cancer. This is due to the release of large positively charged particles – α -particles – during its decay. Therefore, the aim of this work was to evaluate radon genetic effects in a short-term test-system with attached X chromosomes and attached X-Y chromosomes of *Drosophila melanogaster*. Short-term test-systems on *Drosophila melanogaster* flies allow determining the mutagenic and carcinogenic effects of environmental components and «trying on» or transfer the results to human's organism. The advantage of *Drosophila melanogaster* flies as a test object is a well-studied genetics, minimum restrictions on laboratory use, relative cheapness, and the absence of complex manipulations in content. To determine the genotoxic effects of radon, we used females EP-2 with attached X-chromosomes and X-Y chromosomes and irradiated wild-type Oregon males. The isotopes of plutonium and uranium were used as sources of α -radiation. Line EP-2 contains chromosomal rearrangements with the gene position effect. The emergence of conditional mutations is a consequence of gene position effect, they arise when the structure of regulatory genes responsible for the developmental alternate path and the formation of intraspecific features of the organism are disturbed. Their manifestation at the level of the organism (entirely or in part) depends on the structure of other regions of the genome. One of the conditional mutation bright properties is morphoses formation – non-inherited morphological disorders that are formed when the stressful environmental factors influence the organism. As a result of flies analysis in first generation the following morphoses were identified: black spots or melanoma on the abdomen, thorax, wings; twisted, curved, undirected wings or their absence; disturbance of wings venation, deformation of the head, eye, thorax;; the formation of blisters on the wings and on the abdomen, etc. All the disturbances had an asymmetric manifestation and looked like ugliness. The observed morphological changes and the results of statistical analysis indicate the genotoxic activity of α -radiation, the source of which in nature is often radon and its daughter decay products (DDP).

Key words: morphoses, radon, α -radiation, *Drosophila*, genotoxicity.

Бияшева З.М.¹, Тлеубергенова М.Ж.², Шайзадинова А.М.³

¹биология ғылымдарының кандидаты, доцент,
әл-Фараби атындағы Қазақ ұлттық университетінің профессор м.а.,
Қазақстан, Алматы қ., e-mail: zaremabiya@gmail.com

²зерттеуші-тәжірибе жинақтаушы, e-mail: tleu.madina96@gmail.com

³зерттеуші-тәжірибе жинақтаушы, e-mail: shaizadinova@bk.ru

Биология және биотехнология проблемаларын Ғылыми-зерттеу институты, Қазақстан, Алматы қ.

Drosophila melanogaster-дің қысқауақытты тест-жүйелердегі радонның және оның еншілес ыдырау өнімдерінің генетикалық нәтижелері

Қазақстан аумағындағы жоғары радиациялық фонның себебі ірі уран кен орындарының, оларды шығаруының, тау-кен қазу және уран өңдеуші өндірістер қалдықтарының жинақталуы, атомдық қаруды сынау және басқа табиғи мен техногенді факторлардың бар болуы. Осы жағдайлардың барлығы радионуклидтермен, сонымен қатар радиоактивті элементтердің ыдырауы кезінде радонның шығуы және жинақталуы қоршаған ортаның ластануына апарды. Радонның радионуклидтері адам ағзасына ықпал ететін табиғи және техногенді радионуклидтердің орташа радиациялық дозасынан жартысын қамтамасыз етеді. Радон өкпеде қатерлі ісіктің пайда болуына әлемдегі екінші орындағы себеп екендігі дәлелденген. Бұл радонның ыдырау кезінде ірі оң зарядталған бөлшектердің – α -бөлшектердің бөлінуіне байланысты. Сондықтан осы жұмыстың мақсаты радонның аз мерзімдегі генетикалық әсерлерін *Drosophila melanogaster* шыбындардың X-хромосомаларымен және X-Y-хромосомаларымен тіркескен тест-жүйесінде бағалау. Дрозофила

шыбындарда аз мерзімді тест-жүйелері қоршаған орта компоненттерінің мутагендік және канцерогендік әсерлерін анықтауға және алынған нәтижелерді адам ағзасымен салыстыруға мүмкіндік береді. *Drosophila melanogaster* тест-объект ретінде қолдану артықшылықтары: генетикасы жақсы зерттелген, зертханада пайдалануға ең аз шектеулері бар, салыстырмалы арзандығы, өсіру кезінде күрделі әрекеттердің болмауы. Радонның генотоксикалық әсерлерін анықтау үшін біз X-хромосомалармен және X-Y-хромосомаларымен тіркескен ЭП-2 желісінің ұрғашыларын және Oregon желісінің сәулелендірілген жабайы типті аталықтары пайдаланылды. Альфа-сәулелердің көздері ретінде плутоний мен уран изотоптары қолданды. ЭП-2 желісінде геннің орналасу нәтижесіне байланысты хромосомалық қайта құрылулары бар. Шартты мутациялар геннің орналасу нәтижесінің салдары, өйткені олар қосалқы даму жолы және түрішілік белгілерге жауапты реттеуші гендердің бұзылуынан пайда болады. Олардың ағза деңгейінде (толық немесе ішінара) көрінуі геномның басқа аудандар құрылымына байланысты. Шартты мутациялардың айқын қасиеттерінің бірі морфоздардың пайда болуы – организмге қоршаған ортаның стресс факторларының әсер етуінде пайда болатын тұқым қуалайтын морфологиялық ақаулары. Бірінші ұрпақта пайда болған шыбындарды талдау нәтижесінде келесі морфоздар байқалды: қарында, торакста, қанаттарында қара дақтар немесе меланомалар; оралған, иілген, жазылмаған қанаттар; қанаттарының жүйкеленуінің бұзылуы; бастарының, көздерінің, торакстың ақаулары; қанаттың болмауы; қарында, қанаттарында көпіршіктердің пайда болуы және т.б. Барлық ақаулар симметриялық емес ретінде көрінді және кемтарлықтар ретінде байқалды. Байқалған морфологиялық өзгерістер және статистикалық талдау α -сәуленің генотоксикалық белсенділігін көрсетті, себебі табиғи жағдайда оның көзі – радон және оның еншілес ыдырау өнімдері.

Түйін сөздер: морфоздар, радон, α -сәуле, дрозофила, генотоксикалық.

Введение

В последние годы существенно возрос интерес к экогенетическим и биомедицинским проблемам, связанным с воздействием на население радона и его дочерних продуктов распада. По оценкам Научного Комитета по действию атомной радиации (НКДАР), более 75% годовой индивидуальной дозы облучения население получает от радона и его изотопов. При средней суммарной дозе облучения человека в 3,46 мЗв/год на долю изотопов радона приходится 2,12 мЗв/год (Онищенко, 2008: 9-11).

На сегодняшний день Казахстан занимает второе место в мире по запасам урана (12% от мирового объема) и первое место по его добыче (World nuclear Association). Естественная фоновая радиация в регионах Казахстана в среднем составляет 3,1 мЗв/год. Помимо этого, население дополнительно получает около 1,1 мЗв/год от искусственных источников при медицинском обследовании и от бытовой техники (Kazymbet, 2014: 19-55). Таким образом, общая доза радиации в среднем на человека в Казахстане составляет около 4 мЗв/год, что в полтора раза выше среднего уровня в мире (Хусаинов, 2012: 115). Поэтому, несомненно, актуальным является вопрос об оценке генетических эффектов радона и его дочерних продуктов распада, являющихся основным источником α -излучения.

Радон обладает весьма коротким периодом полураспада – 3,8 суток, и, кажется, что он не представляет собой опасности. Однако, его изо-

топы могут сорбироваться пылью и влагой и накапливаться в закрытых, слабопрветриваемых помещениях. Образующиеся аэрозоли могут попасть в дыхательные пути человека и накапливаться в них (Рихванов, 2009: 430). При распаде изотопов радона образуются дочерние продукты и положительно заряженные ядра гелия-4 (${}^4_2\text{He}^{+2}$), которые называются α -частицами (Karam, 2009: 7-13). Эти частицы очень крупные, поэтому имеют малый пробег и низкую проникающую способность. Однако вдоль короткого пути альфа-частицы создают большое число ионов, то есть обуславливают большую линейную плотность ионизации. Это обеспечивает выраженную относительную биологическую эффективность, в 10 раз большую, чем при воздействии рентгеновского и гамма-излучений (Hei, 1997: 3765-70). Поэтому важно исследовать действие альфа-частиц на живые организмы, особенно на ДНК. Еще в XVI веке была установлена связь радона с высокой смертностью от рака легких шахтеров урановых рудников (Abbatt, 1987: 40-44). Доказано, что в странах Европы вклад радона в смертность от рака легких составляет 9%, а в Канаде этот показатель достигает 10% (Copes, 2007: 1229-31) (Schnelzer, 2010: 20-28) (Jean-Christopher, 2009: 613-321).

Материалы и методы

Материалом исследования для определения генотоксичности факторов окружающей среды, а именно ионизирующего излучения, по-

служили радиоактивные изотопы плутония и урана – Pu^{238} , Pu^{239} , а также их сочетание в триплете ($Pu^{238} + Pu^{239} + U^{233}$), которые генерируют α -излучение (таблица 1), освобождающиеся в процессе распада радиоактивных веществ. Попадая в организм человека α -частицы могут вызвать тяжелые последствия. Обладая большой энергией, альфа-частицы при взаимодействии с другими веществами могут вызывать их значительную ионизацию (Vogiannis, 2015: 1-10). Так, в тканях и клетках живых организмов при таком взаимодействии происходит образование

свободных ионов и радикалов (Laughlin, 2012: 2-8). Радиоактивные изотопы фактически не выводятся из организма самостоятельно, поэтому, попадая внутрь организма, они будут облучать ткани изнутри на протяжении многих лет, пока не приведут к серьезным изменениям в генетическом материале (Kendall 2002: 389-406). Организм человека не способен нейтрализовать, переработать, усвоить или утилизировать большинство радиоактивных изотопов, попавших внутрь организма (Robertson, 2013: 14024-63).

Таблица 1 – Радионуклидная активность источников α -излучения, используемых в эксперименте

Источник α -излучения и его символ	Плутоний-238 Pu^{238}	Плутоний-239 Pu^{239}	Триплет $U^{233} + Pu^{239} + Pu^{238}$
Радионуклидная активность источника, Беккерель (Бк)	$4.01 \cdot 10^4$	$3.80 \cdot 10^3$	$3.86 \cdot 10^4$

Исследование генотоксических эффектов α -излучения было осуществлено с использованием плодовой мушки *Drosophila melanogaster*, для которой разработан ряд тестов по оценке частоты возникновения разных типов мутаций. Использование дрозофилы как модельного объекта в генетических исследованиях имеет ряд преимуществ (Бондаренко, 2007: 42-44). Мушки *Drosophila melanogaster* относительно недороги и не требуют сложных манипуляций при содержании. Кроме того, как правило, существует очень мало ограничений на их использование в лаборатории по этическим требованиям и вопросам безопасности (Kohler, 1994: 216-223). Каждая женская муха может откладывать до ~ 100 яиц в день сроком до 20 дней. Примерно 10 дней при 25°C требуется для эмбриона, чтобы достичь стадии взрослой мухи. Таким образом, относительно просто получить большое количество эмбрионов или мух для анализа в течение короткого времени (Stocker, 2008: 27-44). Так же преимуществом мушки *Drosophila melanogaster* как тест-объекта является хорошо изученная генетика этого вида. Более того основные биохимические процессы в клетках *Drosophila melanogaster* и млекопитающих идентичны. Хорошо известно, что большинство основных биологических механизмов и путей, которые контролируют развитие и выживание, у дрозофил и людей очень похожи: 50% аналогичных с млекопитающими белковых последовательностей, около 60% соответствий с человеческими

заболеваниями (Jennings, 2011: 190-195). К достоинствам можно так же отнести и тот факт, что у *Drosophila melanogaster* в процессе метаболизма, как и у человека, происходит микросомальная активация веществ, в результате чего промутагены могут превращаться в мутагены. Это позволяет выявлять скрытые мутагены, которые приобретают генотоксичность в процессе метаболизма (Абилев, 2004: 12-21). Тесты с использованием *Drosophila melanogaster* рекомендованы ВОЗ для исследования мутагенной и токсической активности ксенобиотиков и фармакологических средств (Ashby, 1994: 3-12).

Для оценки мутагенной активности α -излучения у дрозофилы использовали метод спаянных (сцепленных) X-хромосом на *Drosophila melanogaster*. Наследование спаянных, или сцепленных, X-хромосом было впервые описано Мёллером при изучении мутагенных эффектов рентгеновского излучения (γ -излучение). Тест-система спаянных, или сцепленных, X-хромосом может применяться для обнаружения видимых рецессивных, сцепленных с полом мутаций в первом поколении у самцов, либо для обнаружения мутаций с неавтономным проявлением, называемых условными. Метод основан на том, что сцепленные X-хромосомы всегда передаются вместе, так как они соединены по центромере. У самок со сцепленными X-хромосомами в генотипе присутствует также Y-хромосома, которую они получают от отца. При скрещивании таких самок

(\overline{XXY}) с нормальными самцами (XY) в следующем поколении рождаются самки (\overline{XXY}) и самцы (XY), получающие одну X-хромосому от отцовской особи, а Y-хромосому от материнской (Жимулев, 2007: 2-11).

Соматическая рекомбинация – это обмен генетическим материалом между гомологичными хромосомами соматических клеток в митозе, что приводит к образованию мозаичных особей (Pragua, 2010: 261-265). Целью этого метода является комплексное обнаружение мутаций, индуцированных в соматических клетках дрозофилы.

Если обработанных мутагеном самцов скрестить с самками, то все мутации, возникающие в X-хромосоме самцов, передаются самцам-потомкам, поэтому все рецессивные мутации проявляются в первом поколении у гемизиготных самцов. Количество исследованных X-хромосом соответствует количеству самцов, использованных в скрещивании, а частота мутаций определяется как отношение количества самцов, у которых появились мутации, к общему количеству исследуемых самцов в первом поколении. Тогда мутагенная обработка самцов, имеющих несколько рецессивных мутаций, может объяснить частоту обратных мутаций в этих маркерах – от рецессивного до дикого фенотипа.

В эксперименте использовались две тестовые линии *Drosophila melanogaster*: ЭП-2 и Oregon. Линия ЭП-2 была создана в Институте молекулярной и клеточной биологии СО РАН и любезно нам предоставлена. Фенотипическими маркерами линии ЭП-2 являются у (*yellow*) – желтое тело, *v* (*vermillion*) – алые глаза у самок и у (*yellow*) – желтое тело, *v*⁺ – красные глаза (*normal*) у самцов. Oregon – это линия *Drosophila melanogaster* дикого типа. В линии мух ЭП-2 наблюдается эффект положения гена – изменение активности генов в зависимости от его положения в геноме, обусловленный наличием сцепленных X-хромосом между собой и сцепленных X и Y-хромосом. Данное явление было открыто А. Стёртевантом еще в 1925 году, а в 1935 г. Н.П. Дубинин и Б. Н. Сидоров заметили, что при эффекте положения ген не теряется, а изменяется лишь его состояние (Дубинин, 1934: 304–331). С эффектом положения гена связаны и так называемые условные мутации (морфозы), потому как при таких мутациях чаще повреждаются не структурные, а регуляторные элементы генома, ответственные за транскрипцию, репликацию, компактизацию и другие важные процес-

сы регуляции и реализации генетической информации (Жимулев, 1993: 490).

Результаты

Метод сцепленных X-хромосом и X-Y-хромосом был использован для оценки мутагенной активности радона и его дочерних продуктов распада у *Drosophila melanogaster*. В эксперименте использовались самки линии с хромосомными перестройками ЭП-2, скрещенные с облученными самцами дикого типа линии Oregon.

Культивирование мух, отбор и скрещивание проводились при температуре приблизительно 22°C. Самцов линии Oregon подвергали облучению тремя типами источников в течение суток (24 часа). Самки и самцы старше 5 дней не использовались в эксперименте, т.к. старые особи накапливают в процессе жизнедеятельности спонтанные мутации в генетическом материале, которые могут исказить полученные данные. В каждую пробирку помещали по одному облученному самцу и по две виргинные самки. Облученных самцов скрещивали с виргинными самками линии ЭП-2 по следующей схеме (рисунок 1).

Каждая культура или пробирка первого поколения (F_1) подвергалась визуальному анализу после полного вылета генерации. Этот анализ проводился для выявления морфозов и модификации. Образование морфозов – одно из свойств условных мутаций, которое не связано с первичной структурой ДНК и возникает в регуляторных генах, ответственных за образование признаков внутривидового сходства (Chadov, 2000b: 423-426). **Морфозы – это ненаследственные морфологические нарушения (уродства), которые образуются в результате воздействия на организм стрессовых факторов внешней среды (Chadov, 2006: 1053-65).** В нашем случае стрессовым фактором являлось α -излучение.

В первом поколении (F_1) были обнаружены морфозы крыльев, глаз, тела, торакса, антенн, а также образование меланом на разных участках тела (рисунок 2). Эти морфологические изменения указывают на мутагенную и канцерогенную активность радона и его ДПР.

Анализ имаго с морфозами показал, что последние практически не влияют на жизнедеятельность мух: не мешают существовать, спариваться и даже давать потомство. У потомков облученных мух в следующих поколениях (F_2 и

F₃) часто можно наблюдать уродства различной степени выраженности, не влияющие на жизнеспособность и размножение мух. При обычных условиях культивирования дрозофил в отсут-

ствии стрессовых факторов экспериментаторы также могут встретиться со случаями образования морфозов, но подобное происходит крайне редко (Рапопорт, 1939: 415-417).

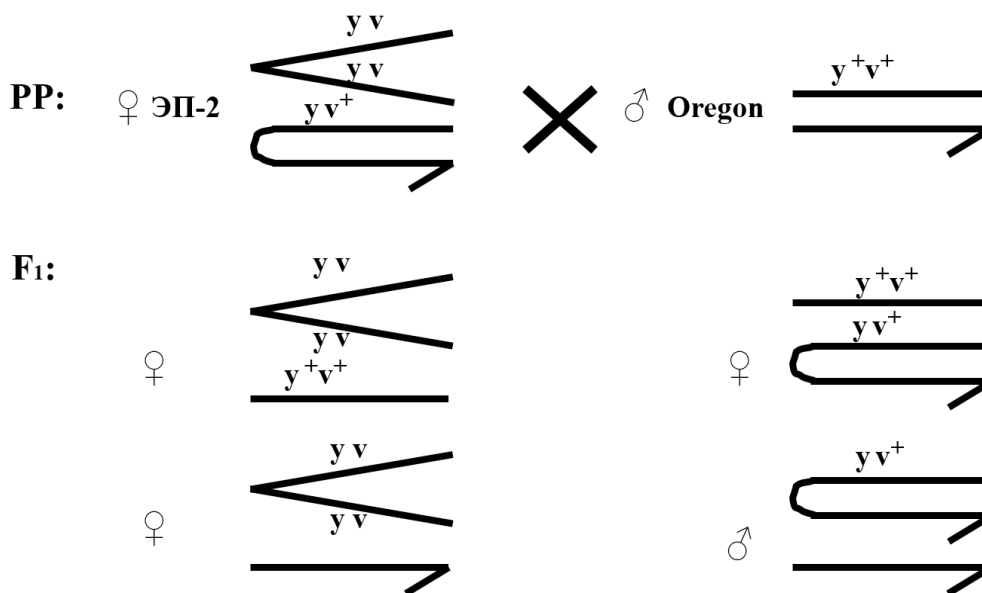


Рисунок 1 – Схема проведения краткосрочного теста на генотоксичность с использованием линии *Drosophila melanogaster* ЭП-2, содержащей сцепленные X-хромосомы и сцепленные X и Y-хромосомы и линии Oregon-R

Как видно на рисунке, морфозы могут образовываться на любой части тела, либо одновременно на разных частях. В классификации морфозов можно выделить два больших класса: «ткань+» и «ткань-» (Chadov, 2011: 224-240) (Chadov, 2000a: 16-18). «Ткань+» – это различные новообразования тканей: темные пятна (или меланомы), похожие на некротические пятна, пузыри на крыльях и на брюшке. «Ткань-» – это отсутствие части ткани или органов: отсутствие крыла, фасеток глаза или целого глаза, отсутствие ноги. Как отмечают исследователи и наблюдалось в наших экспери-

ментах, общей чертой морфозов является асимметричность (Чадов, 2004: 1157-72). Образование морфозов у первого поколения (F₁) не зависело от пола мух, что объясняется нарушением работы регуляторных генов аутосомных хромосом в результате α -облучения. Кроме того, в следующих поколениях (F₂ и F₃) типы морфозов не наследовались.

Визуальный анализ сопровождался подсчетом количества мух без мутаций – *a*, *c*, и с условными мутациями (морфозами) – *b*, *d*. Обобщенные результаты и итоги статистического анализа представлены в таблицах 2 и 3.

Таблица 2 – Результаты анализа мух F₁ в тест-системе сцепленных X-хромосом и сцепленных X-Y-хромосом (ЭП-2)

Источник	Pu ²³⁸			Pu ²³⁹			Триплет (Pu ²³⁸ + Pu ²³⁹ + U ²³³)		
	<i>a</i>	<i>b</i>	Σ	<i>a</i>	<i>b</i>	Σ	<i>a</i>	<i>b</i>	Σ
Опыт	1797	38	1835	666	28	694	657	24	681
	<i>c</i>	<i>d</i>		<i>c</i>	<i>d</i>		<i>c</i>	<i>d</i>	
Контроль	1778	7	1785	1778	7	1785	1778	7	1785
Σ	3575	45	3620	2444	35	2479	2435	31	2466

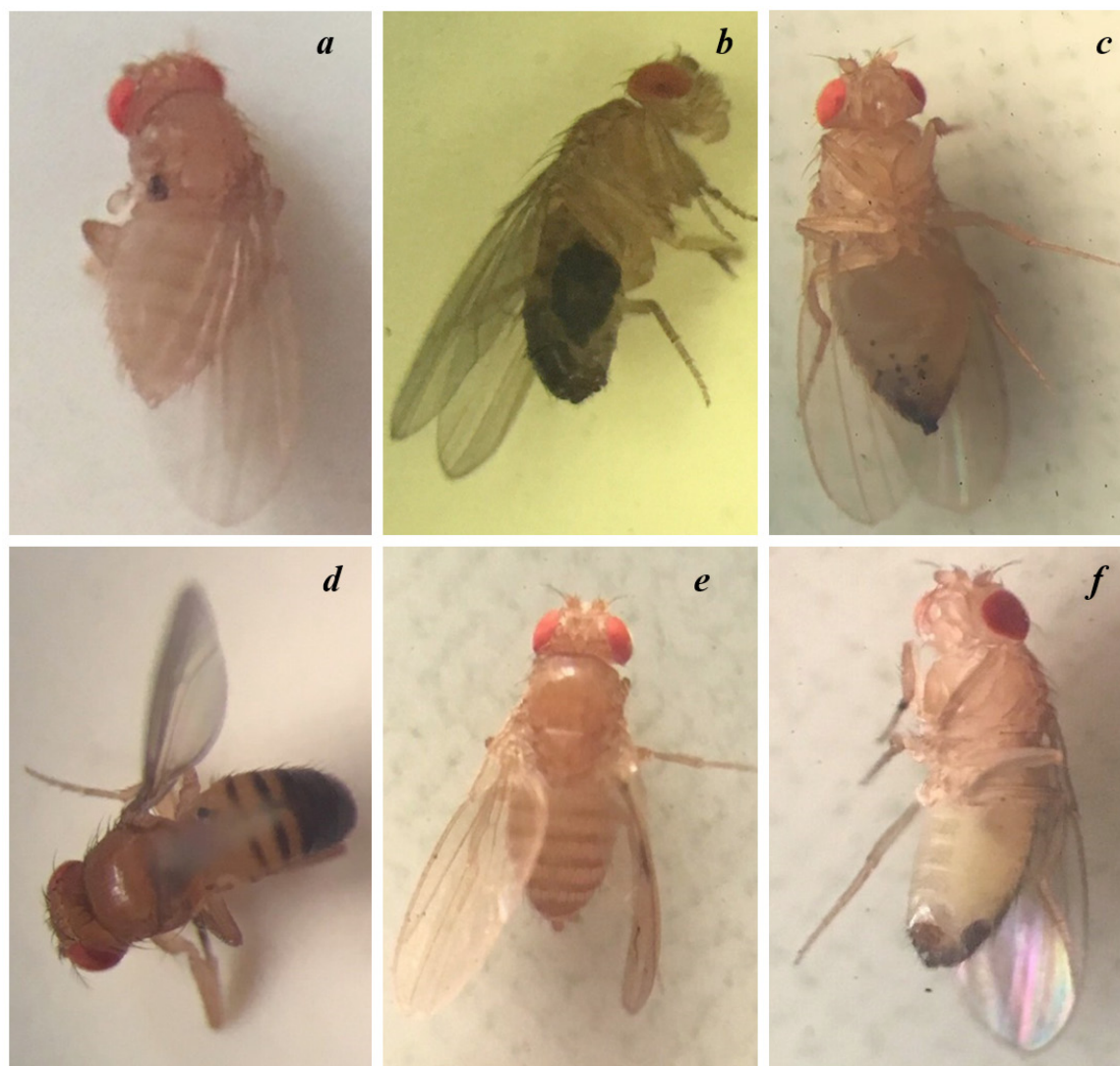


Рисунок 2 – Обнаруженные морфозы у мух F_1 *Drosophila melanogaster*; индуцированные под воздействием альфа-излучения от различных источников: а) отсутствие одного крыла и меланомы (Pu^{238}), б) меланомы на правой стороне брюшка (Pu^{238}), с) черные пятнышки на брюшке (Pu^{239}); д) пятно на тораксе (Pu^{239}); е) нарушение жилкования крыла и ассиметрия; ф) пятно на брюшке (триплет).

Сравнение результатов в опыте и контроле проводили по методу хи-квадрат с поправкой Йейтса (Greenwood, 1996: 3-22). Расчёты были выполнены по формуле:

$$\chi^2 = \frac{(|ad - bc| \frac{N}{2})^2 N}{(a + b)(c + d)(a + c)(b + d)}$$

где

- a, c – мухи без мутаций в опыте;
- b, d – мухи с мутациями в опыте;
- N – общее число мух.

Статистическая обработка данных эксперимента в опыте сцепленных X-хромосом и сцепленных X-Y-хромосом линии ЭП-2 с использованием источников α -излучения Pu^{238} , Pu^{239} и триплета ($Pu^{238} + Pu^{239} + U^{233}$) показала, что $\chi^2_{\text{эксп}} > \chi^2_{\text{табл}}$, при $P \leq 0,05$, полученные значения χ^2 экспериментов больше, чем критические при трех уровнях значимости $\alpha \leq 0,05$, $\alpha \leq 0,01$, $\alpha \leq 0,001$ (по таблице для $df = 1$). Следовательно, мы отвергаем нулевую гипотезу о том, что индукция морфозов не зависит от α -излучения (Глотов, 1982: 264).

Таблица 3 – Результаты статистического анализа в тест-системе сцепленных X-хромосом и сцепленных X-Y-хромосом

Источники α -излучения	Плутоний-238 Pu^{238}	Плутоний-239 Pu^{239}	Триплет $Pu^{238}+Pu^{239}+U^{233}$
Значения χ^2 эксперимента	19,4	49,2	38,8
Критические значения χ^2 при разных уровнях вероятности	3,841 при df = 1 и уровне значимости $\alpha \leq 0,05$	6,635 при df = 1 и уровне значимости $\alpha \leq 0,01$	10,828 при df = 1 и уровне значимости $\alpha \leq 0,001$

Заключение

Для определения генотоксического эффекта радона и его дочерних продуктов распада использована тест-система со сцепленными X-хромосомами и сцепленными X-Y-хромосомами. Генотоксичность α -излучения проявлялась в образовании условных мутаций, которые относятся к мутациям с эффектом положения гена, то есть их проявление зависит от изменения положения гена в геноме. Они затрагивают именно регуляторные элементы генома, ответственные за важные процессы регуляции, реализации генетической информации и за образование признаков внутривидового сходства.

Согласно полученным результатам было выявлено статистически значимое различие по частоте морфозов, индуцированных в X-хромосоме самцов *Drosophila melanogaster* линии Oregon при альфа-облучении. Используемый нами непараметрический критерий χ^2 продемонстрировал, что распределения частот в эксперименте

и контроле статистически отличаются при 99% уровне вероятности. Таким образом, при облучении дрозофилы альфа-лучами проявляется их генотоксическая активность.

В этом исследовании был изучен генотоксический эффект α -излучения радона и его продуктов распада на развитие в тест-системе со сцепленными X-хромосомами и сцепленными X-Y-хромосомами *Drosophila melanogaster*. Были выявлены морфологические проявления генотоксичности α -излучения: морфозы крыльев, глаз, живота, грудной клетки, антенн и меланомы на всех частях тела. Эти результаты указывают на мутагенную и канцерогенную активность радона и его дочерних продуктов распада.

Исследования проведены в рамках проекта Министерства образования и науки Республики Казахстан «Онкоррадиоогенное поражение населения изотопами радона и его моделирование на пучках альфа-частиц в биотестах» №0118РК00050.

Литература

- Абилев С.К., Тарасов А.В., Тарасов В.А. Прогностическая эффективность краткосрочных тест-систем при оценке канцерогенной активности химических соединений // Экологическая генетика. – 2004. – Т. 2, № 4. – С. 12–21.
- Бондаренко Л.Б., Дукельская А.В., Методы тестирования генетической активности факторов окружающей среды // Экологическая генетика. – 2007. – Т. 5, № 1. – С. 42–44.
- Глотов Н.В., Животовский А.А., Хованов Н.В., Хромов-Борисов Н.Н. Биометрия. –Л.: ЛГУ, 1982. – 264 с.
- Дубинин Н.П., Сидоров Б.Н. Зависимость действия гена от его положения в системе // Биол. журнал. – 1934. – Т. 3, № 2. – С. 304–331.
- Жимулев И.Ф. Гетерохроматин и эффект положения гена. – Новосибирск: Наука, 1993. – 490 с.
- Жимулев И.Ф. Общая и молекулярная генетика. – Новосибирск: Сибирское университетское издательство, 2007. – С. 2-11.
- Онищенко Г.Г. О состоянии контроля за радиационной безопасностью населения от природных источников ионизирующего излучения // Здоровье населения и среда обитания. – 2008. – № 4. – С. 9–11.
- Рапопорт И.А. Специфические морфозы у *Drosophila melanogaster*, вызванные химическими соединениями // Бюл. эксп. биол. мед. – 1939. – № 7. – С. 415–417.
- Хусаинов А.Т., Скипин Л.Н., Софронова Л.И. Влияние отходов ураноперерабатывающих предприятий на состояние компонентов экосистем Северного Казахстана. Монография. – Кокшетау. – 2012. – 115 с.
- Чадов Б.Ф., Чадова Е. В., Копыл С. А., Артемова Е. В., Хоцкина Е. А., Федорова Н. Б. От генетики внутривидовых отличий к генетике внутривидового сходства // Генетика. – 2004. – Т. 40, № 9. – С. 1157–1172.
- Abbatt, J.D., Newcombe H.V. The Eldorado Epidemiology Project // Health Follow – Up of Eldorado Uranium Workers. Eldorado Nuclear Ltd. – 1987. – P. 40–44.

- Ashby J. International Commission for protection against Environmental Mutagens and Carcinogens. Two million rodentcarcinogens. The role of SAR and QSAR in their detection. // *Mutation Research*. – 1994. Vol. 305, №1. – P. 3–12.
- Chadov B.F. «Mutations in the regulatory genes in *Drosophila melanogaster*» Proc. Intern. Conf. Biodiversity and Dynamics of Ecosystems in North Eurasia. Novosibirsk. – 2000a. – P. 16–18.
- Chadov B.F. A new stage in the development of genetics and term epigenetics // *Russian Journal of Genetics*. – 2006. – Vol. 42, № 9. – P. 1053–1065.
- Chadov B.F., Chadova E.V., Kopyl S.A., Fedorova N.B. A new class of mutations in *Drosophila melanogaster* // *Dokl. Ross. Akad. Nauk*. – 2000b. – Vol. 373, № 5. – P. 423–426. DOI: 10.13140/RG.2.1.2585.5606
- Chadov B.F., Fedorova N.B., Chadova E.V., Khotskina E.A. Conditional mutations in *Drosophila* // *Novosibirsk. Life Sci.* – 2011. – Vol. 5, № 3. – P.224–240.
- Copes R., Scott J. Radon exposure: Can we make a difference? // *CMAJ*. – 2007. – Vol. 177, № 10. – P. 1229–31. DOI: 10.1503/cmaj.070559
- Greenwood P. E., Nikulin M.S. A guide to chi-squared testing // New York: Wiley. – 1996. – P. 3–22.
- Jean-Christophe A., Klervi L., Blandine V., Sylvaine C.-L., Alain A., Dominique L. Multifactorial study of the risk of lung cancer among French uranium miners: radon, smoking and silicosis // *Health Physics*. – 2009. Vol. 97, № 6. – P. 613–621. DOI: 10.1097/01.HP.0000363842.62922.58
- Jennings B. H. *Drosophila* – a versatile model in biology & medicine // *Materials Today*. – 2011. – Vol. 14 – P. 190–195. DOI: 10.1016/S1369-7021(11)70113-4
- Karam P. A., Stein B. P. Radioactivity // New York: Chelsea House. – 2009. – P. 7–13
- Kazymbet P.K. Radioecological state of the residential areas in the uranium mining regions of Kazakhstan // *Scientific Proceedings of Institute for Radiobiology and Radiation Protection*. – 2014. – Vol. 1. – P. 19–55.
- Kendall G.M., Smith T.J. Doses to organs and tissues from radon and its decay products // *J. Radiol. Prot.* – 2002. – Vol. 22, № 4. – P. 389–406.
- Hei T.K., Wu L.-J., Liu S.-X. et al. Mutagenic effects of a single and exact number of α -particles in mammalian cells // *Proc. Natl. Acad. Sci. USA*. – 1997. – Vol. 94. – P. 3765–3770.
- Kohler R.E. Lords of the fly: *Drosophila* genetics and the experimental life // Chicago. – 1994. – P. 216–223.
- Laughlin J. An historical overview of radon and its progeny: applications and health effects // *Radiat. Prot. Dosimetry*. – 2012. – Vol. 152. – P. 2–8. DOI: 10.1093/rpd/ncs189.
- Pragya K. *Essentials of Genetics* // New Delhi: I. K. International Pvt. Ltd. – 2010. – P. 261–265
- Robertson A., Allen J., Laney R., Curnow A. The Cellular and Molecular Carcinogenic Effects of Radon. Exposure // *Int. J. Mol. Sci.* – 2013. – Vol. 14, № 7. – P. 14024–63. DOI: 10.3390/ijms140714024.
- Schnelzer M., Hammer G.P., Kreuzer M., Tschense A., Grosche B. Accounting for smoking in the radon – related lung cancer risk among German uranium miners: results of a nested case – control study // *Health Physics*. – 2010. – Vol. 98, № 1. – P. 20–28. DOI: 10.1097/HP.0b013e3181b8ce81
- Stocker H., Gallant P. An Overview on Raising and Handling *Drosophila* // *Methods Mol. Biol.* – 2008. – Vol. 420. – P. 27–44. DOI: 10.1007/978-1-59745-583-1_2
- Vogiannis E.G., Nikolopoulos D. Radon sources and associated risk in terms of exposure and dose // *Environ Health*. – 2015. – Vol. 2. – P. 1–10. DOI: 10.3389/fpubh.2014.00207
- World nuclear Association. <http://www.world-nuclear.org>

References

- Abbatt, J.D., Newcombe H.B. (1987) The Eldorado Epidemiology Project. Health Follow– Up of Eldorado Uranium Workers. Eldorado Nuclear Ltd., pp. 40–44.
- Abilev S.K., Tarasov A.V., Tarasov V.A. (2004) Prognosticheskaya effektivnost' kratkosrochnykh test-sistem pri otsenke kancerogennoy aktivnosti khimicheskikh soyedineniy [A prognostic efficiency of short-term tests – systems at an estimation of cancerogenic activity of chemical compounds]. *Ekologicheskaya genetika*, vol. 2, № 4, pp. 12–21.
- Ashby J. (1994) International Commission for protection against Environmental Mutagens and Carcinogens. Two million rodentcarcinogens. The role of SAR and QSAR in their detection. *Mutation Research*, vol. 305, №1, pp. 3–12.
- Bondarenko L.V., Dukelskaya A.V. (2007) Metody testirovaniya geneticheskoy aktivnosti faktorov okruzhayushchey sredy [The genetic activity of environmental factors test-method]. *Ekologicheskaya genetika*, vol. 5, № 1, pp. 42–44.
- Chadov B.F. (2000a) Mutations in the regulatory genes in *Drosophila melanogaster*. Proc. Intern. Conf. Biodiversity and Dynamics of Ecosystems in North Eurasia. Novosibirsk, pp. 16–18.
- Chadov B.F. (2006) A new stage in the development of genetics and term epigenetics. *Russian Journal of Genetics*, vol. 42, № 9, pp. 1053–1065.
- Chadov B.F., Chadova E.V., Kopyl S.A., Fedorova N.B. (2000b) A new class of mutations in *Drosophila melanogaster*. *Dokl. Ross. Akad. Nauk*, vol. 373, № 5, pp. 423–426. DOI: 10.13140/RG.2.1.2585.5606
- Chadov B.F., Fedorova N.B., Chadova E.V., Khotskina E.A. (2011) Conditional mutations in *Drosophila*. *Novosibirsk. Life Sci.*, vol. 5, № 3, pp. 224–240.
- Chadov B.F., Chadova E.V., Kopyl S.A., Artemova E.V., Khotskina E.A., Fedorova N.B. (2004) Ot genetiki vnutrividovykh otlichiy k genetike vnutrividovogo skhodstva [From genetics of intraspecific differences to genetics of intraspecific similarity]. *Genetika*, vol. 40, № 9, pp. 1157–1172.

- Copes R., Scott J. (2007) Radon exposure: Can we make a difference? *CMAJ*, vol. 177, № 10, pp. 1229–31. DOI: 10.1503/cmaj.070559
- Dubinin N.P., Sidorov B.N. (1934) Zavisimost' deystviya gena ot yego polozheniya v sisteme [The dependence of the gene action from its position in the system]. *Biol. J.*, vol. 3, № 2, pp. 304–331.
- Glotov N.V., Zhivotovskiy A.A., Khovanov N.V., Khromov-Borisov N.N. (1982) *Biometriya* [Biometrics]. L.: LGU, 264p.
- Greenwood P. E., Nikulin M.S. (1996) *A guide to chi-squared testing*. New York: Wiley, pp. 3–22.
- Hei T.K., Wu L.-J., Liu S.-X. et al. (1997) Mutagenic effects of a single and exact number of α -particles in mammalian cells. *Proc. Natl. Acad. Sci. USA*, vol. 94, pp. 3765–3770.
- Husainov A.T., Skipin L.N., Sofronova L.I. (2012) Vliyaniye otkhodov uranopererabatyvayushchikh predpriyatiy na sostoyaniye komponentov ekosistem Severnogo Kazakhstana [Influence of waste uranium companies on ecosystems of North Kazakhstan]. *Kokshetau*, 115p.
- Jean-Christophe A., Klervi L., Blandine V., Sylvaine C.-L., Alain A., Dominique L. (2009) Multifactorial study of the risk of lung cancer among French uranium miners: radon, smoking and silicosis. *Health Physics*, vol. 97, № 6, pp. 613–621. DOI: 10.1097/01.HP.0000363842.62922.58
- Jennings B.H. (2011) *Drosophila – a versatile model in biology & medicine*. *Materials Today*, vol. 14, pp. 190–195. DOI: 10.1016/S1369-7021(11)70113-4
- Karam P.A., Stein B. P. (2009) *Radioactivity*. New York: Chelsea House, pp. 7–13.
- Kazymbet P.K. (2014) Radioecological state of the residential areas in the uranium mining regions of Kazakhstan. *Scientific Proceedings of Institute for Radiobiology and Radiation Protection*, vol. 1, pp. 19–55.
- Kendall, G.M.; Smith, T.J. (2002) Doses to organs and tissues from radon and its decay products. *J. Radiol. Prot.*, vol. 22, № 4, pp. 389 – 406.
- Kohler R.E. (1994) *Lords of the fly: Drosophila genetics and the experimental life*. Chicago, pp. 216–223.
- Laughlin J. (2012) An historical overview of radon and its progeny: applications and health effects. *Radiat. Prot. Dosimetry*, vol. 152, pp. 2–8. DOI: 10.1093/rpd/ncs189.
- Onishchenko G.G. (2008) O sostoyanii kontrolya za radiatsionnoi bezopasnost'yu naseleniya ot prirodnykh istochnikov ioniziruyushchego izlucheniya [On the state of control over the radiation safety of the population from natural sources of ionizing radiation]. *Zdorov'e naseleniya i sreda obitaniya*, № 4, pp. 9–11.
- Pragya K. (2010) *Essentials of Genetics*. New Delhi: I. K. International Pvt. Ltd., pp. 261–265.
- Rapoport I.A. (1939) Spetsificheskiye morfozy u *Drosophila melanogaster*, vyzvannyye khimicheskimi soyedineniyami [Specific morphoses in *Drosophila melanogaster* caused by chemical compounds]. *Byul. eksp. biol. med.*, № 7, pp. 415–417.
- Robertson A., Allen J., Laney R., Curnow A. (2013) The Cellular and Molecular Carcinogenic Effects of Radon. *Exposure. Int. J. Mol. Sci.*, vol. 14, № 7, pp. 14024–63. DOI: 10.3390/ijms140714024.
- Schnelzer M., Hammer G. P., Kreuzer M., Tschense A., Grosche B. (2010) Accounting for smoking in the radon – related lung cancer risk among German uranium miners: results of a nested case – control study. *Health Physics*, vol. 98, № 1, pp. 20–28. DOI: 10.1097/HP.0b013e3181b8ce81
- Stocker H., Gallant P. (2008) An Overview on Raising and Handling *Drosophila*. *Methods Mol. Biol.*, vol. 420, pp. 27–44. DOI: 10.1007/978-1-59745-583-1_2
- Vogiannis E.G., Nikolopoulos D. (2015) Radon sources and associated risk in terms of exposure and dose. *Environ. Health*, vol. 2, pp. 1–10. DOI: 10.3389/fpubh.2014.00207
- World nuclear Association. <http://www.world-nuclear.org>
- Zhimulev I.F. (1993) *Geterokhromatin i effekt polozheniya gena* [Heterochromatin and gene position effect]. Novosibirsk: Nauka, 490p.
- Zhimulev I.F. (2007) *Obshchaya i molekulyarnaya genetika* [General and molecular genetics]. Novosibirsk: Sibirskoye universitetskoye izdatel'stvo, pp. 2-11.

**Нұрмаханова А.С.¹, Утешова С.², Домакбаева А.³, Кенжебаева Ш.⁴,
Атабаева С.Д.⁵, Асрандина С.Ш.⁶, Алыбаева Р.А.⁷**

¹PhD, аға оқытушы, e-mail: akmaral.nurmahanova@gmail.com

²студент, ³студент, ⁴ғылыми қызметкер, e-mail: ms.shahrizada@mail.ru

⁵профессор, б.ғ.д., e-mail: sauleat@yandex.kz ⁶доцент, б.ғ.к., e-mail: asaltanat@yandex.ru

⁷доцент, б.ғ.к., e-mail: raya_aa@mail.ru

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

ТҰЗДЫ ЖАҒДАЙЛАРДЫҢ (NaCl) СОЯ ӨСІМДІГІНІҢ (*GLYCINE MAX*) ПАРАМЕТРЛЕРІНЕ ЖӘНЕ САЛЫСТЫРМАЛЫ СУ МӨЛШЕРІМЕН ЖАПЫРАҚТАРЫНЫҢ ФОТОСИНТЕЗ ПИГМЕНТТЕРІНІҢ МӨЛШЕРІНЕ ӘСЕРІ

Мақалада тұзды жағдайлардың соя өсімдігінің (*Glycine max*) өсу параметрлеріне және салыстырмалы су мөлшерімен фотосинтез пигменттерінің мөлшеріне әсері зерттелді. Зерттеу нысаны ретінде сояның 3 сорты Алматы, Вита, Ласточка алынды. Соя дәндерін келесі варианттар бойынша бақылау, 0,01% NaCl, 0,1% NaCl ерітіндісі қосылған топырақта 14 күн өсірілді. Жер үсті мүшелердің ұзындығы 0,1% NaCl концентрацияда Алматы сортында 17%-ға, Вита сортында 19%-ға төмендеген, ал Ласточка сортында 28%-ға. Жер үсті мүшелерінің ұзындығы бойынша 0,1% NaCl жоғарғы концентрациясына Алматы және Вита сорттары төзімді, ал Ласточка сорттар сезімтал болып табылды. Тұздың жоғарғы концентрациясының әсерінен соя сорттары тамырының құрғақ салмағы бақылау деңгейімен салыстырғанда Вита сорты 32%-ға жоғарылаған, ал Ласточка және Алматы сорттары 9%-ға және 19%-ға төмендеген. Ал тұздың жоғары 0,1% NaCl концентрациясында судың салыстырмалы (RWC) мөлшері Вита сортында 5%-ға, Алматы сортында 8%-ға, Ласточка сортында 15%-ға төмендеген. Фотосинтездік пигменттерінің мөлшерінің өзгеруін анықтау өсу процестерінің тежелу механизмдерін зерттеуіне мүмкіндік береді. Хлорофилл а пигменті мөлшері тұздың жоғарғы концентрациясында (0,1% NaCl) Вита және Алматы сорттары 10%-ға және 13%-ға, ал Ласточка сорты 14%-ға бақылау деңгейімен салыстырғанда біршама төмендеген. Хлорофилл b пигменттің жинақталуы мөлшері Вита сорты 92%, Ласточка сорты 90%, Алматы сорты 89% бақылауға қарағанда көрсеткішке ие болғандығы анықталды. Сояның Вита сортында 21%-ға, ал Алматы және Ласточка сорттарында 16%-ға каротиноидтардың жинақталуы мөлшері жоғарылағандығы байқалды. Осы стрестердің әсерінен төзімді соя сорттарында фотосинтездік пигменттер мөлшерінің төмендеуімен, олардың өсу деңгейі бойынша төзімділігімен өзара байланыстың бар екендігі байқалды.

Түйін сөздер: соя, тұзды жағдайлар, фотосинтез, хлорофилл, каротиноид, сорт, төзімділік.

Nurmahanova A.S.¹, Uteshova S.², Domakbayeva A.³, Kenzhebayeva Sh.R.⁴,
Atabayeva S.D.⁵, Asrandina S.⁶, Alybayeva R.A.⁷

¹PhD, teacher, e-mail: akmaral.nurmahanova@gmail.com

²student, ³student, ⁴Research associate, e-mail: ms.shahrizada@mail.ru

⁵PhD, professor, e-mail: sauleat@yandex.kz ⁶PhD, Associate Professor, e-mail: asaltanat@yandex.ru

⁷PhD, Associate Professor, e-mail: raya_aa@mail.ru

Al-Farabi Kazhak national university, Kazakhstan, Almaty,

**The effect of salinity (NaCl) on growth parameters and the relative water content,
on the content of photosynthetic pigments in the leaves of soybean (*Glycine max*)**

It was studied by NaCl in the content of in the leaves of soybean plants (*Glycine max*). The objects of research were 3 varieties of soybean plants – Almaty, Vita and Lastochka. The plants were grown in the soils with different concentration of NaCl – 0 (control), 0.01%, 0.1% for 14 days. Photosynthesis plays

a key role in the process of growth and biomass accumulation. The length of the above-ground organs at a concentration of 0.1% NaCl in the Almaty variety decreased by 17%, in the Vita variety – by 19%, while in the Lastochka variety – by 28%. At a given concentration, the root length of varieties Lastochka and Vita increased by 20% and 14%, respectively. With the action of 0.1% NaCl, the dry biomass of the aerial organs was reduced in all varieties. To a lesser extent, this indicator decreased in the Vita variety – by 17%, while in the other varieties Lastochka and Almaty – by 24%. At this concentration, the dry mass of the roots only increased in the Vita variety by 32%, while in the other varieties it decreased. In the Lastochka variety, the dry mass of roots decreased by 9%, in Almaty variety – by 19%. The relative water content (RWC) decreased in all varieties under the action of salinity. With the action of 0.1% NaCl in Vita variety, this indicator decreased in the least degree – by 5%, in Almaty variety – by 8%, in Lastochka variety – by 15%. According to the results of research at concentration 0.1% NaCl, chlorophyll content was decrease in Vita and Almaty variety by 10% and 13%, respectively, and in Lastochka variety – by 14%. Content of chlorophyll b pigment content it was found to be 92% to control for Vita, 90% – for Lastochka and 89% – for Almaty variety. At 0.1% NaCl concentration, the concentration of carotenoids in Vita variety increased by 21%, while in Almaty and Lastochka varieties – by 16%. Thus, the amount of chlorophyll a and b has declined in the soybean varieties under salinity stress. It was shown that the chlorophyll content in a resistant Vita variety has diminished to a minor degree in comparison with the other varieties.

Key words: soybean, salinity, photosynthesis, chlorophyll, carotenoid, variety, resistance.

Нурмаханова А.С.¹, Утешова С.², Домакбаева А.³, Кенжебаева Ш.⁴,
Атабаева С.Д.⁵, Асрандина С.Ш.⁶, Алыбаева Р.А.⁷

¹PhD, старший преподаватель, e-mail: akmaral.nurmahanova@gmail.com

²студент, ³студент, ⁴научный сотрудник, e-mail: ms.shahrizada@mail.ru

⁵д.б.н., профессор, e-mail: sauleat@yandex.kz ⁶к.б.н., доцент, e-mail: asaltanat@yandex.ru

⁷к.б.н., доцент, e-mail: raya_aa@mail.ru

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

Влияние засоления (NaCl) на ростовые параметры и относительное содержание воды и на фотосинтетические пигменты в листьях растений сои (*Glycine max*)

Изучено влияние засоления (NaCl) на содержание фотосинтетических пигментов в листьях растений сои (*Glycine max*). Объектами исследования явились 3 сорта сои Алматы, Вита и Ласточка. Растения выращивали в почве при следующих концентрациях NaCl – 0 (контроль), 0,01%, 0,1% в почве в течение 14 дней. Длина надземных органов при концентрации 0,1% NaCl у сорта Алматы снижалась 17%, у сорта Вита – на 19%, в то время как у сорта Ласточка – на 28%. При действии 0,1% NaCl сухая биомасса надземных органов снижалась у всех сортов. В наименьшей степени данный показатель снижался у сорта Вита на 17%, а у остальных сортов Ласточка и Алматы – на 24%. При данной концентрации сухая масса корней увеличивалась только у сорта Вита на 32%, а у остальных сортов снижалась. У сорта Ласточка сухая масса корней снижалась на 9% у сорта Алматы – на 19%. Относительное содержание воды (RWC) снижалось у всех сортов при действии засоления. При действии 0,1% NaCl у сорта Вита данный показатель снижался в наименьшей степени – на 5%, у сорта Алматы – на 8%, у сорта Ласточка – на 15%. Фотосинтез играет ключевую роль в процессе роста и накопления биомассы растениями. По результатам исследования содержание хлорофилла а снижалось при концентрации 0,1% NaCl у сорта Вита и Алматы на 10% и 13%, а у сорта Ласточка – на 14% соответственно. Содержание хлорофилла b снижалось в меньшей степени по сравнению с хлорофиллом а – у сорта Вита данный показатель был равен 92%, у сорта Ласточка – 90%, у сорта Алматы – 89%. При максимальной концентрации 0,1% NaCl наблюдалось увеличение концентрации каротиноидов у сорта Вита на 21%, а у сортов Алматы и Ласточка – на 16%. Таким образом, количество хлорофилла а и b уменьшилось у сортов сои под действием засоления. Показано, что у устойчивого сорта содержание хлорофилла уменьшалось в меньшей степени по сравнению с неустойчивыми.

Ключевые слова: соя, засоление, фотосинтез, хлорофилл, каротиноид, сорт, устойчивость.

Кіріспе

Тұздану – су жағалауында орналасқан дүние жүзінің ауылшаруашылықпен айналысатын аймақтарының үлкен проблемасы.

Көптеген құрғақ және жартылай құрғақ жерлерде топырақтың тұздылығы табиғи

процестерден немесе егістіктерді тұзды сумен суғаруға байланысты туындаған (Meloni 2004: 39). Біріккен Ұлттар Ұйымының (БҰҰ) қоршаған орта жөніндегі бағдарламасында ауылшаруашылық жерлердің дүние жүзі бойынша 20%-ы тұзданған деп тұжырымдама жасаған (Yan 2008: 1268, Munns 2005: 645).

Тұзды топырақтар жер шарындағы мемлекеттердің көптеген аймақтарын алып жатыр. Тұзды топырақтардың көп бөлігі негізінен, Орта Азия мемлекеттерінде орын алып отыр. Осы мемлекеттердің суармалы аймақтары шамамен 65% азды-көпті тұзды топырақтардан тұрады деп айтуға болады. Соның ішінде Түрікменстанда 89%, Өзбекстанда 70%, Қазақстанда 65%, Тәжікстанда 30%, Қырғызстанда 25% үлесінде. Топырақтың тұздылығы әр түрлі жағдайларға байланысты қалыптасады. Қуаңшылық, шөлді дала аймақтарда тұздану көп орын алады. Себебі, ондай аймақтарда ауа райының ыстығынан, желдің күштілігінен жер бетінен судың булануы өте қарқынды жүреді. Соған байланысты жер қабаттарындағы топырақ ерітіндісі буланып жоғары көтерілген сайын құрамындағы еріген тұздар да жоғары көтеріліп, топырақтың үстіңгі бетіне келгенде іріктеліп жиналып қалады. Егістіктерді суару нәтижесінде де, топырақтың үстіңгі бетіндегі тұздардың концентрациясы көбейеді, өсімдік өсуіне кері әсерін тигізеді. Сол себептенде қазіргі таңда өсімдіктердің тұзға төзімділігін зерттеу маңызды болып табылады. Тұздардың әсерінен өсімдіктердің сыртқы ортаға реакциялары да өзгереді (Иванов 2010: 303).

Жердің бетінде 1/15 бөлігі тұзды жерлер болып саналады. Егер бейорганикалық иондардың өлшемі 0,2% аспаса, ондай жерлерді тұзсыз деп санайды. Соныменен 0,2-0,4 % – аз тұзды; 0,4-0,7% – орташа тұзды, 0,7-1,0% – қатты-күшті тұзды жерлер деп аталады. Бейорганикалық иондардың мөлшері 1,0%-тен көп болса, оларды солончактар деп атайды. Тұзды топырақта әдетте катиондардан Na көп кездеседі, бірақ Mg²⁺ мен Ca²⁺-да кездестіруге болады (Stamer 1993: 15).

Тұзды жерлерде гликофиттерде судың және иондардың гомеостазы клетка және өсімдік деңгейінде бұзылады. Ол токсикалық әсер береді, биополимерлерді зақымдайды, өсуін баяулатады (Munns 1993: 15).

Тұздылыққа бейімделу оларда кейбір физиологиялық механизмдерінде иондарды таңдаулы сіңіруін орындауда байқалады. Мысалы, улы натрий калийға қарағанда аз сіңіріледі. Тұздардың артықшылығы лептесіктерден бөліну арқылы белсенді бөлініп азаяды, сондықтан да астыңғы эпидермис тұзды қабыршықпен жабылған болады. Бұл тұздар басқадан қонған емес, шынымен жапырақтан бөлінгендігін интактілі жапырақты шайғаннан кейін тұзды қабыршықтың қайта пайда болуынан байқауға болады, әсіресе, «желді көлеңкеде» тұзды

шаңның қонуы мүмкін емес болғанда байқалған (Cosgrove 1993: 1321).

Тұздардың жоғары концентрациялары өсімдіктің өсуін тежейді. Олар цитокинин гормонының азаюымен және абсциз қышқылының көбеюімен байланысты. Клеткаларда 1-аминоциклопропан-1-карбон қышқылы көбейеді, ол этиленнің алдыңғы қосындысы. Гормондардың мөлшерінің өзгеруі өсімдіктердің тұрақтылығын жоғарылатады. Кейбір зерттеушілер өсімдіктердің өсуінің баялауының себебі тұздың зақымдайтын әсерінен емес, оның себебі адаптациялық гормондардың жауаптарымен байланысты. Тұрақтылықтың деңгейі өсудің жылдамдығымен теріс корреляция қатынасында. Баяу өсу қорғаныш реакцияларға керек көп ресурстарды – құрылыс белоктарды, энергияны – босатады (Клышев 1989: 195).

Тұзданудың әсері ауыл шаруашылық дақылдарының жемісінің жетілуіне және гүлденуіне, өсуі мен биомассасының жинақталуы секілді процестерге кері әсер етеді. Сондықтан ауыл шаруашылық өнімдерінің сапасы мен өнім беруін төмендетеді. Тұздың жоғарғы концентрациясы топырақ ерітіндісіндегі осмотикалық потенциалын төмендетеді, өсімдіктерде су стресін туындатады. Екіншіден, тұздану өсімдіктер организмінде ионды интоксикацияны туғызады. Нәтижесінде тұздану ортасында үйлесімдік және клеткадағы ионды гомеостаз бұзылады (Sairam 2004: 407).

Тұздың үлкен концентрациялары және су тапшылығы клетканың бөлінуін және дифференцировка процестерді тежейді. Ол кейбір гендердің экспрессияларымен байланысты. Олар қалыпты жағдайда экспрессияланбайды. Ол гендердің өнімі клетканың бөліну және созылып өсу процестерін тежейді (Аббасова 1993: 464).

Тұздану – тұзға төзімді және сезімтал өсімдіктердің де өсуін тежейді. Алайда, олардың арасындағы өсу жылдамдығының айырмашылығын тұздану әсері байқалғаннан кейін бірнеше аптада байқауға болады (Касумов 1983:142). Мұны былайша түсіндіруге болады, тұзданудың бірінші сатысында осмотикалық компонент болады, яғни судың жетіспеуіне қарсы реакция байқалады, содан кейін иондардың токсикалық әсерінен өсімдіктердің өзін-өзі қорғау қабілетіндегі айырмашылықтар пайда болады (Балконин:45). Тұзды жағдайларда өсу қалпын ұстап тұру су алмасуының реттелуімен, осмотикалық бейімделумен және өсімдік клетка қабықшасының қасиеттерінің өзгеруімен байланысты (Федяева 1989: 99).

Ұлпадағы судың тапшылығы, яғни, тұздың осмостық әсерінің нәтижесінде олардың токсинінің көрінуі, күрделенуі мүмкін, яғни клетка цитоплазмасында жиналады. Бұл жағдайда иондық токсиндердің әсері тура (белок денатурациясы) әсері байқалады. Токсиндік тұздың визуальды көрінісін жапырақтар мен сабақтағы некроздың түзілуімен байланыстыруға болады. Мұндай тұздық эффект ортадағы тұздың концентрациясының кездейсоқ жоғарылаумен жақсы байқалады (Минаев 1992: 17).

Жоғары концентрациялы тұздың әсері цитоплазманың жоғарғы қабығының бұзылуымен байланысты, цитоплазманың өткізгіштік қасиеті жоғары, заттардың таңдамалы жинақталу қабілеттілігі төмендейді. Тұз клеткаға судың транскрипциялық күшімен бірге енеді. Көп жағдайда сортаңданған топырақ транскрипция процесінің жоғары қарқындылығымен сипатталатын жазы ыстық аймақтардағы өсімдіктерде кездеседі, нәтижесінде тұздың енуі жоғарылап, өсімдіктің зақымдануы арта түседі. Сонымен қатар тұзды топырақ құрамындағы хлорлы натрийдің жоғары концентрациясы басқа да катиондардың, әсіресе өсімдіктің тіршілігі үшін қажет калий, кальций сияқты элементтердің жинақталуына кедергі жасайды (Шарипханова 2001: 111).

Хлорлы тұздану жағдайында өсімдіктің өнімділігінің төмендеуі, сыртқы ортаның өзгеруіне өсімдіктің даму процестерінің тежелуімен сипатталады. Өсімдіктің даму процестерінің тежелу деңгейі мен биомассасының төмендеуі субстраттағы тұз концентрациясы мен тұздың әсер ету уақыты арасындағы тікелей коррелятивті тәуелділігі анықталды. Алайда, өсімдіктегі иондардың жинақталуы мен олардың тұзға төзімділік деңгейі арасындағы тікелей тәуелділік, өсімдіктің өсуіне тұз жанама әсер етеді. Кейбір авторлардың айтуы бойынша тұздану шағындағы өсімдіктердің өсу процестерінің тежелуіне басты себеп ұлпадағы тұз мөлшерінің шамадан тыс артуы емес, тамыр өскіндерінің өсуіне қажетті метаболизм өнімділігінің тасымалдану үрдісі төмендейді. Өсімдік дамуының тежелуі онтогенездің бастапқы сатыларында минералдық элементтердің түзуі азаяды (Строганов 1973: 51).

Тұзданудың жоғары концентрациясы бастапқыда өсімдіктің тамыр жүйесіне әсер етеді. Бұл жағдайда тамырдағы тұз ерітіндісімен байланысатын қажетті клеткалар зақымданады. Топырақтағы натрий хлоридінің концентрациясының кенеттен тыс артуы, тамыр жүйесіндегі

иондық өткізгіштіктің секірмелі түрде артуына әкеледі (Полевой 1989: 428). Тұздың мөлшері шамадан тыс артқан кезде өсімдік тамырының тургорлық қасиеті жоғалып, тамыр қарайып кетеді (Михайловская 1977: 81). Тұздың кері әсері өсімдіктерде негізгі минералдық элементтер мен қоректік заттармен жеткілікті қамтамасыз етілмеген жағдайда арта түседі. Сонымен қатар, зерттеу жұмыстары тамыр жүйесінің сіңіру қасиеті тұздану жағдайында тамырдың жалпы сіңіруші қабілеттілігінің қысқартатындығын көрсетті. Өсімдік сабағын зерттеу жұмыстары тұздың клетканың өткізгіш жүйесіне әсері, әсіресе тұз ерітіндісінің жер үсті мүшелеріне тасымалданатынын көрсетті (Demirae 2006: 72). Хлорлы натрий тұзымен тұздану кезінде өскіндер қысқарып, өсу процесі жылдам тоқтайды. Тұздану процесіне әсіресе өсімдік жапырағы өте сезімтал келеді. Жалпы ауыл шаруашылық дақылдары үшін төменгі жапырақтарының солуды нәтижесін көрсетеді. Мақта, жүгері, күріш өсімдіктерінің өсу деңгейі төмендеген, тұздану – тұзға төзімді және сезімтал өсімдіктердің де өсуін тежейді. Алайда, олардың арасындағы өсу жылдамдығының айырмашылығын тұздану әсері байқалғаннан кейін бірнеше аптада көруге болады (Maggio 2007: 276, Singh :117). Күріш, жүгері, мақта өсімдіктерде өсу параметрлері төмендегені байқалды (Maggio: 276, Singh 2009: 117, Khan: 11).

Тамырдың аймақтарындағы тұздардың жоғары концентрациясы топырақтағы судың потенциалын азайтады. Демек, өсімдік топырақтан суды еркін сіңіре алмайды және су тапшылығы жасуша деңгейінде дегидратацияға әкеледі (Mannan 2013: 31, Kabir 2004: 103, Dolatabadian 2011: 223).

Тұзды стресс әсерінен сояның өсу көрсеткіштерімен құрылымдық өзгерістері зерттелді. Соя перлит пен вермикулитпен толтырылған пластикалық ыдыстарға отырғызылды. Зерттеу (5 күннен кейін егуден кейін) тұзды стрестік ортада 0.25, 50, 100 Мкм концентрациясы бар NaCl-і ерітіндісін қосу арқылы жүргізілді. Отыз күн өткеннен соң өсу көрсеткіштері және анатомиялық өзгерістері зерттелді. Нәтижесінде тұзды стресстің әсерінен тамыр салмағы айтарлықтай төмендегені байқалды, сонымен қатар тұздылықтың кернеуі салдарынан жалпы өсімдік салмағы, өсімдік биіктігі мен жапырақ саны азайды. Бір қызығы, жапырақтың көлемі тұздану стресінен зардап шеккен жоқ. Микроскопиялық зерттеудің негізі көрсеткендей, тұздану стресі эпидермиялық жасушалардағы ку-

тин массасы мен трихома санының айтарлықтай артқандығы байқалған. Екінші жағынан, тұздың жоғарғы концентрациясында өсірілген соя сорттары эпидермис клетка қабығының қалыңдауы тұзды стресс әсерінен жұқарған, ал керісінше ксилема қабығы қалыңдады. Сонымен қатар, стресс әсерінен өсімдікте ксилеманың түзілуі мен орналасуы өзгерген (Tsui-Hung 2008: 1196).

Соя өсімдігі ақуызға бай, тұзды стресс әсерінен өнімділігі айтарлықтай төмендейді. Тұз мөлшерінің көбеюі тұқымның өсуіне, түйін құрылымына, агрономдық сипаттамаларына, тұқымдардың сапасы мен санының артуына кері әсер етеді, осыған байланысты сояның өнімділігін төмендетеді. Тұз стрессімен күресу үшін соя бірнеше төзімділік деңгейін арттыруы керек, соның ішінде: ион гомеостазын ұстау; осмотикалық стресске жауап ретінде түзету; осмотикалық балансты қалпына келтіру; және басқа метаболизм және құрылымдық бейімделуді арттыру. Жоғары сатыдағы өсімдіктерде абиотикалық стресстік реакциялардың нормативтік желісі *Arabidopsis thaliana* сияқты модельдік өсімдіктерде кеңінен зерттелген. Тұз стресс реакциясына қатысатын кейбір гомологтық компоненттер сояда анықталды. Осы шолуда біз соя жұмысына қатысты жұмыстарды біріктіруге тырыстық және молекулалық деңгейде тұзды стресс жауаптарын сипаттайтын жұмыс үлгісін ұсындық (Баят 2010: 744).

Топырақтың тұздылығы әлемнің көптеген аймақтарында бұршақ өнімдерін өсіруге үлкен шектеу болып табылады. Тұқым өнімділігін, сабақ пен тамырдың құрғақ массасын, сондай-ақ жапырақ құрамына тұздың әсерін анықтау үшін осы ортада өсірілген сояның сезімтал сорттары зерттелді. Тұздардың әртүрлі деңгейлеріндегі топырақта сояның Ли, Кокуит және Кларк 63 сорттары отырғызылды. Осы экспериментте пайдаланылған топырақтың электр өткізгіштігі (EC) $0,5 \text{ dS m}^{-1}$ -тең болды. Топырақтың тұздылығы 0,5, 2,5, 4,5, 6,5 және $8,5 \text{ dS m}^{-1}$. Жер асты үлгілерін өңдеу үшін қажетті тұздылық деңгейін алу үшін, EC 15 dS m^{-1} бар дренажды каналдан дренажды су пайдаланылды. Оны отырғызудан 10 күн өткенде өсу пайызы тіркелді. 45 күндік өсімдіктің құрғақ және құрғақ салмағының өлшемдері өлшенді. Na⁺, K⁺, Ca²⁺, Mg²⁺ және Cl⁻-нің қоректік концентрациясы анықталды. Тұздылықтың деңгейі көбейген сайын, өсудің пайызы мөлшері біршама төмендеген. Сояның Ли сорты, Кокит пен Кларк 63 сорттарына қарағанда

тұздануға төзділік деңгейін жоғарылатты. $8,5 \text{ dS m}^{-1}$ кезінде барлық үш сортта да өсу деңгейі айтарлықтай төмендеуі байқалды. Дегенмен, Ли соя сортында басқа екі сортқа қарағанда өсу көрсеткіші жоғары болды. Тұздылықтың күші барлық сорттарда натрий (Na⁺) және хлорид (Cl⁻) жапырақтарының айтарлықтай өсуіне себеп болды. Тұзды стресс зерттелген сорттардың жапырақтарында K⁺, кальцийдің (Ca²⁺) және магнийдің (Mg²⁺) жиналуын азайтты. Бұл зерттеудің нәтижесінде сояның Ли сорты әртүрлі концентрациялы тұзға төзімді және жапырақтардағы макронутриенттердің жиналуы арасындағы байланыс бар екенін көрсетеді (Raul 2003: 329).

Тұзды стресс дүние жүзінде ауылшаруашылық дақылдарының шығымына кері әсерін тигізуде. Өсімдіктердің тұздылыққа жауап реакциясы клеткадағы гиперосмотық және иондық тепе-теңдікті жеңілдетуге арналған бір-бірімен үйлесімді әрекет ететін көптеген үдерістерден тұрады. Төзімділік пен шығым тұрақтылығы егіннің өнімділігін анықтауға қиындық туғызатын күрделі генетикалық мән болып табылады.

Тұздың токсикалық әсерінің механизмі әлі толық зерттелмеген. Иондардың жоғары концентрациясы клеткалардың өсуін тоқтатады, тыныс алу, фотосинтез процестерінің нашарлауына алып келеді, өсімдікке басқа минералды заттардың сіңірілуін, сонымен қатар клеткада суды сақтап тұру қабілетін нашарлатады. Ең алдымен тұздардың жоғары концентрациясы өсімдіктің мембранасының қызметін нашарлатып, ферменттердің белсенділігін төмендетеді. Иондардың жоғары концентрациясының төмендеуі ион алмастырғыш механизмдер арқылы жүзеге асады. Сонымен судың жоғалтуын болдырмайтын осмотық қорғаныш жүйелері қосылады. Яғни осмолиттер немесе осмопротекторлардың синтезделуі жүреді (Gama 2007: 79).

Жалпы тұзды әсер – бұл өсімдіктер өсуінің тежелуі. Тұздың концентрациясы белгілі деңгейге дейін жоғарыласа, өсімдіктің өсу үрдісінің жылдамдығы тежеліп, өсімдіктің мүшелері арасындағы қатынастары өзгеріп, тұтас олардың биомассасының біртіндеп төмендеуіне әкеледі. Тұздың әсерінен өсімдіктің дамуы, метаболизмі мен фотосинтездің белсенділігі, сонымен қатар тыныс алу мен фотосинтез процесінің қалыпты жүруі бұзылады. Өсімдіктегі ассимилянттардың тасымалдауы, белок синтезі, гормондық баланс, азот пен

күкірттің сіңірілуі тежеледі, көмірсу, фосфор және күкірт алмасуы бұзылады. Сонымен қатар, мембрана мен органеллалардың қызметі мен өткізгіштігі нашарлайды (Полевой: 428). Жүргізілген зерттеулерге сәйкес, тұздылықтың өсімдік жапырақтарына зиянды әсері концентрацияға байланысты да артады (Jamil 2005: 121, Na 2008: 74, Bayuelo 2002: 2184, Niaz 2005: 113). Көптеген зерттеулерде тұздың концентрациясы өсімдіктерге кейде теріс немесе оң әсерін тигізетіндігін көрсетеді (Taffouo 2009: 135, Memon 2010: 248, Saffan 2008: 159, Turan 2007: 484, Saqib 2006:542, Sultana 2000:211, Tort 2004:1). Бірнеше зерттеулер тұздандудың биохимиялық процестерге ингибицияланған әсерін растайды, олардың ең маңыздысы фотосинтез болып табылады. Тұздың фотосинтезге әсер етуі, ол фотосинтетикалық пигменттерге де әсер етеді деген сөз. Арнайы зерттеулердің нәтижелерінде тұздың әсері зерттелген өсімдіктерде фотосинтетикалық пигменттің мөлшері азаяды (Murillo-Amador 2007: 413, Taffouo 2010: 53).

Зерттеу материалдары және әдістері

Зерттеу зерзаты: Соя өсімдігінің 14-күндік өскіндерінің үш сорты – Вита, Алматы, Ласточка. Соя өскіндері 14 күн топырақта (бақылау), 0,01% және 0,1% 0,0 NaCl концентрациясында өсірілді.

Соя сорттарының биометриялық параметрлеріне талдау жасау

Зерттеу жүргізу барысында зерттеу объектісі ретінде сояның Алматы, Ласточка, Вита сорттары алынды. Яғни оны сабынды сумен жуып, $KMnO_4$ әлсіз ерітіндісімен 10 минут өңдейді. Өңдегеннен кейін оны дистильденген сумен шайып, отырғызуға дайындайды. Соя сорттарының негізгі өсу ортасы топырақта үш нұсқа бойынша: бақылау, NaCl-0,01%, NaCl-0,1% концентрациясында жүргізілді. Осы ерітінділерде арпа сорттарын 14 күн өсіріп, өсіп шыққан соя сорттарына скрининг жүргізіледі және сабағы мен тамырында биомасса жинақталуы анықталады. Соя өсімдігінің әрқайсысының сабағының және тамырының ұзындықтарын өлшейді және биомассасын анықтау үшін сабағы мен тамырының ылғал және құрғақ күйдегі салмақтары өлшенеді. Құрғақ салмағын өлшеу үшін 3 сағатқа $105^{\circ}C$ термостатқа өсімдік мүшелері қойылады. Соя сорттарының тұздануға төзімділігін анықтау мақсатында жалпы қолданыстағы биометриялық әдісі қолданылды.

Әр түрлі варианттарда өсірілген арпа сорттарының жапырағындағы судың салыстырмалы мөлшерін анықтау

Судың салыстырмалы мөлшерін (RWC) табу үшін өсімдіктің жапырағының ылғалды массасын (FW), тургорлық массасын (TW), құрғақ массасын (DW) анықтау қажет.

Жұмыстың барысы: Алынған сояның 3 сортын петри табақшасында өндіріп аламыз. Өсімдікті өндіруге 3 күн кетеді. Өнген арпа дәндерін алдын ала дайындалған әртүрлі тұз концентрацияларына отырғызамыз. Өсімдіктерді осы концентрацияда 7 күн бойы өсіреміз. Әр варианттың өсімдігінен 5 өскінді алып, олардың массасын өлшеп аламыз. Осы өлшем бізде өсімдіктің ылғалды массасы (FW) болып саналады. Өлшенген өскіндерді 16-18 сағат аралығында дистилденген сумен инкубациялаймыз. Өсімдіктің тургорлық массасын (TW) инкубациядан кейін өлшейді. Кескіндерді өлшеу алдында фильтр қағаздарымен артық ылғалдан арылту үшін кептіріп алады. Кескіндерді 72 сағат $70^{\circ}C$ да кептіргіш шкафта кептіреміз. Кептіргеннен кейін өсімдіктің құрғақ массасын (DW) анықтайды.

Барлық өлшемдерді алып болған соң, судың салыстырмалы мөлшерін (RWC) келесі формула бойынша анықтайды:

$$RWC = [(FW-DW)/(TW-DW)] \times 100 \quad (1)$$

RWC – судың салыстырмалы мөлшері, FW – ылғалды масса, TW – тургорлық масса, DW – құрғақ масса (Schonfeld 1988: 526).

Пигменттердің мөлшерін сандық әдіспен анықтау

Хлорофилл мен каратиноидтар жапырақтағы фотосинтездік аппараттың негізгі компоненттері болып табылады. Жапырақтағы пигменттердің мөлшері организмнің тіршілік әрекетіне және генетикалық табиғатына тәуелді болады. Сондықтан, оны өсімдіктің жас ерекшелігіне, онтогонездік және генетикалық ерекшеліктерді сипаттайтын физиологиялық көрсеткіш ретінде қарастыруға болады. Пигменттердің мөлшері өсімдіктің өніп-өскен жеріне де байланысты болады. Соя өсімдігінің жапырақтарынан 30 мг өлшеп алып, 90% спирт ерітіндісін фарфор келісінде сеземіз, яғни экстракциялаймыз. Дайындалған гомогенатты микроцентрифугалық пробиркаға аударамыз. Центрифугалау 7000 айн/мин 10-15 минут аралығында жүргізіледі. Алынған экстракттың құрамындағы пигменттердің концентрациясын спектрофотометрмен

анықтаймыз. Бұл пигменттердің мөлшерін өте дәлдікпен сандық әдіспен анықтауға мүмкіндік береді. Пигменттердің концентрациясын спектрофотометрде анықтау фотоэлектрокolorиметрдегідей оптикалық тығыздығы бойынша анықтайды. Спектрофотометрде анықтау фотоэлектрокolorиметрдегідей оптикалық тығыздығы бойынша анықтайды. Спектрофотометрде экстрактты оптикалық тығыздығы хлорофиллдің сіңіретін қызыл спектрдегі *a* мен *b* толқын ұзындықтарына және каротиноидтар сіңіретін максимум толқын ұзындықтарына сәйкес өлшенеді. Үш түрлі толқын ұзындығында өлшедік (440,649,665 нм).

Пигменттердің концентрациясын төмендегі теңдеулермен есептейді:

90% спирт ерітіндісі үшін (Ветштейн бойынша):

$$\text{Схл.}a = 11,63 \text{ D}663 - 2,39 \text{ D}649$$

$$\text{Схл.}b = 20,11 \text{ D}649 - 5,18 \text{ D}665$$

$$\text{Схл.}a + \text{хл.}b = 6,45 \text{ D}665 + 17,72 \text{ D}649$$

$$\text{Скар} = 4,695 \text{ D}440,5 - 0,228 \text{ Схл.}a + \text{хл.}b$$

Мұндағы, Схл.*a*, Схл.*b*, Схл.*a* + хл.*b*, Скар – сәйкесінше хлорофилл *a*, *b*, мен олардың жалпы мөлшері және каротиноид концентрациялары, мг/л; D – толқын ұзындықтарға сәйкес тәжірибелік оптикалық тығыздықтар.

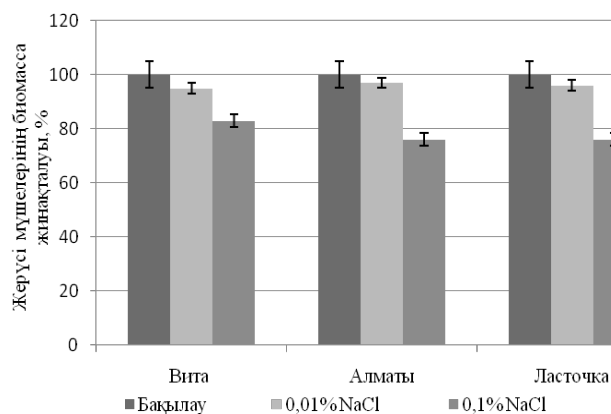
Зерттеу нәтижелері мен талқылау

Қазақстандағы негізгі экологиялық мәселелердің бірі ол – тұздану. Топырақ құрамының мөлшерден тыс тұздануы ауылшаруашылық дақылдарының өнім беру деңгейін төмендетеді. Топырақтың тұздылығы әлемнің көптеген бөліктерінде бұршақ өнімдерін өндірудің негізгі шектеуі болып табылады. Соған байланысты дәннің өну көрсеткіштеріне, жер асты, жер үсті мүшелерінің құрғақ және ылғал массасына, сонымен қатар жапырақтарындағы судың салыстырмалы мөлшерін анықтау үшін сояның тұздылыққа сезімталдылығы зерттелді.

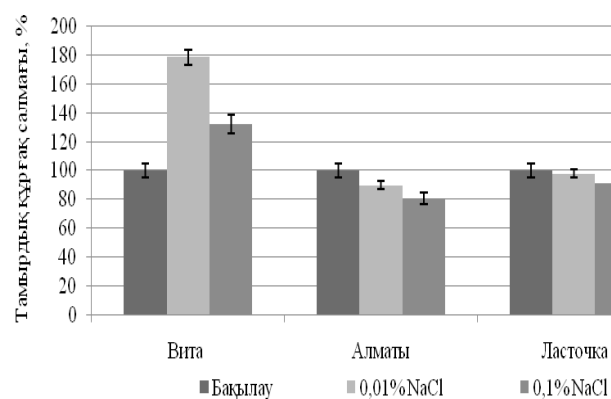
Зерттеу объектілер ретінде 14-күндік сояның (*Glycine max*) өскіндері алынды. Зерттеу жүргізу үшін сояның Вита, Алматы, Ласточка сорттары алынды. Сояның дәндерін келесі варианттар бойынша бақылау, 0,01% NaCl, 0,1% NaCl ерітінді қоспасымен топырақта 7 күн өсірілді. Жер асты мүшелерінің және тамырларының ұзындығына, ылғал және құрғақ салмақтарына, судың салыстырмалы мөлшеріне тұзды жағдайлардың әсері зерттелді.

Жерүсті мүшелерінің ұзындығы бойынша 0,1% NaCl жоғарғы концентрациясына Ал-

маты және Ласточка сорттары төзімді, ал Вита сорты сезімтал болып табылды. Осы концентрацияда жерүсті мүшелерінің өсуі бақылаумен салыстырғанда Алматы және Вита сорттарында 17% және 19% қысқарса, ал Ласточка сортында 28%-ға тежелген. Зерттеу нәтижесі бойынша, тұздың жоғарғы концентрациясында соя сорттарының жерүсті мүшесінің өсуін келесідегідей қатармен орналастыруға болады: Алматы (83) > Вита (81) > Ласточка (72). Жерүсті мүшелерінде биомасса жинақталуы Вита сортында 17%-ға, ал Ласточка мен Алматы сортында 24%-ға төмендегені байқалды. Биомасса жинақталуы бойынша жерүсті мүшелерінің төзімділік қатарын келесі қатар бойымен орналастырамыз (бақылаудан пайызы %): Вита (83) > Алматы (76) = Ласточка (76). (1-сурет).



1-сурет – Тұзды жағдайдың NaCl соя сорттарының мүшелерінің биомасса жинақталуына әсері



2-сурет – Тұзды жағдайдың NaCl соя жерүсті сорттарының тамырының биомасса жинақталуына әсері

Соя сорттарының жер үсті мүшелердің ылғал салмағы бойынша зерттеу нәтижелері

негізінде бақылау деңгейімен салыстырғанда Вита сорты 11%-ға, ал Ласточка және Алматы сорттары 12%-ға және 25%-ға төмендеген. Жер үсті мүшелердің ылғал салмағы бойынша зерттеу нәтижелеріне келесі қатар бойынан көруге болады (бақылаудан пайызы %): Вита (89%) > Ласточка (88%) > Алматы (75%).

Тұздың жоғарғы концентрациясында соя сорттары тамырының өсуі Вита және Ласточка сорттарына қарағанда Алматы сортының тамыр ұзындығы біршама қысқарған. Алматы сортында тамыр ұзындығы 26%-ға төмендесе, ал Вита және Ласточка сорттарында тамыр ұзындығы бақылаумен салыстырғанда 14%-ға және 20%-ға жоғарылаған.

Тамыр ұзындығы бойынша төзімділік қатарын келесідегі қатармен орналастыруға болады (бақылаудан пайызы %): Ласточка (120%) > Вита (114%) > Алматы (74%).

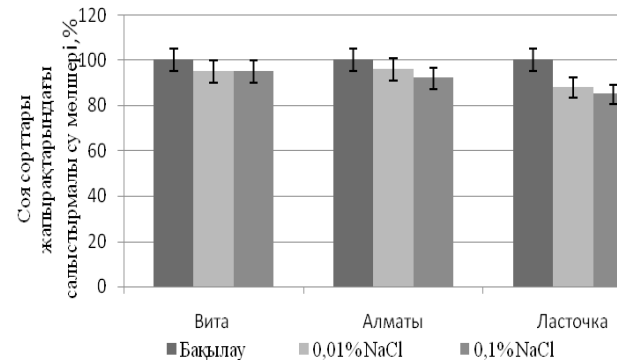
Зерттеу бағыты бойынша тұздың жоғарғы концентрациясының әсерінен соя сорттары тамырының құрғақ салмағы бақылау деңгейімен салыстырғанда Вита сорты 32% -ға жоғарылаған, ал Ласточка және Алматы сорттары 9%-ға және 19%-ға төмендеген.

Тамырдың құрғақ салмағы бойынша алынған көрсеткіштерді келесі тізбекке орналастырамыз (бақылаудан пайызы %): Вита (132%) > Ласточка(91%) > Алматы (81%) (2 сурет). Тұзды жағдайда тамырдың ұзындығы жерүсті мүшелерімен салыстырғанда біршама деңгейде жоғарылаған. Құрғақшылық жағдайында өсімдіктерде стресстен қашу механизмі қосылуы мүмкін, бұл жағдайда тамыр жүйесінің ұзаруы байқалады.

Сонымен жерүсті мүшелерінде биомасса жинақталуы бойынша Алматы және Вита сорттары тұзға төзімді, ал Ласточка сорты сезімтал болып табылды. Тұздың концентрациялары жоғарыланған сайын физиологиялық параметрлері тежелген. Жалпы тұздың әсері бұл өсімдіктер өсуінің тежелуіне әкеледі. Тұздың концентрациясы белгілі деңгейге дейін жоғарыласа, өсімдіктің өсу үрдісінің жылдамдығы тежеліп, өсімдіктің мүшелері арасындағы қатынастары өзгеріп, тұтас олардың биомассасының біртіндеп төмендеуіне әкеледі.

Тұздың әр түрлі концентрациясында өскен соя сорттарында салыстырмалы су мөлшері азайған. Төменгі 0,01% NaCl концентрациясында өскен соя сорттарының жапырақтарындағы салыстырмалы су мөлшері бақылаумен салыстырғанда Алматы сортында 4%-ға, Вита сортында 5%-ға, Ласточка сортында 12%-ға

төмендеген. Судың салыстырмалы мөлшері бойынша сорттарды келесідегідей қатарға орналастыруға болады: Алматы (96%) > Вита (95%) > Ласточка (88%).



3-сурет – Тұзды жағдайдың NaCl соя сорттарының салыстырмалы су мөлшеріне (RWC) әсері

Ал тұздың жоғары 0,1% NaCl концентрациясында судың салыстырмалы мөлшері Вита сортында 5%-ға, Алматы сортында 8%-ға, Ласточка сортында 15%-ға төмендеген. Осы көрсеткіш бойынша келесі тізбек бойымен орналастыруға болады: Вита (95%) > Алматы (92%) > Ласточка (85%) (3 сурет).

Тұздану процесіне әсіресе өсімдік жапырағы өте сезімтал келеді. Сонымен, тұзды жағдайда судың салыстырмалы мөлшері сезімтал сорттарға қарағанда төзімді сорттарда жоғары болды. Яғни, Вита және Алматы сорттары тұзды жағдайға төзімді болды, ал Ласточка сортында судың салыстырмалы мөлшері сезімталдық танытты. Тұздану әсерінен деградация және осмотикалық стресс пайда болады, сонымен қатар өсімдік ұлпаларындағы су мөлшері төмендейді. Натрий хлоридінің концентрациясының артуымен өсімдік мүшелері суды сақтау қабілеттілігін жоғалтады, ал бұл өз кезегінде өсімдіктің тұзға төзімсіздігін көрсетеді. Бірақ өсімдіктің түрлері өз ұлпаларында су мөлшерін зерттеу қасиетінің әртүрлілігімен сипатталады. Сондықтан өсімдік жапырақтарындағы су мөлшерін анықтау маңызды төзімділік көрсеткіші болып табылады.

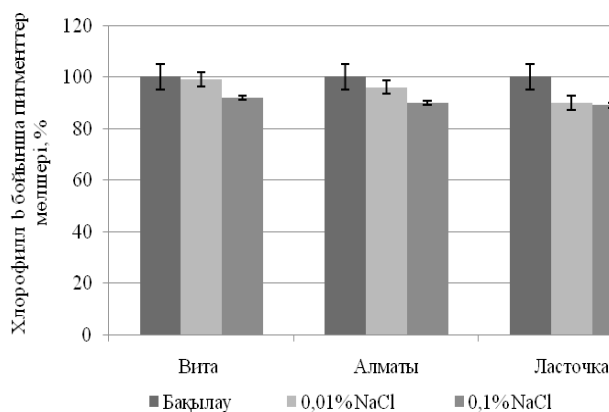
Өсімдіктердің өсуінде және биомасса жинақталуында фотосинтездің белсенділігі тікелей әсер етеді. Фотосинтездік аппарат фотосинтез процесінде негізгі рөл атқарады. Сондықтан фотосинтездік пигменттерінің мөлшерінің өзгеруін анықтау өсу процестерінің тежелу механизмдерін зерттеуіне мүмкіндік

береді. Тұзды жағдайда соя сорттар арасында фотосинтездік пигменттердің мөлшерінің ерекшеліктері қарастырылды. Зерттеу жүргізу бағытында сояның (*Glycine max*) Вита, Алматы, Ласточка сорттары алынды. Соя сорттарын бақылау, 0,01% NaCl, 0,1% NaCl концентрациясында 14-күн топырақта өсіріліп, соя сорттарының өскіндері алынды. Фотосинтез пигменттерінің мөлшеріне тұзды жағдайлардың әсері зерттелді. Сояның Вита, Алматы және Ласточка сорттары құрамындағы хлорофилл *a*, хлорофилл *b* және каротиноид пигменттерінің мөлшерін спектрофотометрлік әдістер арқылы жүзеге асырылды. Сояның Вита, Алматы, Ласточка сорттарын тұздың төменгі (0,01% NaCl) концентрациясында хлорофилл *a* пигменттерінің мөлшері төмендегені байқалды. Осы аталған тұзды ортаға төзімді Вита және Алматы сорттарының хлорофилл *a* пигменттерінің мөлшері 6%-ға (94% бақылауға) және 7%-ға (93% бақылауға) төмендеген, сезімталдылық танытқан Ласточка сорты 7%-ға төмендеген. Соя сорттарының төменгі тұз концентрациясында хлорофилл *a* пигменттерінің мөлшерінің төмендеу деңгейін келесі қатардан көруге болады (бақылаудан пайызы %): Вита (94%) > Алматы (93%) = Ласточка (93%).

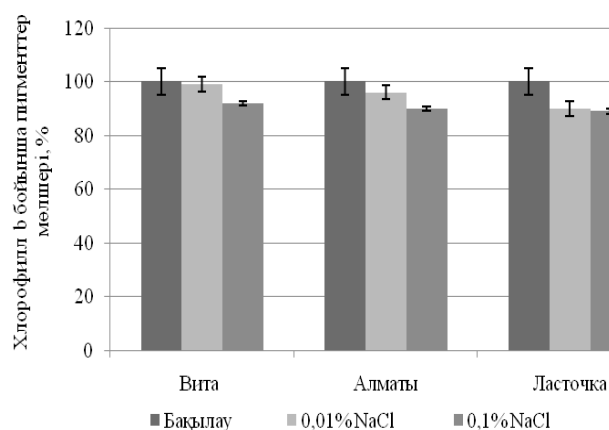
Зерттеу нәтижесі бойынша, хлорофилл *a* пигменті мөлшері тұздың жоғарғы концентрациясында (0,1% NaCl) Вита және Алматы сорттары 10%-ға және 13%-ға, ал Ласточка сорты 14%-ға бақылау деңгейімен салыстырғанда біршама төмендеген. Келесі тізбек қатарынан хлорофилл *a* мөлшерінің жинақталу ретін көруге болады (бақылаудан пайызы %): Вита (90%) > Алматы (87%) > Ласточка (86%) (4-сурет).

Хлорофилл *b* пигментінің жинақталу мөлшері осы толқын ұзындығында 0,01% NaCl концентрациясында Вита сорты бақылау деңгейінен 1%-ға, ал Алматы сорты 4%-ға, Ласточка 10%-ға төмендеген. Келесі тізбек қатарынан хлорофилл *b* мөлшерінің жинақталу ретін көруге болады (бақылаудан пайызы %): Вита (99%) > Алматы (96%) = Ласточка (96%).

Зерттеуге алынған Вита, Алматы, Ласточка сорттарының 0,1% NaCl тұздың жоғарғы концентрациясында хлорофилл *b* пигменті мөлшерінің жинақталуы байқалды. Хлорофилл *b* пигменттің жинақталуы мөлшері Вита сорты 92%, Ласточка сорты 90%, Алматы сорты 89% бақылауға қарағанда көрсеткішке ие болғандығы анықталды.



4-сурет – Соя сорттарының хлорофилл а пигменттеріне тұз иондарының әсері



5-сурет – Соя сорттарының хлорофилл b пигменттеріне тұз иондарының әсері

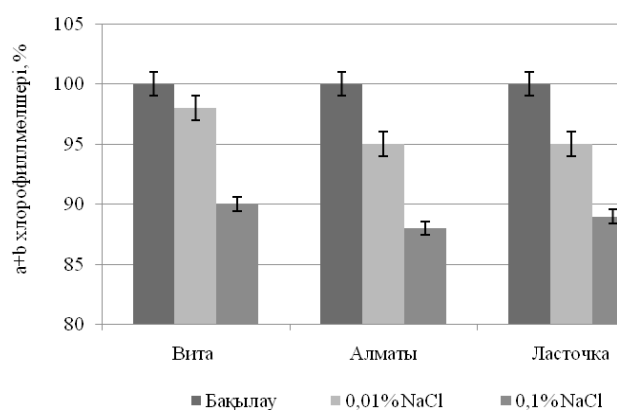
Тұзданудың жоғарғы тұздылығының әсерінен хлорофилл *b* пигменті мөлшерінің жинақталу деңгейін келесі қатарға орналастырамыз (бақылаудан пайызы %): Вита (92) > Ласточка (90) > Алматы (89) (5-сурет).

Тұздың 0,01% NaCl төменгі концентрациясында *a+b* хлорофилл мөлшері бақылау деңгейінен Вита сортында 2%-ға, ал Алматы және Ласточка сорттарында хлорофиллдер мөлшері 5%-ға төмендеген.

Тұздың (0,01% NaCl) төменгі концентрациясында *a+b* хлорофилл қосындысының мөлшерінің төмендеу деңгейін келесі тізбектен көреміз (бақылаудан пайызы %): Вита (98) > Алматы (95) = Ласточка (95) (6-сурет).

Тұздың жоғарғы 0,1% NaCl концентрациясынан *a+b* хлорофилл қосындысының мөлшері Вита сортында бақылауға қарағанда 90%, Алматы сортында 88%, Ласточка сортында 89% құрады (3-сурет). Сондықтан Вита сортында

0,1% NaCl концентрациясында a+b хлорофилл мөлшері 10%-ға, Ласточка сортында 11%-ға, Алматы сортында 12%-ға төмендеген. Соя сорттарының тұздың (0,1% NaCl) жоғарғы концентрациясында a+b хлорофилл қосындысының мөлшерін келесі қатарға орналастырамыз (бақылаудан пайызы %): Вита (90) > Алматы (88) > Ласточка (89).

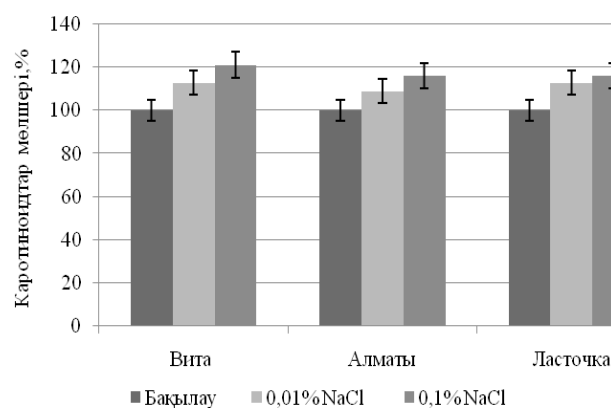


6-сурет – Соя сорттарының a+b хлорофилл қосындысының пигменттеріне тұз иондарының әсері

Тұздың төменгі 0,01% NaCl концентрациясы әсерінен сояның зерттеуге алынған сорттарында каротиноидтардың жинақталу мөлшері бақылау деңгейімен салыстырғанда Вита және Ласточка сортында 13%-ға, Алматы сортында – 9%-ға жоғарылаған (7-сурет). Тұздың төменгі концентрациясы әсерінен каротиноид мөлшерінің жинақталуын келесі қатар бойына орналастырамыз (бақылаудан пайызы %): Вита (113) = Ласточка (113) > Алматы (109).

Зерттеуге алынған сояның Вита, Алматы, Ласточка сорттары тұздың 0,1% NaCl жоғарғы

концентрациясында каротиноидтардың жинақталу мөлшерінде біршама өзгерістердің бар екендігі айқындалды. Сояның Вита сортында 21%-ға, ал Алматы және Ласточка сорттарында 16%-ға каротиноидтардың жинақталуы мөлшері жоғарылағандығы байқалды (4-сурет). Тұздың жоғарғы концентрациясы әсерінен каротиноид мөлшерінің жинақталуын келесі тізбекке орналастырамыз (бақылаудан пайызы %): Вита (121) > Ласточка (116) = Алматы (116).



7-сурет – Соя сорттарының каротиноидтар пигменттеріне тұз иондарының әсері

Демек, тұз иондарының әсерінен зерттеуге алынған соя сорттарында фотосинтездік пигменттердің ішінде хлорофилл *a*, хлорофилл *b*, және *a+b* хлорофилл қосындысының мөлшері сояның Вита және Алматы сорттарында жоғарылаған, ал Ласточка сортында төмендегені байқалды. Ал каротиноид мөлшерінің жинақталуы сояның зерттеуге алынған барлық сорттарында жоғарылаған.

Әдебиеттер

- Meloni D.A., Gulotta M.R., Martinez C.A., Oliva M.A. The effects of saltson growth nitrate reduction and proline and glycine-betaine accumulation in Prosopisalba // Braz J Plant Physiol. – 2004. – Vol.16. – P.39-46.
- Yan L. Effect of salt stress on seed germination and seedling growth of three salinity plants // Pakistan J Bio Sci. – 2008. – Vol. 11. – P. 1268-1272.
- Munns R. Genes and salt tolerance: bringing them together // New Phytol. – 2005. – Vol. 167. – P. 645-663.
- Иванов Ю.В., Карташов А.В., Савочкин Ю.В. Устойчивость всходов Pinus silvestris и Picea abies к солевому стрессу // Лесной вестник. – 2010. – № 3(72). – С.119–122.
- Cramer G., Bowman D.C. Cell elongation control under stress conditions Pessaraki M. Handbook of plant and crop stress // New York: Marcel Dekker Inc. – 1993. – pp. 303-320.
- Munns R. Physiological processes limiting plant growth in saline soils: some dogmas and hypotheses// Plant Cell Environ, – 1993. – Vol. 16. – P. 15-24.
- Cosgrove D.J., Li Z.C. Role of expansin in developmental and light of growth and wall extension in oat coleoptiles// Plant. Physiol. – 1993. – Vol. 103. – P.1321 – 1328.

Клышев Л. К. Биохимические и молекулярные аспекты исследования солеустойчивости растений // Проблемы солеустойчивости растений. – 1989. – 195с.

Sairam R.K., Tyagu A. Physiology and Molecular biology of salinity stress tolerance in plants// Current Science. – 2004. – Vol. 86. – P. 407-421.

Аббасова З.И., Алиахвердиев С.Р., Зейналов Э.М., Гучейнова Н.Б. Конформационные изменения митохондрий при солевом стрессе // Третий съезд Всероссийского общества физиологов растений: тезисы докладов. – СПб., 1993. – 464 с.

Касумов Н. А. Физиолого-биологические аспекты механизма действия солей на растительный организм. – Баку, 1983. – 142 с.

Балкони Ю. В., Строганов Б. П. Значение солевого обмена в солеустойчивости растений // Проблемы солеустойчивости растений, – под ред. акад. ВАСХНИЛ Имамалиева А. И. – Ташкент: изд-во «ФАН» Узбекской ССР, 1989. – С. 45-64

Федяева Т. Ю., Петров А.А., Спиридонов А. Е. Биометрические показатели у кукурузы при постоянном и прогрессирующем хлоридном засолении // Известия ТСХА. – 1988. – С. 99-103.

Минаев С. В., Солдатов С. Е., Таланова В. В., Титов А. Ф. Исследование реакции проростков огурца и пшеницы на хлоридное засоление//Биологические исследования растительных и животных систем. – Петрозаводск: Карельский научный центр РАН, 1992. – С. 17-23.

Шарипханова А.С. Өсімдіктер экологиясы // Оқу құралы. – Өскемен: С. Аманжолов атындағы ШҚМУ баспасы, – 2011. – 111 б.

Строганов Б. П. Метаболизм растений в условиях засоления // 33-е Тимирязевское чтение. – М., 1973. – 51 с.

Полевой В. В. Физиология растений: Учеб. для биол. спец. вузов. – М.: Высш. шк., 1989. – С. 428-430.

Михайловская И. С. Строение растений в связи с условиями жизни: учеб. Пособие для студентов-заочников биологических факультетов пединститут. – Изд. 2-е, перераб. и доп. – М.: Просвещение, 1977. – С. 81-86.

Demirae T., Turkan J. Exogenous glycinebetaine affects growth and praline accumulation and regards senescence in two rice cultivars under NaCl stress// Environ. Exp. Bot. – 2006. – Vol. 56. – P. 72-79.

Maggio A., Raimondi G. Salt stress response in tomato beyond the salinity tolerance threshold. // Environ. Exp. Bot. – 2007. – Vol. 59. – P. 276-282.

Singh A., Prasad R. Salt stress effect growth and cell wall bound enzymes in *Arachis hypogaea* L. seedlings// International journal of integrity biology. – 2009. – Vol. 7. – P. 117-123.

Khan M.S. Evaluation of soybean genotypes in relation to yield performance, salinity and drought tolerance//Department of Agronomy, Bangabandhu Sheikh Mujibur Rahman Agricultural University (BSMRAU), Gazipur-1706, Bangladesh. – 2013. – P. 11-16

Mannan M.A., Karim M.A., Haque M.M., Khaliq Q.A., Higuchi H. Response of soybean to salinity: II//Growth and yield of some selected genotypes. Trop Agr Develop, – 2013. – Vol. 53. – P. 31-41.

Kabir M.A., Karim M.A., Azad M.A. Effect of potassium on salinity tolerance of mungbean (*Vigna radiata* L. Wilezek) //J Biol Sci, – 2004. – Vol. 4. – P. 103-110.

Dolatabadian A., Seyed A., Mohammad D., Modarres S., Faezeh G. Effect of Salinity on Growth, xylem structure and anatomical characteristics of soybean//Journal Notulae Scientia Biologica. – 2011. – Vol 3. – P. 223-228.

Tsui-Hung P., Guihua Sh., Non-Ming L. Salt Tolerance in Soybean //Journal of Integrative. – 2008. – Vol. 50. – P. 1196–1212.

Баят Ф., Ширан Б., Беляев Д.В. и др. Повышенная устойчивость к засолению растений картофеля, трансформированных геном вакуолярного Na⁺/H⁺-антипортера ячменя HvNHX2 // Физиология растений. – 2010. – Т. 57. – С. 744–755.

L. Raul, O. Andres, L. Armado, M. Bernardo, T. Enrique Response to salinity of three grain legumes for potential cultivation in arid areas (plant nutrition) // Soil Sci. Plant Nutr.– 2003. – Vol. 49. – P. 329-336.

P.B.S. Gama, S. Inanaga, K. Tanaka, R. Nakazawa Physiological response of common bean (*Phaseolus vulgaris* L.) seedlings to salinity stress //Afr. J. Biotechnol. – 2007. – Vol. 6. – No 2. – P. 79-88.

Jamil M., Lee C.C., Rehman S.U., Lee D.B., Ashraf M., Rha E.S. Salinity (NaCl) tolerance of brassica species at germination and early seedling growth // Electronic J. Environ. Agric. Food Chem. – 2005. – Vol. 15. – P. 121-129.

Ha E., Ikhajiagba B., Bamidele J.F., Ogic-odia E. Salinity effects on young healthy seedling of *kyllingia peruviana* collected from escravos, Delta state Global// J. Environ. Res. – 2008. – Vol. 2. – P. 74-88.

Bayuelo J.S., Debouk D.G., Lynch J.P Salinity tolerance in phaseolus species during early vegetative growth Crop Si. // J. Agron. Crop Sci. – 2002, – Vol. 7. – P. 2184-2192.

Niaz B.H., Athar M., Salim., MRozema J. Growth and ionic relations of fodder beet and sea beet under saline CEERS//J. Agron. Crop Sci. – 2005. – Vol. 2. – P. 113-120.

Taffouo V.D., Kouamou J.K., Ngalangue L.M., Ndjoudji B.A., Akoa A. Effects of salinity stress on growth, ions partitioning and yield of some cowpea (*Vigna unguiculata* L., walp) cultivars// International Journal of botany. – 2009. – Vol. 5. – P. 135-143.

Memon S.A., Hou X., Wang L.J. Morphological analysis of salt stress response of pak Choi EJEAFChe// Egypt Journal of Genetics and Citology. – 2010. – Vol. 9. – P. 248-254.

Saffan S.E. Effect of salinity and osmotic stresses on some economic plants// Res. J. Agric. Biol. Sci. – 2008. – Vol. 4. – P. 159-166.

Turan M.A., Kalkat V., Taban S. Salinity-induced stomatal resistance, proline, chlorophyll and Ion concentrations of bean// Int. J. Agric. Res. – 2007. – Vol. 2. – P. 483-488.

Saqib M., Zorb C., Schubert S. Salt resistant and salt-sensitive wheat genotypes show similar biochemical reaction at protein level in the first phase of salt stress // J. Plant Nutr. Soil Sci. – 2006. – Vol. 169. – P. 542-548.

Sultana N., Ikeda T., Itoh R. Effect of NaCl salinity on photosynthesis and dry matter accumulation in developing rice grains// *Environ. Exp. Bot.* – 2000. – Vol. 42. P. 211-220

Tort N., Turkiymaz B. A. Physiological investigation on the mechanisms of salinity tolerance in some barley culture forms// *International Journal of Current reuserch in Boscines and Plant Biology.* – 2004. – Vol. 27. – P.1-16.

Murillo-Amador B., Yamada S., Yamaguch T., Puente E.R., Serrano N.A., Hernandez L.G., Aguilar R.L., Dieguez E.T., Garibay A.N. Salinity toxicity influence of calcium silicate on growth physiological parameters and mineral nutrition in two legume species under salt stress// *J. Agron. Crop Sci.* – 2007. – Vol. 193. – P. 413-421.

Taffou V.D., Wamba O.F., Yombi E., Nono G.V., Akoe A. Growth, yield, water status and ionic distribution response of three bambara groundnut (*Vigna subterranean* (L.) verdc. landraces grown under saline conditions. // *Int. J. Bot.* – 2010. – Vol. 6. – P. 53-58.

Schonfeld M.A., Johnson B.F., Mornhiweg D.W. Water relations in winter wheat as drought resistance indicator//*Crop Sci.* – 1988. – Vol. 28. – pp. 526-531.

References

Meloni D.A., Gulotta M.R., Martinez C.A., Oliva M.A. (2004) The effects of saltson growth nitrate reduction and proline and glycine-betaine accumulation in *Prosopisalba*. *Braz J Plant Physiol*, vol.16, pp.39-46.

Yan L. (2008) Effect of salt stress on seed germination and seedling growth of three salinity plants. *Pakistan J Bio Sci*, vol.11,pp.1268-1272.

Munns R. (2005) Genes and salt tolerance: bringing them together. *New Phytol* vol.167 pp. 645-663.

Ivanov Y.V., Kartashov W., Cavochkin V, (2010) Uctoychivoct vchodov abies pinus silvestris, et ad colevomu ctreccu, [Stability of the *Pinus silvestris* and *Picea abies* inflows to the co-operative stage].*Lecnoy vectnik.* vol.3.no 72. pp.119-122.

Cramer G., Bowman D.C. (1993) Cell elongation control under stress conditions Pessaraki M. *Handbook of plant and crop stress.* New York: Marcel Dekker Inc., pp.303 – 320.

Munns R. (1993) Physiological processes limiting plant growth in saline soils: some dogmas and hypotheses. *Plant Cell Environ.* vol. 16.pp.15 – 24.

Cosgrove D.J., Li Z.C. (1993) Role of expansin in developmental and light of growth and wall extension in oat coleoptiles. *Plant. Physiol.*vol. 103. pp.1321 – 1328.

Klyshev L (1989) Biohimicheckie et molekulyarnye acpekty icclodovaniya coleuctoychivocti racteny. [Biochemical and molecular properties of the use of cohesion resistance].*Problemy coleuctoychivocti racteny.*pp.195

Sairam R.K., Tyagy A. (2004) Physiology and Molecular biology of salinity stress tolerance in plants. *Current Science.*vol.86, pp. 407-421.

Abbacova Z.I., Aliahverdiev C.R., Zeynalov A.B., Gucheynova N.B. (1993) Konformatsionnye ismeneniya mitohondry pri solevoi stresse. [Consonant changes in mitochondria with a co-operative]. *Trety cezd Vcerocciyckogo obschectva fiziologov racteny: tezicy dokladov – Cankt. Peterburg.* *Trety cezd Vcerocciyckogo obschectva fiziologov racteny: tezicy dokladov – Cankt-Peterburg.* pp.464

Kacumov N.A.(1983) Fiziologo-biologicheckie acpekty mehanizma deystviya coley na ractitelny organizm. [Consonant changes in mitochondria with a co-operative]. *Baku.*pp.142.

Balkonin Y.V., Ctroganov B.P. (1989) «Znachenie colevogo obmena in coleuctoychivocti racteny». [The meaning of a co-operative measure in the co-existence of solutions].*Problemy coleuctoychivocti racteny.* pod red.akad. VACHNIL Imamaliev I. Tashkent.isd-vo «FAN» Uzbekckoy CCR. pp. 45-64.

Fedyayeva C., Petrov A.A., Cpiridonov A.E. (1988) Biometricheckie pokazateli farre et ad poctoyannom progreciruyuschem hlorldnom zacolenii. [Biometric caterpillars in maize with persistent and permeating chloridation]. *Izvestiya TCHA.* pp.99-103.

Minaev CV Coldatov CE Talanova BB Titov AF (1992) Icclodovanie motus prorocctkov ogurtsa et pshenitsy hlorldnoe zacolenie. [The study of the reaction of cucumber and biscuits on a chloride seed]. *Biologicheckie icclodovaniya ractitelnyh i zhivotnyh cictem.* Petrozavodck: Karelcky nauchny tsentr PAN.pp.17-23.

Schriphanov A.C. (2011) Osimdikter ekologiaci. [Ecology of plants].*Oku kuraly. S. Amangolov atindagi ShKMU baspasy.* pp.111.

Stroganov B.P. (1973) Metabolizm racteny in ucloviyah zacoleniya. [Metabolism of separations in the conditions of soltes]. 33-e Timiryazevckoe chtenie. M.51. (in Russian)

Polevoy V. V. (1989) Fisiologii rasteonii: usheb.dly.biolog. spsial. vusov. [Ecology of plants]. M.: vish. shk., pp.428-430.

Mihaylovckaya I.C. (1977) Ctroenie racteny in sviasi c ucloviyami jisni. [The destruction of life in relation to the conditions of life]. *Pocobie dla ctudentov-zaochnikov biologicheckih fakultetov pedinctitotov. isd.2-e. pererab. I dop.-M.:prosveshenie.* pp.81-86.

Demirae T., Turkan J. (2006) Exogenous glycinebetaine affects growth and praline accumulation and regards senescence in two rice cultivars under NaCl stress. *Environ. Exp. Bot.* vol.56, pp.72-79.

Maggio A., Raimondi G. (2007) Salt stress rsonpnce in tomato beyond the salinity tolerance threshold., *Environ. Exp. Bot.* vol. 59, pp. 276-282.

Singh A., Prasad R. (2009) Salt stress effect growth and cell wall bound enzymes in *Arachis hypogaea* L. seedlings, *International journal of integrity biology.* vol.7, pp. 117-123.

Khan M.S. (2013) Evaluation of soybean genotypes in relation to yield performance, salinity and drought tolerance, Department of Agronomy, Bangabandhu Sheikh Mujibur Rahman Agricultural University (BSMRAU), Gazipur-1706, Bangladesh.. pp. 11-16

Mannan M.A., Karim M.A., Haque M.M., Khaliq Q.A., Higuchi H. (2013), Response of soybean to salinity: II, Growth and yield of some selected genotypes. *Trop Agr Develop*, vol.57,pp. 31-41.

- Kabir M.A., Karim M.A., Azad M.A. (2004) Effect of potassium on salinity tolerance of mungbean (*Vigna radiata* L. Wilczek). *J Biol Sci*, vol.4, pp.103-110.
- Dolatabadian A., Seyed A., Mohammad D., Modarres S., Faezeh G. (2011) Effect of Salinity on Growth, xylem structure and anatomical characteristics of soybean, *Journal Notulae Scientia Biologica*, vol.3, pp.223-228.
- Tsui-Hung P., Guihua Sh., Hon-Ming L. (2008) Salt Tolerance in Soybean», *Journal of Integrative»,* vol. 50, pp.1196–1212.
- Bayat F., Sheeran B., Belyaev D.V. (2010) SALSUGO Capsicum annum plantis augeri resistentia ad transformed cum de gene vacuolar Na⁺/H⁺ antiporter HvNHX2. [Increased resistance to salinization of potato plants transformed with the vacuolar Na⁺/H⁺ -antiporter gene of barley HvNHX2]. *Fisiologiya rasteniy*, pp.57:744-755
- L. Raul, O. Andres, L. Armado, M. Bernardo, T. (2003) Enrique Response to salinity of three grain legumes for potential cultivation in arid areas (plant nutrition), *Soil Sci. Plant Nutr.*, vol.49, pp. 329-336.
- P.B.S. Gama, S. Inanaga, K. Tanaka, R. Nakazawa (2007) Physiological response of common bean (*Phaseolus vulgaris* L.) seedlings to salinity stress. *Afr. J. Biotechnol.*, vol.6, N2, pp. 79-88.
- Jamil M., Lee C.C., Rehman S.U., Lee D.B., Ashraf M., Rha E.S. (2005) Salinity (NaCl) tolerance of brassica species at germination and early seedling growth. *Electronic J. Environ. Agric. Food Chem.*, vol. 15, pp. 121-129.
- Ha E., Ikhajiagba B., Bamidele J.F., Ogic-odia E. Salinity effects on young healthy seedling of *kyllingia peruviana* collected from escravos, Delta state Global, (2008), *J. Environ. Res.*, vol. 2, pp. 74-88.
- Bayuelo J.S., Debouk D.G., Lynch J.P. Salinity tolerance in phaseolus species during early vegetative growth *Crop Si.* (2002), *J. Agron. Crop Sci.*, vol. 7, pp. 2184-2192.
- Niaz B.H., Athar M., Salim M. Rozema J. (2005) Growth and ionic relations of fodder beet and sea beet under saline CEERS, *J. Agron. Crop Sci.*, vol.2 pp. 113-120.
- Taffouo V.D., Kouamou J.K., Ngalangue L.M., Ndjedji B.A., Akoa A. (2009) Effects of salinity stress on growth, ions partitioning and yield of some cowpea (*Vigna unguiculata* L., walp) cultivars, *International Journal of botany*, vol.5, pp. 135-143.
- Memon S.A., Hou X., Wang L.J. (2010) Morphological analysis of salt stress response of pak Choi *EJEAFChe»,* *Egyptian Journal of Genetics and Cytology*, vol.9 pp. 248-254.
- Saffan S.E. (2008) Effect of salinity and osmotic stresses on some economic plants *Res. J. Agric. Biol. Sci.*, vol. pp. 159-166.
- Turan M.A., Kalkat V., Taban S. (2007) Salinity-induced stomatal resistance, proline, chlorophyll and Ion concentrations of bean. *Int. J. Agric. Res.*, vol.2 pp. 483-488.
- Saqib M., Zorb C., Schubert S. (2006) Salt resistant and salt-sensitive wheat genotypes show similar biochemical reaction at protein level in the first phase of salt stress. *J. Plant Nutr. Soil Sci.*, vol.169 pp. 542-548.
- Sultana N., Ikeda T., Itoh R. (2000) Effect of NaCl salinity on photosynthesis and dry matter accumulation in developing rice grains», *Environ. Exp. Bot.*, vol.42 pp. 211-220
- Tort N., Turkyilmaz B. A. (2004) Physiological investigation on the mechanisms of salinity tolerance in some barley culture forms, *International Journal of Current reuserch in Boscinces and Plant Biology*, vol.27 pp. 1-16.
- Murillo-Amador B., Yamada S., Yamaguch T., Puente E.R., Serrano N.A., Hernandez L.G., Aguilar R.L., Dieguez E.T., Garibay A.N. (2007) Salinity toxicity influence of calcium silicate on growth physiological parameters and mineral nutrition in two legume species under salt stress» *J. Agron. Crop Sci.*, vol.193 pp. 413-421.
- Taffouo V.D., Wamba O.F., Yombi E., Nono G.V., Akoe A. (2010) Growth, yield, water status and ionic distribution response of three bambara groundnut (*Vigna subterranean* (L.) verdc. landraces grown under saline conditions. *Int. J. Bot.*, vol.6 pp. 53-58.
- Schonfeld M.A., Johnson B.F., Mornhiweg D.W. (1988) Water relations in winter wheat as drought resistance indicator, *Crop Sci.* vol. 28. pp. 526-531.

**Маусумбаева А.¹, Акмуллаева А.², Шалабаева Қ.³,
Кабдрахманова А.⁴, Жексенбаева М.⁵, Еркін Г.⁶**

¹а.ш.ғ.к., доцент, e-mail: Aida_28.65@mail.ru

²б.ғ.к., аға оқытушы, e-mail: meirhan2009@mail.ru

³магистр, оқытушы, e-mail: Zhangalievna85@mail.ru

⁴магистр, аға оқытушы, e-mail: ainurkabdrahmanova@mail.ru

⁵студент, e-mail: zheksenbaeva_maral@mail.ru

⁶студент, e-mail: gulbahar.erkina@mail.ru

I. Жансүгіров атындағы Жетісу мемлекеттік университеті, Қазақстан, Талдықорған қ.

**ТҰРАҚТЫ ОРГАНИКАЛЫҚ ЛАСТАҒЫШТАРДЫҢ
АДАМ ДЕНСАУЛЫҒЫНА ӘСЕРІ**

Тұрақты органикалық ластағыштар (ТОЛ) дегеніміз – химиялық және биологиялық тұрғыдан қиын ажырайтын, суда нашар еріп, тірі ағзаның май қабатында жинақталуға бейім болатын улы химиялық заттар тобы. Тұрақты органикалық ластағыштар қатарына адам денсаулығы мен қоршаған ортаға кері әсерін тигізетін 12 токсикологиялық зат кіреді. Қала экожүйесіндегі топырақ қабатының ПХБ-мен ластану деңгейін анықтау. 2003-2009 жылдар аралығында «Қоршаған ортаны қорғау саласы бойынша ғылыми зерттеулер» ғылыми бағыт аясында жүргізілген, жалпы Қазақстан бойынша тіркелген ПХБ қалдықтарының 80% Өскемен қаласында орналасқандығы анықталып, облыс бойынша 1200 гектар жер ПХБ-мен ластанғаны белгілі болды. Бұл зерттеу нәтижелері Өскемен қаласы бойынша топырақ қабатындағы ПХБ-ның жинақталу деңгейіне зерттеу жүргізу мәселесін бүгінгі таңда өзекті етіп отырғандығын айқындайды. Зерттеу барысында алынған нәтижелер тұрақты органикалық ластағыштарды, соның ішінде полихлорбифенилді тұрақты меңгерудің басым бағытын анықтау, Қазақстанның Шығыс, Оңтүстік Шығыс аймағындағы экологиялық жағдайды ғылыми тұрғыдан бағалау мен тұрақты органикалық ластағыштар мәселесіне қоғам мен шешім қабылдауға құқығы бар тұлғалар назарын аударуға кеңінен қолданылады. Топырақ үлгілері n-гексанмен Сокслет аппаратында жуылып, құрамындағы полихлорбифенил мөлшері 17,4,3,01-83 мемлекеттік стандарты бойынша «Dexsil L2000DX» ПХБ анализаторы бар «MASTER GC» газдық хроматографта анықталды. Қазақстанның ПХБ-мен ластану жағдайына шолу «ШҚО және басқа аймақтарының ПХБ-мен ластануы: территорияны бақылау және ПХБ көзін тексеру – мәселені шешу жолдары» жобасы аясында орындалды. Зерттеуден Өскемен конденсатор зауыты («УККЗ» АҚ) территориясынан алынған топырақ қабаты мен үшхлорбифенил (ТХБ) қалдықтары (шамамен 6-9 тонна) Өскемен қаласындағы жинақтаушы көмбеде сақталып, ал зауыт басқа балама технологияға көшірілгені белгілі болды. Жас организмде кез келген аурудың туындауы сыртқы орта факторының әсерінен басталатындығы белгілі яғни, әртүрлі бейімделу факторларын басынан кешірген жас организмнің денсаулық жағдайына, өсіп-дамуына әсер етуші сыртқы ортаның, яғни, тұрақты органикалық ластағыштардың қолайсыз әсер ету себептерін зерттеу бүгінгі таңда құнды болып отыр. Зерттеу нәтижесінде алынған көрсеткіштер облыстық денсаулық сақтау департаментіне, жас организмнің денсаулық жағдайын зерттеп, физикалық дамуына мониторинг жасауда қосымша материал ретінде және Қазақстанның экологиялық жағдайын ғылыми тұрғыда баға беріп, тұрақты органикалық ластағыштар мәселесін зерттеп, оны заңды мекемелердің шешім қабылдауы бойынша зор мүмкіншілік беретін қосымша ұсыныс ретінде қолданылуына болады.

Түйін сөздер: полихлорбифенил, тұрақты органикалық ластағыштар, пестицидтер, токсикология.

Mausumbayeva A.¹, Akmullayeva A.², Zhalabaeva K.³,
Kabdrakhmanova A.⁴, Zheksenbaeva M.⁵, Erkin G.⁶

¹Ph.D., Associate Professor, e-mail: Aida_28.65@mail.ru

²candidate of biological sciences, Senior Lecturer, e-mail: meirhan2009@mail.ru

³Senior Lecturer, e-mail: Zhangalieva85@mail.ru

⁴master, Senior Lecturer, e-mail: ainurkabdrakhmanova@mail.ru

⁵student, e-mail: zheksenbaeva_maral@mail.ru

⁶student, e-mail: gulbahar.erkin@mail.ru

Zhetysu State University named after I. Zhansugurov, Kazakhstan, Taldykorgan

Impact of persistent organic pollutants on human health

Nowadays pollution of the environment is an actual problem. Persistent organic pollutants (POPs) are a group of toxic chemicals and poorly digested in water, able to accumulate in the fat layer of a living organism. Persistent organic pollutants include 12 toxicological substances that adversely affect human health and the environment. Determination of soil pollution level of PCBs in the urban ecosystem. It was found that 80% of PCB waste registered in Kazakhstan, and 1200 hectares of land were contaminated with PCBs. The study was conducted in Ust-Kamenogorsk in the directions of «Environmental Protection Research» from 2003 to 2009. The results of this study show that today the problem of accumulation of PCBs in the soil layer in Ust-Kamenogorsk is becoming topical. The results of the study are widely used to identify priority areas for persistent organic pollutants, including polychlorinated biphenyls, for scientific assessment of the environmental situation in the East Kazakhstan, South-East region and to attract attention of those who have the right to make decisions on the issue of persistent organic pollutants. The soil samples were washed with n-hexane in a soxlet apparatus and the content of polychlorobiphenyl in gas chromatography «MASTER GC» using «Dexsil L2000DX», analyzed according to state standard 17,4,3,01-83. An overview of the pollution of PCBs in Kazakhstan was carried out within the framework of the project «Pollution of IVF and other regions of PCBs: control over the territory and verification of PCBs – problem solving». From the study, the soil and trichlorobiphenyl residues from the Ust-Kamenogorsk Condenser Plant (UKCP) were stored in the Ust-Kamenogorsk storage compartment and the plant was transferred to another alternative technology. Today it is known that the onset of any disease in a young organism begins with the influence of the external environment, that is, the study of the level and causes of the adverse environmental effects, that is persistent organic pollutants that affect the health, growth and development of a young organism that has undergone various adaptation factors. The results of the research showed that the regional health department became an additional material in the study of the health and physical development of the young organism and scientifically evaluated the environmental situation in Kazakhstan and studied the problem of persistent organic pollutants and used it as an additional opportunity for making legal decisions.

Key words: Polychlorobiphenyl, persistent organic pollutants, pesticides, toxicology.

Маусумбаева А.¹, Акмуллаева А.², Шалабаева К.³,
Кабдрахманова А.⁴, Жексенбаева М.⁵, Еркін Г.⁶

¹к.с.-х.н., доцент, e-mail: Aida_28.65@mail.ru

²к.б.н., старший преподаватель, e-mail: meirhan2009@mail.ru

³магистр, преподаватель, e-mail: Zhangalieva85@mail.ru

⁴магистр, старший преподаватель, e-mail: ainurkabdrakhmanova@mail.ru

⁵студент, e-mail: zheksenbaeva_maral@mail.ru

⁶студент, e-mail: gulbahar.erkin@mail.ru

Жетысуский государственный университет имени И. Жансугурова, Казахстан, г. Талдыкорган

Влияние стойких органических загрязнителей на здоровье человека

В наше время загрязнение окружающей среды является актуальной проблемой. Стойкие органические загрязнители (СОЗ) представляют собой группу токсичных химических веществ и плохо усваиваются в воде, способны накапливаться в жировом слое живого организма. Они включают 12 токсикологических веществ, которые отрицательно влияют на здоровье человека и окружающую среду. Авторами было проведено определение уровня загрязнения почвы ПХБ в городской экосистеме. Было обнаружено 80% отходов ПХБ, зарегистрированных в Казахстане, а 1200 гектаров земли были загрязнены ПХБ. Исследование проводилось в Усть-Каменогорске в направлениях «Исследования по охране окружающей среды» с 2003 по 2009 год. Результаты этого исследования показывают, что сегодня проблема накопления ПХБ в почвенном слое в Усть-Каменогорске становится актуальной. Результаты, полученные в ходе исследования, широко используются для определения приоритетных областей для устойчивых органических загрязнителей, включая полихлорированные дифенилы, для научной оценки экологической ситуации в Восточно-Казахстанской, Юго-Восточной областях и привлечения внимания тех, кто

имеет право принимать решения по вопросу о стойких органических загрязнителях. Образцы почвы промывали n-гексаном в аппарате сокслет и содержание полихлорбифенила в газовой хроматографии «MASTER GC» с помощью «Dexsil L2000DX» анализировали по государственному стандарту 17,4,3,01-83. Обзор состояния загрязнения ПХБ Казахстана проводился в рамках проекта «Загрязнение ЭКО и других регионов ПХБ: контроль над территорией и проверка ПХБ – решение проблем». Из исследования остатки почвы и трихлорбифенила из Усть-Каменогорского конденсаторного завода (УКРК) хранились в Усть-Каменогорском отсеке хранения, и завод был переведен на другую альтернативную технологию. Сегодня известно, что возникновение любой болезни в молодом организме начинается с влияния внешней среды, то есть изучения уровня и причин неблагоприятного воздействия окружающей среды, то есть стойких органических загрязнителей, которые влияют на здоровье, рост и развитие молодого организма, который подвергся различным факторам адаптации. Полученные результаты исследования показали, что региональный отдел здравоохранения стал дополнительным материалом в изучении здоровья и физического развития молодого организма и научно оценил экологическую ситуацию в Казахстане и изучил проблему стойких органических загрязнителей и использовал ее в качестве дополнительной возможности для принятия юридических решений будет.

Ключевые слова: полихлорбифенил, стойкие органические загрязнители, пестициды, токсикология.

Кіріспе

Тақырыпты таңдау негіздемесі және өзектілігі. Өткен ғасырдың 80-жылдарының аяғында ПХБ-ның қолдану көлемі әлем бойынша 4 млн. тоннадан асқан. ПХБ-ның әлемдік масштабта кең қолданылуы, биодеградацияға тұрақтылығы мен биоаккумуляцияға қабілеттілігі қоршаған ортаны жаһандық ластануға ұшыратты. Кейбір мәліметтер бойынша ПХБ жинақталатын соңғы орын бүкіләлемдік мұхит екені белгілі болып отыр (Ровинский 1990:75).

2003-2009 жылдар аралығында жүргізілген «Қоршаған ортаны қорғау саласы бойынша ғылыми зерттеулер» жұмысы аясында, жалпы Қазақстан бойынша тіркелген ПХБ қалдықтарының 80% Өскемен қаласында орналасқандығы анықталып, облыс бойынша 1200 гектар жер ПХБ-мен ластанғаны белгілі болды (Мельников 1989:8). Бұл зерттеу нәтижелері Өскемен қаласы бойынша топырақ қабатындағы ПХБ-ның жинақталу деңгейіне зерттеу жүргізу мәселесін бүгінгі таңда өзекті етіп отырғандығын айқындайды. Сондықтан да, ағзаны ластайтын тұрақты органикалық ластағыштардың аймақ бойынша таралуының ерекшелігін анықтау бүгінгі таңда өзекті мәселе болып отыр.

Зерттеу нысаны. Өскемен қаласы Аблакетка ықшам ауданы аумағындағы топырақ үлгілерінің құрамындағы ПХБ мөлшері.

Зерттеу жұмысының мақсаты мен міндеттері

Қала экожүйесіндегі топырақ қабатының ПХБ-мен ластану деңгейін анықтау.

«Өскемен конденсатор зауыты» АҚ-ның Өскемен қаласы топырақ қабатына әсерін анықтау үшін зерттеу нысандарын белгілеу. Тұрақты органикалық ластағыштар, соның ішінде полихлорбифенилдің топырақ қабатына таралу ерекшелігіне арналған зерттеудің топырақ үлгілері алынатын орындарын белгілеу, үлгілерді анализге дайындау. Топырақ үлгілеріндегі ПХБ мөлшерін n-гексанмен Сокслет аппаратында жуып, құрамындағы полихлорбифенил мөлшерін анықтау. Зерттеу нәтижелерін сараптау және қорытындылау.

Зерттеу жұмысының әдістері. Зерттеу жұмысына қажетті топырақ үлгілері Өскемен қаласы «Өскемен конденсатор зауыты» АҚ орналасқан аумақтан әр түрлі қашықтықта зерттелетін нүктелер орнынан алынады (1-кесте, 1-сурет). Алынған үлгілер карта бойынша белгіленіп, топырақтың нүктелік үлгілері «диагональ бойынша конверт» әдісімен алынады. Топырақ үлгілерінен ПХБ-ны экстракциялау n-гексан еріткіші көмегімен сокслет аппаратында жүзеге асады. ПХБ-ның сандық мөлшері газдық хроматография қондырғысында анықталынады (Клюев 2000: 31).

Зерттеу жұмысының гипотезасы мен жұмыс маңыздылығы. Әлемдік экономикалық мәселелердің бірі қоршаған ортаның тұрақты органикалық ластағыштармен ластануын тоқтату болып табылады. Тұрақты органикалық ластағыштардың адамдардың денсаулығы және экология жағдайына қауіпті әсері әлемнің жүзден астам мемлекеті қол қойған Стокгольм конвенциясы сияқты оларды ликвидациялау немесе таралуын қысқарту мақсатындағы халықаралық келісім шарттарды өңдеу үшін тасымалдау-

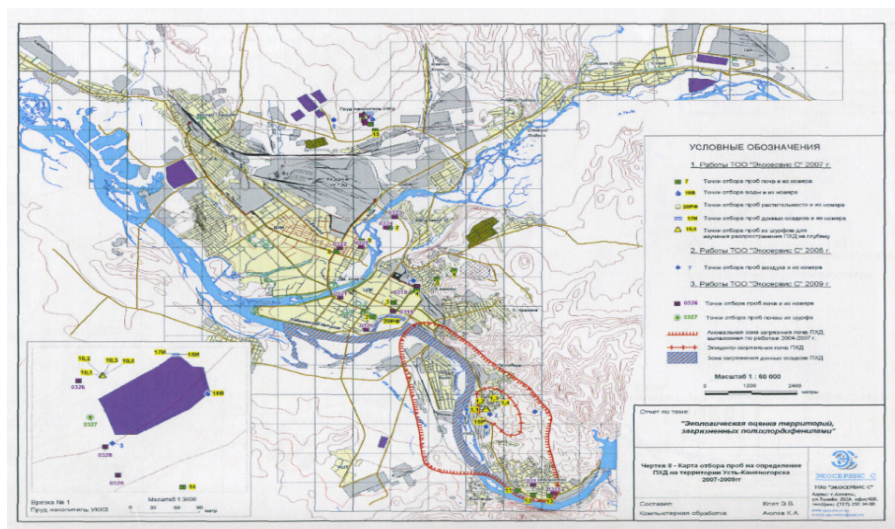
шы нүкте іспеттес болды. Топырақ техногенді туындылардың, хлорорганикалық пестицидтер және т.б. тұрақты органикалық ластағыштардың жинақталуы үшін ең күшті көз болып табылады. Қазіргі таңда жер бетінде, табиғи қорықтарды есептегенде пестицидтердің қалдықтары жоқ жерді табу мүмкін емес.

Материал және әдістері

Зерттеу жұмысына қажетті топырақ үлгілері Өскемен қаласы «Өскемен конденсатор зауыты»

АҚ орналасқан аумақтан әр түрлі қашықтықта зерттелетін нүктелер белгіленді. (1-кесте, 1-сурет). Алынған үлгілер карта бойынша белгіленді.

Шығыс Қазақстан облысы Аблакетка шағын ауданында орналасқан «УККЗ» АҚ-ы маңынан алынған топырақ үлгілері алынды. Топырақ үлгілерінен ПХБ-ны экстракциялау n-гексан еріткіші көмегімен сокслет аппаратында жүзеге асты. ПХБ-ның сандық мөлшері газдық хроматография қондырғысында анықталды. Қолданылған ПХБ-ның стандартты ерітіндісінің концентрациясы 1мг/мл.



1-сурет – Топырақ үлгілері алынған орындар

Алынған үлгілер акт бойынша тіркеліп, рәсімделді.

Топырақ үлгілерін алу ГОСТ 28168 мемлекеттік стандартына сәйкес жүргізілді (Флоринский 1990:4). Топырақтың нүктелік үлгілері «диагональ бойынша конверт» әдісімен алынды. Бақылауға алынған «элементарлы» жер телімі нүктесінің 10 см қабатынан массасы 0,2 кг болатын топырақ үлгісі құбырлы үлгіалғышпен алынды. Топырақ үлгілері полиэтилен қораптарына салынды (2-сурет). Конверт әдісімен 5 нүктеден алынған топырақ араластырып, одан 1 үлгі алынды.

Үлгі алынатын орынның нөмері және координаты белгіленді. Топырақ үлгілері жер қыртысының қабатынан 5 см тереңдікте алынды. Максималды топырақ үлгісінің массасы стандарт бойынша 1 кг кем емес. Алынған үлгілерді тіркеу үшін үлгі нөмері, алынған үлгі орны мен тереңдігі, топырақтың типі, ластаушы

түрдің болжамы және үлгі алу күні мәліметтері белгіленді. 1-кестеде топырақ үлгілері алынған нүктелер сипаттамасы көрсетілген.



2-сурет – Өскемен қаласының топырақ қабатынан алынған топырақ үлгілері

1-кесте – Топырақ үлгілері алынған нүктелер сипаттамасы

Үлгі алынған орын нөмері	Карта бойынша нөмері	Алынған үлгі нүктелерінің «УККЗ» АҚ-нан қашықтығы, км	Үлгі алынған уақыт
1	15р	0,6	Маусым, 2013 ж.
2	1,1	0,4	Маусым, 2013 ж.
3	1,2	1,0	Маусым, 2013 ж.
4	1,3	1,2	Маусым, 2013 ж.
5	1,4	0,8	Маусым, 2013 ж.
6	13	2	Маусым, 2013 ж.

Топырақ үлгісін анализге дайындау. Топырақ үлгілерін құрғақ-ауа жағдайына келтіру үшін тас, тамыр т.б. қоқым түрлерінен тазартып, фарфор келісінде ұсақтайды және саңылауының диаметрі 1-2 мм болатын електен өткізеді (3-сурет). Бұл сынамаларды 40°C температурада кептіргіш шкафта 1-1,5 сағат ұстайды. Кептірілген сынамаларды полиэтилен пленкасында сақтайды. Анализ алдында топырақты қалыңдығы 1 см-ден аспайтын-

дай етіп тегістеп төгіп, төрт нүктеден алынған топырақ сынамаларын жақсылап араластырып, тік төртбұрыш көлемінде жайған соң, сынамадан анализге қажетті массасын қасық немесе шпатель арқылы алады да экстракциялауға қажетті көлемі өлшенді.

4-суретте топырақ үлгісінен экстракт алу сокслет қондырғысында жүргізілді. Сокслет қондырғысы үлгілерді экстракциялауға арналған бірнеше құрылғылар жиынтығынан тұрады.



3-сурет – Топырақ үлгілерін экстракциялауға дайындау



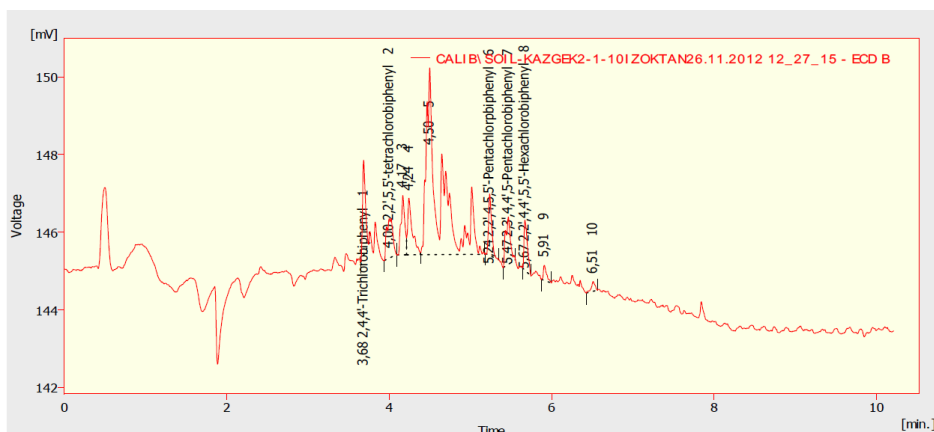
4-сурет – Топырақ үлгілерін Сокслет қондырғысында экстракциялау және n-гексаннан айдау арқылы бөліп алу

Экстракциялауға өлшеніп алынған 40-50 г топырақ үлгілері сүзгіш қағазға оралып, соклетке салынды да, 160 мл п-гексанмен 80°C температурада екі тәулік бойы жуылды. Жуылып болған экстракт құрамындағы п-гександы айдау әдісімен бөлініп алынды (4-сурет).

Дайындалған топырақ үлгілерінің құрамындағы ПХБ мөлшерінің сандық мөлшері

53217-2008 МемСТ Р мемлекеттік стандартына сәйкес «Dexsil L2000DX» ПХБ анализаторы бар «MASTER GC» газдық хроматография қондырғысында анықталды (ГОСТ Р: 3217-2008).

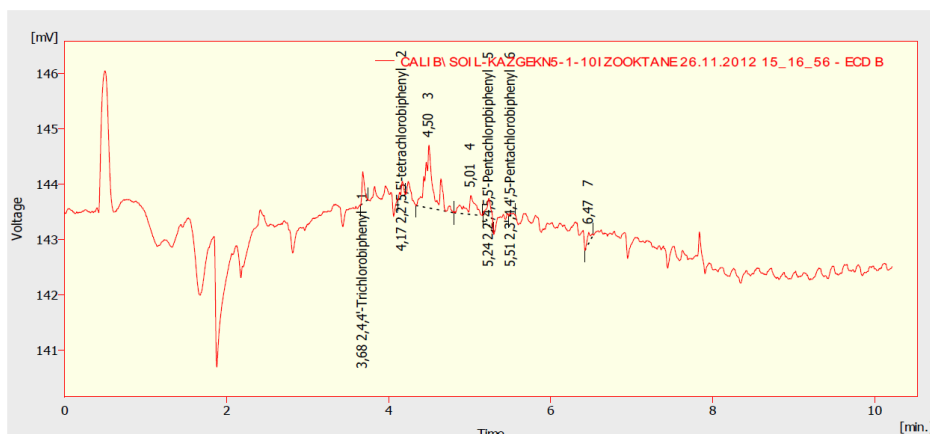
5-7-суреттерде топырақ үлгілерін ПХБ-ға анализдеу барысында алынған хроматограммалар берілген.



Result Table (ESTD - CALIB|SOIL-KAZGEK2-1-10I ZOKTAN26.11.2012 12_27_15 - ECD B)

	Reten. Time [min]	Response	Amount [мкр/г]	Amount [%]	Peak Type	Compound Name
1	3,683	5,961	2371,192	49,1	Ordnr	2,4,4'-Trichlorobiphenyl
2	4,000	5,319	2309,077	47,8	Ordnr	2,2',5,5'-tetrachlorobiphenyl
6	5,237	4,246	151,497	3,1	Ordnr	2,2',4,5,5'-Pentachlorobiphenyl
7	5,467	4,938	N/A	N/A	Error	2,3',4,4',5-Pentachlorobiphenyl
8	5,670	3,767	N/A	N/A	Error	2,2',4,4',5,5'-Hexachlorobiphenyl
Total			4831,767	100,0		

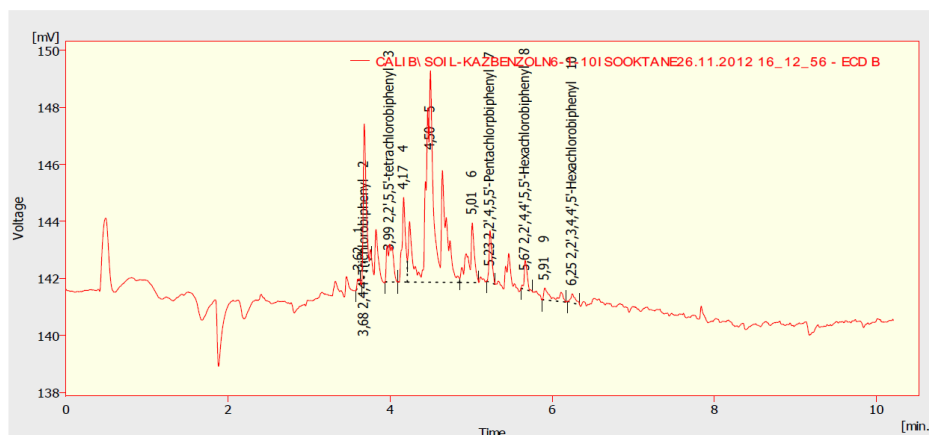
5-сурет – «УККЗ» АҚ-нан 0,4 км қашықтықта алынған топырақ үлгісінің хроматограммасы



Result Table (ESTD - CALIB|SOIL-KAZGEK5-1-10I ZOOKTANE 26.11.2012 15_16_56 - ECD B)

	Reten. Time [min]	Response	Amount [мкр/г]	Amount [%]	Peak Type	Compound Name
1	3,680	1,207	243,248	100,0	Ordnr	2,4,4'-Trichlorobiphenyl
2	4,167	0,648	N/A	N/A	Error	2,2',5,5'-tetrachlorobiphenyl
5	5,237	1,967	N/A	N/A	Error	2,2',4,5,5'-Pentachlorobiphenyl
6	5,507	0,136	N/A	N/A	Error	2,3',4,4',5-Pentachlorobiphenyl
Total			243,248	100,0		

6-сурет – «УККЗ» АҚ-нан 1,2 км қашықтықта алынған топырақ үлгісінің хроматограммасы



Result Table (ESTD - CALIB\SOIL-KAZBENZOLN6-1-10ISOOKTANE26.11.2012 16_12_56 - ECD B)

Reten. Time [min]	Response	Amount [µg/l]	Amount [%]	Peak Type	Compound Name
2	3,680	13,242	5630,778	63,0	Ordnr 2,4,4'-Trichlorobiphenyl
3	3,993	6,960	3144,873	35,2	Ordnr 2,2',5,5'-tetrachlorobiphenyl
7	5,233	4,273	156,180	1,7	Ordnr 2,2',4,5,5'-Pentachlorobiphenyl
8	5,667	2,641	N/A	N/A	Error 2,2',4,4',5,5'-Hexachlorobiphenyl
10	6,247	1,268	N/A	N/A	Error 2,2',3,4,4',5'-Hexachlorobiphenyl
Total			8931,830	100,0	

7-сурет – «УККЗ» АҚ-нан 2 км қашықтықта алынған топырақ үлгісінің хроматограммасы

Топырақ үлгілеріндегі ПХБ мөлшері шекті рауалды концентрациядан бірнеше есе көп екені байқалды (2-кесте). Топырақ үлгілеріндегі ПХБ 2,4,4-трихлорбифенил, 2,2',5,5'-тетрахлорбифенил, 2,2',4,5,5'-пентахлорбифенил, 2,2',4,4,5,5'-гексахлорбифенил, 2,2',3,4,4,5'-гептахлорбифенил түрлерімен сипатталады (5, 6, 7-суреттер, 2-кесте).

Зауыт маңынан алынған топырақтағы ПХБ мөлшері 2164,2 – 80439,685 мг/кг аралығында болып отыр. Барлық топырақ үлгілерінде трихлорбифенил анықталды, бұл «УККЗ» АҚ зауытында көп жыл көлемінде трихлорбифенилдің қолданылуымен түсіндіріледі. 2-кестеде топырақ үлгілеріндегі ПХБ-ның сандық мөлшері көрсетілген.

2-кесте – Топырақ үлгілеріндегі ПХБ-ның сандық мөлшері

№ №	Топырақ үлгісі алынған орын сипаттамасы	ПХБ конгенерінің түрі	ПХБ конгенерінің мөлшері, мг/кг	ШПК-дан есе артық
2 1	«УККЗ» АҚ-нан 0,4 км қашықтықта	2,4,4-трихлорбифенил 2,2',5,5'-тетрахлорбифенил 2,2',4,5,5'-пентахлорбифенил 2,2',4,4,5,5'-гексахлорбифенил 2,2',3,4,4,5'-гептахлорбифенил	33874,171 32986,814 2164,24 Іздікмөлшер Іздікмөлшер	564,57 549,78 36,07
4 2	«УККЗ» АҚ-нан 1,2 км қашықтықта	2,4,4-трихлорбифенил 2,2',5,5'-тетрахлорбифенил 2,2',4,5,5'-пентахлорбифенил	3474,97 Іздікмөлшер Іздікмөлшер	57,91
6 3	«УККЗ» АҚ-нан 2 км қашықтықта	2,4,4-трихлорбифенил 2,2',5,5'-тетрахлорбифенил 2,2',4,5,5'-пентахлорбифенил 2,2',4,4,5,5'-гексахлорбифенил	80439,685 44926,757 2231,14 Іздікмөлшер	1340,66 748,78 37,19

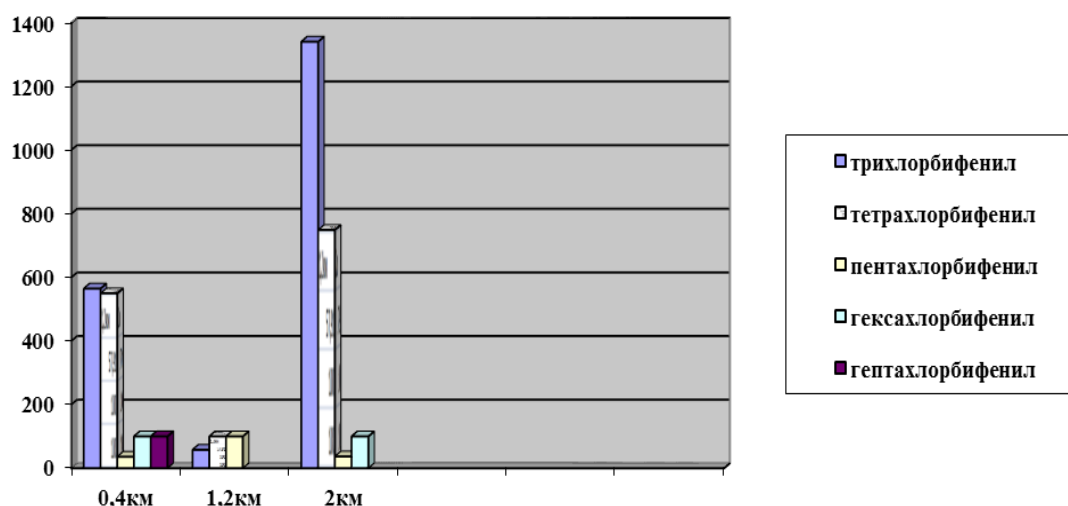
Зауыттан 0,4-2 км қашықтан алынған топырақтың барлық үлгілерінде хлордың 3-6 атомы кездеседі. 8-суретте алынған топырақ үлгілеріндегі ПХБ мөлшері ШРК 36,07-1340,66 есе жоғары екендігі белгілі болды.

2001 жылы Стокгольм қаласында Біріккен Ұлттар Ұйымы құрамына кіретін бірнеше мемлекеттер бірігіп, тұрақты органикалық ластағыштарды жою және қолдану аясын азайту мәселесіне байланысты ғаламдық келісімге қол қойды. Бұл келісім кейіннен Стокгольм конвенциясы деп аталып, оған 2001 жылдың 23 мамырында Қазақстан Республикасының Үкіметі қосылды. Стокгольм конвенциясына қол қойғаннан кейін тұрақты органикалық ластағыштармен күресуде ҚР-дың басты міндеттері келесілер болып табылды: қоғамды ақпараттандыру деңгейін жоғарылату; ТОЛ-ды басқару және бақылау бойынша арнайы үкіметтік емес органдар және Орталық Азия мемлекеттерінің байланыс жүйесін құру;

басқарушы және атқарушы билік органдарымен қарым-қатынас жасау; ТОЛ мәселесін шешу жоспарын құру және жүзеге асыру; мемлекетаралық қарым-қатынастарды орнату; ТОЛ мәселесін шешу бойынша акциялар, дөңгелек столдар ұйымдастыру (Стокгольмская конвенция UNEP 2001:53).

Қазіргі кезде қоршаған ортаны қорғау, барлық мемлекетте өзекті мәселеге айналып, жаһандық сипатқа ие болып отыр. Стокгольм Конвенциясы оның жүзеге асуының негізгі міндеттерінің бірі қоғамның белсене араласуы, соның ішінде үкіметтік емес ұйымдарын құру, жастар қоғамының белсене атсалысуы болып отыр.

Өкінішке орай, Қазақстанда тұрақты органикалық ластағыштармен күресу шаралары артта қалып жатыр. Қазақстанда ТОЛ мәселесімен күресуде үкіметтік емес ұйымдары туралы мәліметтер шамалы. Яғни, ағартушылық жұмыс шараларын жүргізу қажет екендігі айқындалды.



8-сурет – Топырақ қабатындағы полихлорбифенил конгенерлерінің ШРК-дан есе артық мөлшері

Зерттеу нәтижесі

Зерттеу нәтижесі бойынша топырақ үлгілеріндегі ПХБ мөлшері шекті рауалды концентрациядан бірнеше есе көп екені байқалды (2-кесте). Топырақ үлгілеріндегі ПХБ 2,4,4-трихлорбифенил, 2,2,5,5-тетрахлорбифенил, 2,2,4,5,5-пентахлорбифенил, 2,2,4,4,5,5-гексахлорбифенил, 2,2,3,4,4,5-гептахлорбифенил түрлерімен сипатталады (5, 6, 7-суреттер,

2-кесте). ПХБ конгенерлері топырақ қабатында жүретін күрделі үрдіске қатысады. Зауыт маңынан алынған топырақтағы ПХБ мөлшері 2164,2 – 80439,685 мг/кг аралығында болып отыр. Алынған топырақ үлгілеріндегі ПХБ мөлшері ШРК 36,07-1340,66 есе жоғары екендігі белгілі болды (8-сурет). Барлық топырақ үлгілерінде трихлорбифенил анықталды, бұл «УККЗ» АҚ зауытында көп жыл көлемінде трихлорбифенилдің қолданылуымен түсіндіріледі.

Қорытынды

1. ПХБ-мен ластанған территорияларда жүргізілген қалпына келтіру жұмыстарына қатысты мәліметтер өте аз, яғни көптеген зерттеулер жұмысы қағазға түсірілмеген және дерек көздері жоғалған. Сол себепті қазіргі уақытта ТОЛ-ға қатысты, соның ішінде ПХБ жайлы нақты ақпаратты табу мүмкін емес. Бұл қосымша зерттеулерді талап етеді, оларды залалсыздандыруда ПХБ құрамды қалдықтардың саны, улылығы, химиялық класы туралы ақпарат қажет. ТОЛ-ға қатысты әлі күнге дейін зерттелмеген тұрмыстық қатты қалдықтардың қалалық қоймасы (Өскемен, Павлодар қалалары), мұнда ПХБ құрамды материалдар тасымалданды, ауылшаруашылық бағыттағы жер нүктелеріне жақын тау-кен комплексі және электроэнергетикалық секторлар территорияларында ПХБ-ның табиғи нысандарға таралуының негізгі заңдылықтары анықталмады.

2. Зерттеу жұмысы қоршаған орта нысандарының (топырақ, су, су шөгінділері, биота) ПХБ-мен ластану мәселелері бар екендігін көрсетті. Алынған мәліметтер ПХБ-ның топыраққа жинақталу деңгейі, ПХБ биотикалық компоненттерде жинақталуы және олардың тағам өнімдеріне түсу қаупін сипаттайтын, ПХБ құрамды құралдарды сақтау және тасымалдау орындарындағы жинақталу деңгейін сипаттайды.

3. Республикада құрамында ПХБ бар құралдарды утилизациялау технологиясы жоқ. ПХБ құрамды конденсаторлар мен трансфор-

маторлар қалдықтарын жоюда экологиялық қауіпсіз технологияны елімізге енгізу қажет.

4. Зерттеу нәтижесі бойынша топырақ үлгілеріндегі ПХБ 2,4,4-трихлорбифенил, 2,2,5,5-тетрахлорбифенил, 2,2,4,5,5-пентахлорбифенил, 2,2,4,4,5,5-гексахлорбифенил, 2,2,3,4,4,5-гептахлорбифенил түрлерімен сипатталады. Зауыт маңынан алынған топырақтағы ПХБ мөлшері 2164,2 – 80439,685 мг/кг аралығында болып отыр. Әрбір топырақ үлгілеріндегі ПХБ мөлшері ШРК 36,07-1340,66 есе жоғары екендігі белгілі болды. Осыған орай, тұрақты органикалық ластағыштардың адамдардың денсаулығы және экология жағдайына қауіпті әсері әлемдік деңгейде толыққанды зерттеуді талап етеді.

5. Барлық топырақ үлгілерінде трихлорбифенил анықталды, бұл «УККЗ» АҚ зауытында көп жыл көлемінде трихлорбифенилдің қолданылуымен түсіндіріледі.

Адамдардың денсаулығына әсері жағынан неғұрлым жиі кездесетін ПХБ көп мөлшердегі экспозициясы тері аурулары болып табылады. ПХБ бүкіләлемдік айналымға түсіп, су және ауа ағымы арқылы үлкен қашықтықтарға таралады. ПХБ-ның қолдану деңгейінің азаюына қарамастан, олар қоршаған ортаны ластап, адам ағзасында да кездескен. Яғни, жас ағзаның өсіп-дамуы барысында қан құрамында ТОЛ-тар болған жағдайда ол зиянды заттар эндокринді жүйенің бұзылуына, ағзаның аномалиялы дамуына әсер етуші негізгі фактор болып табылады.

Әдебиеттер

- Ровинский Ф.Я., Воронова Л.Д., Афанасьев М.И. и др. Фоновый мониторинг загрязнения экосистем суши хлорорганическими соединениями. – Л.: Гидрометеоздат, 1990. – С. 75.
- Мельников Н.Н., Белан С.Р. // Хим. Промышленность, 1989, (5), с. 8.
- Гибсс Л.М. Правда о диоксидах. – Иркутск, 1998.
- Стокгольмская конвенция о стойких органических загрязнителях. Опубликовано временным секретариатом Стокгольмской конвенции о стойких органических загрязнителях. UNEP, 2001. 53 с.
- Клюев Н.А., Бродский Е.С. Определение полихлорированных бифенилов в окружающей среде и биоте. Полихлорированные бифенилы // Супертоксиканты XXI века. Инф. ВИНТИ. – М., 2000. – № 5. – С. 31-63.
- ГОСТ 28168-89 Почвы. Отбор проб. М.А.Флоринский, А.Н.Поляков, В.Н.Кураев, Г.М.Нешумов, Н.М.Сударкина. Группа С09 МКС 13.080, ОКСТУ 0017 Дата введения 1990-04-01.
- Региональная оценка стойких токсичных веществ. – Программа ООН по окружающей среде, подпрограмма по химическим веществам, Европа региональный доклад, декабрь, 2002.
- ГОСТ Р 53217-2008 (ИСО10382:2002) Группа С09 Качество почвы. Определение содержания хлорорганических пестицидов и полихлорированных бифенилов. ОКС 13.080.10 .
- Основные результаты работ ТОО «Экосервис С» по программе «Научные исследования в области охраны окружающей среды» за 2003-2009 гг. – Алматы, 2010.
- Goldberg E.D. Synthetic organohaloides in the sea.– Proc. R. Soc. London, Ser. B., 1975 No.p 189
- Polychlorinated biphenyls. Mammalian and Environmental Toxicology. (Ed. S.Safe). Springer-Verlag, Berlin, 1987.

- Гигиенические критерии состояния окружающей среды. Протокол №2. Полихлорированные бифенилы и трифенилы. Совместное издание Программы ООН по окружающей среде и Всемирной организации здравоохранения. – Женева, 1980.
- Atlantic Ocean.– Environmental Biogeochemistry.–Ann. Arbor, Mich., Science Publ., inc., 1976 V.1
- Mc Kinney J.D., Gottschalk K.E., Pedersen L. 1983. // J. Mol. Struct., 105: 427-438.
- Leonards P. PCBs in mustelids. Analysis, food chain transfer and critical levels. Vrije Universiteit. Academisch Proefschrift. Amsterdam, 1997. 210 p.
- Епифанцев А.В., Румак В.С., Софронов Г.А. // Медицинский академический журнал. – 2002. – №2. – С. 69-82.
- Отчет «Исследование содержания полихлорированных бифенилов в окружающей среде мурманской области». – Под ред. В.В.Онопrienko. – Мурманск, 1999.
- Азов теңізіндегі кәсіптік балықтар құрамындағы полихлорбифенилдер және хлорорганикалық пестицидтер. А.А.Кленкин, Л.И.Короткова, И.Г.Корпакова, Г.Г.Корниенко 2008 ж.
- Моисеенко Т.И., Даувальтер В.А., Родюшкин И.В. Геохимическая миграция элементов в субарктическом водоеме (на примере озера Имандра). – Апатиты, 1997.
- Моисеенко Т.И., Яковлев В.А. Антропогенное преобразование водных экосистем Кольского Севера. – Л.: Наука, 1990.
- Ballschmitter K., Zell M. Analysis of polychlorinated biphenyls (PCB) by glass capillary gas chromatography. Composition of technical Arochlors and Chlorphen mixtures. //Fresenius Z. Anal. Chem., 1980, v.302, p. 20-31.
- Josephson J. Phasing out PCBs. // Environ. Sci. Technol., 1984, 18 (2), p. A43-A44.
- Boyle R.H., Hignland J.H. Persistence of PCBs. // Environment, 1979, 21(5), p. 6-8.
- Adams R.E., Thomason M.M., Strother D.L. et al. // Ibid. 1986. Vol.15, N 9/12. P.1113-1122.
- Eduljee G.H. // Chem. Brit. 1988. Vol.24, N 3. P.241-244.
- Kocan A., Petrik J., Holoubek I. // Abstracts of 11th Intern. Sympos. on chlorinated dioxins and related compounds. Triangle Park, 1991. Rep. P126.
- Jiang K., Chen Y., Chen R. // Ibid. Rep. P107.
- Костоусова М.Н. Обезвреживание диоксинов и фуранов в окружающей среде: Аналитический обзор. – М.: МП ИЗАНА, 1991. 87 с.
- Стойкие органические загрязнители: обзор ситуации в России. – Международный проект по ликвидации СОЗ – IPEP / под редакцией Сперанская О., Цитцер О.
- Прогнозирование состояния окружающей среды на Усть-Каменогорском конденсаторном заводе и разработка мер по снижению выбросов до санитарных норм: Отчет по научно-исследовательской работе. – Усть-Каменогорск: Усть-Каменогорский строительно-дорожный институт, 1982. – 118 с.

References

- Toxicological profile for polychlorinated biphenyls (PCBs). Syracuse research corporation. (2000) Under contract № 205–1999–00024. 945 p.
- Polychlorinated biphenyls (PCBs): potential health hazards from electrical equipment fires or failures: Current intelligence bulletin N45 NIOSH US Department of health and human services. Cincinnati:NIOSH, 1986. 25p.
- Reynber H., Gilet J.C., Falcu M. (1987) Can Notes, Doc. Inst. Nat. Resh. Secur. Polychlorinated biphenyls. Mammalian and Environmental Toxicology. (Ed. S.Safe). Springer-Verlag, Berlin, no 126, p. 15-32.
- Buser H.-R. (1985) // Environ. Health Perspect.. Vol.60. P.259-267.
- Ishankulov M.Sh. (2008) PCB-Contaminated Areas in Kazakhstan and Analysis of PCB Impact Human Health Experience. / In: NATO science series volume: The Fate of Persistent Organic Pollutants in the Environment. – Springer: AK/NATO Publishing Unit. Editors: E. Mehmetli and B. Koumanova. p. 387-403.
- Polychlorinated biphenyls and terphenyls: environmental health criteria document (2000) N 2. Geneva: WHO, [Polychlorirovannyye biphenyly i terfenyly] M.: Medicina, 98 p.
- Toxicological profile for polychlorinated biphenyls (PCBs) (2000) Syracuse research corporation. Under contract № 205–1999–00024.. 945 p.
- Polychlorinated biphenyls (PCBs): potential health hazards from electrical equipment fires or failures: Current intelligence bulletin (1997) N 4 NIOSH US Department of health and human services. Cincinnati: NIOSH, 25p.
- Reynber H., Gilet J.C., Falcu M. (2004) Can Notes, Doc. Inst. Nat. Resh. Secur. N 126, p. 15-32.
- Polychlorinated biphenyls. Mammalianand Environmental Toxicology (Ed. S.Safe) (2001) Springer-Verlag, Berlin.
- Harvey, G.R. and W.G. Steinhauer (1976) Biogeochemistry of PCB and DDT in the North Atlantic, Environmental Biogeochemistry. Vol. I. Pages 203-221.
- Ballschmitter K., Zell M. (1999) Analysis of polychlorinated biphenyls (PCB) by glass capillary gas chromatography. Composition of technical Arochlors and Chlorphen mixtures. Fresenius Z. Anal. Chem.v. 302, p.20-31.
- Boyle R.H., Hignland J.H. (1990) Persistence of PCBs. // Environment, 21(5), p. 6-8.
- Dubovoy R.M. (2009) Elemental status with the action of non-favorable factors of production activity and its alimentary retrace-ment correction: dis. ... Dr. honey. Nauj / RM. Oak wood. – M. p. 370.
- Eduljee G.H. (1998) // Chem. Brit. Vol.24, N 3. P.241-244.
- Fedorov L.A. (1993) Dioxins as an environmental hazard: a retrospective and perspective. – Moscow, Nauka Publishers vol. 5, pp. 18-23.

Forecasting the state of the environment at the Ust-Kamenogorsk condenser plant and developing measures to reduce emissions to sanitary standards: (1997) Report on research work. Ust-Kamenogorsk: Ust-Kamenogorsk Road Construction Institute, p.118.

Gorgoshidze B. Ye. (2006) Questions of medical elementology and the definition of trace elements in biosubstrates for diagnosing and profiling the diseases of the reproductive system / B. Ye. Gorgoshidze, I.Z. Kharischarishvili // *Experimental and Clinical Medicine*. No. 6 (31). p. 60-63.

Harvey, G.R. and W.G. Steinhauer (1976a) Biogeochemistry of PCB and DDT in the North Atlantic, *Environmental Biogeochemistry*. Vol. I. Pages 203-221.

Polychlorinated biphenyls (PCBs): potential health hazards from electrical equipment fires or failures (1997) Current intelligence bulletin N 45NIOSH US Department of health and human services. Cincinnati:NIOSH, p. 25.

Polychlorinated biphenyls (2001) *Mammalian and Environmental Toxicology*. (Ed. S.Safe). Springer-Verlag, Berlin, vol. 18 p. 60.

Rateb SM. (1999) Determination of microimpurities of copper (II), lead (II) and cadmium (II) in food products by the method of inversion voltammetry / SM Rateb, SI Petrov // *Zh. Anal. chemistry*. T. vyp. 12. – P. 2172-2174.

Revich B.A. (1990) Chemical elements in man's hair as an indicator of the effects of industrial and environmental pollution / BA Revich // *Hygiene isanitaria*. №3. p. 55-59.

Report «Preparation of the first National Report on Persistent Organic Pollutants to the Secretariat of the Stockholm Convention on POPs» (2010) Program 001 «Ensuring the activities of the authorized body in the field of environmental protection». – Astana.

Reynber H., Gilet J.C., Falcu M. (2004) *Can Notes, Doc. Inst. Nat. Resh. Secur.*N 126, p. 15-32.

Scalny (2008) Biological role of macro- and microelements in humans and animals / D. Oberlis, B. Harland, – St. Petersburg.: Nauka p. 544.

Trakhtenberg I.M. (1994) *Heavy Metals in the External Environment* / IM Trakhtenberg, V. S. Kolesnikov, V. M. Lukovenko, – Minsk: Science and Technology. 285.

Toxicological profile for polychlorinated biphenyls (PCBs) (2000) Syracuse research corporation. Under contract № 205–1999–00024. p. 945.

Vazhenin E. A. (2012) Impact of Technogenic Emissions through the Atmosphere on Agrochemical Properties of Sod-Portzolic Soils / E. A. Vazhenin. – M.: *Agrochemistry*. p. 168.

Zhuk L.I. (1999) Human hair neutron activation analysis: analysis on population level and mapping / L. I. Zhuk, A. A. Kist Czechoslov // *J. Phys.V*. 49. – S. 1. – p. 339–346.

2-бөлім

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

Раздел 2

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

Section 2

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

**Tastambek K.T.¹, Akimbekov N.Sh.², Qiao Xiaohui³,
Token A.I.⁴, Zhubanova A.A.⁵**

¹PhD student of 1th course, e-mail: ku_27@mail.ru

²PhD, Associate Prof., e-mail: akimbekov.nuraly@kaznu.kz

³PhD student of 2th course, e-mail: qiaoxiaohui1988@126.com

⁴master student, e-mail: t.aziza_93@mail.ru

⁵doctor of biological sciences, professor, e-mail: azhar_1941@mail.ru
al-Farabi Kazakh National University, Kazakhstan, Almaty

**INVESTIGATION OF PHYSICO-CHEMICAL
AND MICROBIAL PROPERTIES OF LIGNITE SAMPLES**

The main factor in necessity for soil fertility restoration technologies is the catastrophic loss of quality and volume of soil because of its barbaric exploitation over the past 50 years. 12 million hectares of land is transformed into deserts and 25 billion tons of fertile soil is lost every year. In this regard, many countries of the world are potential for new technologies of humus production and creation of eco-black-earths. It is intended to use lignite as the raw material, which is rich in humic acids. Research aimed at developing methods to increase crop yields and restore soil fertility is relevant for any country. The basis for successfully combating catastrophic losses of soil qualities and volumes is laid in the understanding of the physical and chemical properties of brown coal. Coal is a multicomponent rock, which consists of a heterogeneous organic mass: coal, moisture and mineral moieties of various composition. Inclusions of rocks and minerals in coal vary depending on the geological features of the deposits and can be represented by silicates, carbonates, sulfates, oxides, sulphides, and also salts of humic acids. Microelements such as Ge, W, Be, U, Se, Zn, Mo, Re, Ag, As, Sb, Pb can also be present.

It was shown for the first time that samples of brown coal lying at a depth of 15-20 cm are significantly enriched with bacteria. In addition to the theoretical interest, the study of microorganisms in brown coal is of practical importance, since brown coal, in addition to its traditional use as fuel, is widely used in biotechnology as a raw material for the production of humic fertilizers.

The purpose of this work is to study the physico-chemical parameters and the microbiological characteristics of brown coals.

Key words: Lignite, microbial landscape, humus, coal deposit, productivity, soil fertility.

Тастамбек Қ.Т.¹, Акимбеков Н.Ш.², Цяо Сяохуэй³,
Төкен А.И.⁴, Жұбанова А.А.⁵

¹PhD 1 курс докторанты, e-mail: ku_27@mail.ru

²PhD, доценті, e-mail: akimbekov.nuraly@kaznu.kz

³PhD 2 курс докторанты, e-mail: qiaoxiaohui1988@126.com

⁴магистрант, e-mail: t.aziza_93@mail.ru

⁵биология ғылымдарының докторы, профессор, e-mail: azhar_1941@mail.ru
әл-Фараби атындағы Қазақ ұлттық университеті, Қазақстан, Алматы қ.

**Қоңыр көмір үлгілерінің физика-химиялық және
микробиологиялық көрсеткіштерін зерттеу**

Топырақтың құнарлылығын қалпына келтіру технологиясына деген жаһандық сұраныс және өсімдік өнімділігінің артуы соңғы 50 жылда оның табысты пайдалану нәтижесінде жердің сапасы мен көлемінің апатқа ұшырауына байланысты болуда. Осылайша, жыл сайын әлемде 12 миллион гектар жер шөлейттерге айналып, 25 миллиард тонна құнарлы топырақ жоғалады. Бұл жағдайлар агроөнеркәсіптік технологиялар саласындағы жаңа парадигмаға белсенді түрде көшуді талап етеді,

атап айтқанда, оларды топырақтың құнарлылығын гумуспен байыту арқылы арттыру. Осыған орай, көптеген елдерде гумус өндіретін экотопырақ жасау үшін жаңа биотехнологиялар белсенді түрде енгізілуде. Гумустың өндірісі үшін гуминді қышқылға бай шикізат ретінде қоңыр көмірді қолдану ұсынылады. Егіс өнімділігін арттыру және топырақтың құнарлылығын қалпына келтіру әдістерін әзірлеуге бағытталған зерттеулер кез келген ел үшін маңызды. Топырақтың сапасы мен көлемінің апатты шығындарына қарсы күрестің негізі қоңыр көмірдің физикалық және химиялық қасиеттерін түсінуге негізделген, сондықтан кен орындарының көмірлеріне техникалық сараптау жүргізіліп, олардың химиялық құрамы анықталды. Көмір – түрлі композициялардың, оның ішінде көмір, ылғал және минералдық қосындылары бар гетерогенді органикалық массадан тұратын көпкомпонентті жыныс. Көмірдегі тастар мен минералдардың қосындылары кендердің геологиялық ерекшеліктеріне байланысты және силикаттар, карбонаттар, сульфаттар, оксидтер, сульфидтер, сондай-ақ гумин қышқылдарының тұздары болуы мүмкін. Сондай-ақ, көмірде Ge, W, Be, U, Se, Zn, Mo, Re, Ag, As, Sb, Pb сияқты микроэлементтер бар.

15-20 см тереңдікте орналасқан қоңыр көмірдің үлгілері бактериялармен айтарлықтай байытылғандығы алғаш рет көрсетілген. Теориялық қызығушылықтан басқа, қоңыр көмір микроағзаларын зерттеу практикалық маңызы бар, өйткені қоңыр көмір, отын ретінде дәстүрлі түрде пайдаланудан басқа, биотехнологияда гуминді тыңайтқыштарды өндіру үшін шикізат ретінде кеңінен пайдаланылады.

Жұмыстың мақсаты – қоңыр көмірдің физико-химиялық параметрлері мен микробиологиялық сипаттамаларын зерттеу.

Түйін сөздер: қоңыр көмір, микробтық пейзаж, гумус, көмір кен орны, өнімділік, топырақтың құнарлылығы.

Тастамбек К.Т.¹, Акимбеков Н.Ш.², Цяо Сяохуэй.³,
Төкен А.И.⁴, Жубанова А.А.⁵

¹PhD докторант 1 курс, e-mail: ku_27@mail.ru

²PhD, доцент, e-mail: akimbekov.nuraly@kaznu.kz

³PhD докторант 2 курс, e-mail: qiaoxiaohui1988@126.com

⁴магистрант, e-mail: t.aziza_93@mail.ru

⁵д.б.н., профессор, e-mail: azhar_1941@mail.ru

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

Изучение физико-химических и микробиологических свойств проб бурого угля

Мировой спрос на технологии восстановления плодородия почв и, следовательно, повышения урожайности растений, диктуется катастрофическими потерями качества и объемов почвы в результате ее варварской эксплуатации за последние 50 лет. Так, ежегодно в мире 12 млн га земли превращается в пустыни, теряя таким образом 25 млрд тонн плодородной почвы. Эти обстоятельства требуют активного перехода к новой парадигме в сфере агротехнологий, а именно повышения плодородия почв путем обогащения их гумусом. В связи с этим во многих странах активно внедряются новые биотехнологии производства гумуса для создания экочерноземов. Для производства гумуса предполагается использовать бурый уголь как сырье, богатое гуминовыми кислотами. Исследования, направленные на разработку методов по повышению урожайности сельскохозяйственных растений и восстановления плодородия почв, актуальны для любой страны. Основа успешной борьбы с катастрофическими потерями качества и объемов почвы заложена в понимании физико-химических свойств бурого угля, поэтому был проведен технический анализ углей исследуемых разрезов и определен их химический состав. Уголь представляет собой многокомпонентную горную породу, которая состоит из неоднородной органической массы: угля, влаги и минеральных включений различного состава. Включения горных пород и минералов в углях варьируют в зависимости от геологических особенностей месторождений и могут быть представлены силикатами, карбонатами, сульфатами, оксидами, сульфидами, а также солями гуминовых кислот. Также в угле встречаются такие микроэлементы, как Ge, W, Be, U, Se, Zn, Mo, Re, Ag, As, Sb, Pb.

Впервые показано, что образцы бурого угля, залегающего на глубине 15-20 см, значительно обогащены бактериями. Помимо теоретического интереса, изучение микроорганизмов бурого угля имеет и практическую значимость, поскольку бурый уголь, помимо традиционного использования его как топлива, начинает широко использоваться в биотехнологии как сырье для производства гуминовых удобрений.

Цель этой работы – изучение физико-химических параметров и микробиологической характеристики бурых углей.

Ключевые слова: бурые угли, микробный пейзаж, гумус, угольное месторождение, продуктивность, плодородие почв.

Introduction

Coal fossil is a combustible sedimentary rock of organic origin, consisting of carbon, hydrogen, oxygen, nitrogen and other minor components. Color varies from light brown to black, gloss – from matte to bright shiny. It is usually clearly pronounced stratification, or banding, which causes its splitting into blocks or tabloid masses (Altieri, 2002: 1–24; Aguiar, 2013: 61–174).

Coals of different species significantly differ from each other in characteristics. Moreover, coals of the same brand often have different quality indicators. Characteristics depend on the conditions in which coal was formed, they are necessary for choosing the type and grade of coal corresponding to the conditions of use (Atiyeh, 2002: 7–14; Boyhan, 2001: 38–42)

The main components of coal: organic matter, mineral impurities and moisture. The mass of organic matter is 50-97% of the total weight of dry mass. The chemical composition of the organic part of the coal includes C, H, O, S, N, etc. chemical elements. Carbon predominates, which accounts for 60-98% of the mass of the coal substance. Mineral impurities are dispersed in the organic mass in the form of crystals, concretions, thin layers and lenses (Olsson, 2000: 8-10). The most common clay minerals, their content on the average is 60-80% of the total mass of inorganic material. Carbonates, iron sulphides and quartz have a subordinate significance. In minor quantities, there are sulfides of non-ferrous and rare metals, phosphates, sulfates, and alkali metal. The relative content of mineral impurities in the dry matter of coal varies widely (Busato, 2012: 390–395). The moisture of the coal is mainly sorption, capillary and porous, partly moisture is part of the organic mass or is contained in the crystallization lattices of minerals. The mass fraction of total moisture ranges from 60% in soft loose to 16% in dense brown coal, decreasing to 6-10% in coal and anthracites (Saranya, 2016: 2014-2019). The value of this indicator is one of the main parameters of the classification of brown coal. The highest heat of combustion of dry ash-free coal fluctuates within the limits (MJ / kg): for brown 25,5-32,6, for stone 30,5-36,2 and for anthracites 35,6-33,9. The lowest heat of combustion in terms of working fuel (MJ / kg): 6,1-18 for brown coal, 22,0-22,5 for coal and 20-26 for anthracite (Bezuglova, 2004: 210; Abdel-Razzak, 2013: 48–63; Ameri, 2012: 77–79).

Properties of brown coal. This is the least high-quality coal. The price is the lowest. Brown coal was formed in ancient bogs by pressing peat at a depth

of about 0.9 km. This is the cheapest fuel, which contains a large amount of water (Monistrol, 1994: 205-216; Demin, 2003: 38). In addition, lignite has a rather low heat of combustion. It contains a large amount (up to 50%) of volatile gases. If brown coal is used for furnace heating, then it will resemble raw firewood in its qualitative characteristics. The product burns heavily, smokes strongly and leaves behind a large amount of ash. Often raw briquettes are prepared from this raw material or used for obtaining biohumus. They have good performance characteristics (Canellas, 2011: 202–211; Golubkov, 2004: 127-129; Biryukov, 2006: 24).

The physical properties of coals and mineral impurities significantly influence the formation of the main parameters characterizing the granulometric and fractional compositions, the change in the latter in the extraction, transportation and enrichment processes (Enev, 2014: 9-17). The main task in studying the physical properties of coal is to reveal the content of combustible constituents of coal. In the production of technical analysis, moisture, ash, volatiles, coke residue (sintering) and sulfur are determined (Kaiyrbekov, 2012: 83; Buzoleva, 2001: 89-91).

The solution of the problem of food security in Kazakhstan should be based on the use of modern environmentally friendly land-use technologies. One of the most important aspects of this problem is the need to restore and improve the fertility of agricultural land (Lysak, 2003: 120; Charzyński, 2013: 11-34).

As a huge resource for the production of environmentally friendly and highly efficient organic fertilizers, sub-standard and off-balance coals may be disposed, by millions of tones removed to dumps during the development of deposits (Huot, 2014: 389-398; Canellas, 2012: 315-324). Another large-tonnage source of raw materials for the production of fertilizers is coal fines, which are irretrievably lost during transportation and overloads (Canellas, 2008: 624-637). In addition, it is a source of anthropogenic pollution, since coal fines form fine dust and promote the emission of CO₂ during spontaneous combustion in storage (Canellas, 2008: 157-166).

For the production of organic humic fertilizers, coal wastes must be aerobically bioprocessed with adapted strains of microorganisms (Dobbss, 2010: 3681-3688).

A distinctive feature of biotechnological methods of obtaining humic fertilizers from coals is that they do not require the use of expensive chemical reagents, high temperatures and pressures (Dumat, 2006: 521-529; Filip, 2003: 175-182). Biotechno-

logical processing of coal is carried out at a temperature of 25-30°C, and the process of fertilizer production is easily scaled and automated (Nardi, 2002: 11; Ivanov, 2015: 45-52).

In this connection, studies aimed at developing methods for increasing yields and restoring soil fertility are of considerable scientific and practical interest, relevant for any country (Ivanov, 2015: 430-438; Klein, 2013: 65-73). The basis for successfully combating the catastrophic losses of soil qualities and volumes is laid in the understanding of the physical and chemical properties of brown coal. Therefore, technical and chemical analyses of the lignite were carried out and their microbial composition was determined.

Materials and Methods

Coal samples

Four samples of brown coal from Karaganda, Lenger, Oikaragai, Yekibastuz (Kazakhstan) coalmines are used. Samples were collected from 15-20 cm depth and stored at 4°C. The sample was sieved using a 70-mesh sieve (1-2 mm coal particles), dried at 80°C, sealed and stored, for the use of further analyses.

Coal samples:

No.1. Karagandy: Name «KLI» lignite

No.2. Lenger: Name «LLI» lignite

No.3. Oikaragai: Name «OLI» lignite

No.4. Yekibastuz: Name «YLI» lignite

Elemental analysis of coal

Elemental analysis is performed to determine the quantitative ratio (in percent) of the elemental composition of the organic matter of coals. The content of C, H, O, N and S₀ is determined. The content of P is detected, which is important for establishing the quality of coking coal.

Elemental composition of lignite was analyzed by the element analyzer Vario-EL (Germany). H, N, C, O, S and trace elements such as Al, Si, Ca, Fe, Mn from lignite were detected.

Determination of the ash content of coal

Initially the empty crucible is weighted. 1 g of coal sample is hold in a muffle furnace at 450°C for 30 minutes and the temperature is slowly raised to 850°C for one hour. Then the crucible is taken out and placed in a desiccator and weighed.

The ash content of the analytical fuel sample A_a (mass%) in both methods is calculated by the formula:

$$A_a = (m_1 / m) \cdot 100, (\%) \quad (1)$$

Where, m₁ is the mass of ash residue obtained after ashing and control calcinations to constant mass, g; m is the mass of the coal sample, g.

Determination of the moisture content of coal

The weighing bottle placed in 105,0-110,0°C drying closet and dried for 30-40 minutes. Drying carried out at a constant mass.

The moisture content is calculated by the formula:

$$W = G_1 \times 100 / G, (\%) \quad (2)$$

where, G is the weight of coal, g; G₁ – weight loss on drying, g.

Screening of solubilizing microorganisms of brown coal

To isolate and screen the effectiveness of native microorganisms, a sample of crushed coal (1 g) was added to 100 ml of LB for bacterial enrichment. Bacterial strains were cultured at 28°C for 48 h on medium LB (10 g tryptone, 5 g yeast extract, 10 g NaCl, and 18 g agar per liter of distilled water), solidified with agar in Petri dishes. Then the particles of sterile brown coal, were placed on bacterial colonies and incubation of plates (at 28°C) continued to select strains that cause the appearance of brown halos around bacterial colonies (indicating the presence of solubilization products).

Results and Discussion

Elemental analysis consists in determining the quantitative content of the main elements in the coal samples, including C, H, O, N and S. In total, they make up almost 100% of the organic mass of coal. As shown in figure 1-4 and in table 1.

As can be seen from the results, the sample «LLI» is poor in the elemental composition. The main percentage in lignite belongs to C, the content of which increases from 63 to 98% with an increase in the degree of metamorphism (from 63 to 75% in brown coal, 75 to 90% in coal, and 90 to 98% in anthracites).

Oxygen is a constant undesirable admixture of coal, as it reduces their heat of combustion. The studies (Cao 2008: 3:30-4) shows that the oxygen content of the coal decreases with increasing n degrees of metamorphism from 30 to 1% (brown – from 30 to 10%, coal – from 10 to 2%, anthracites from 8 to 1 and less%).

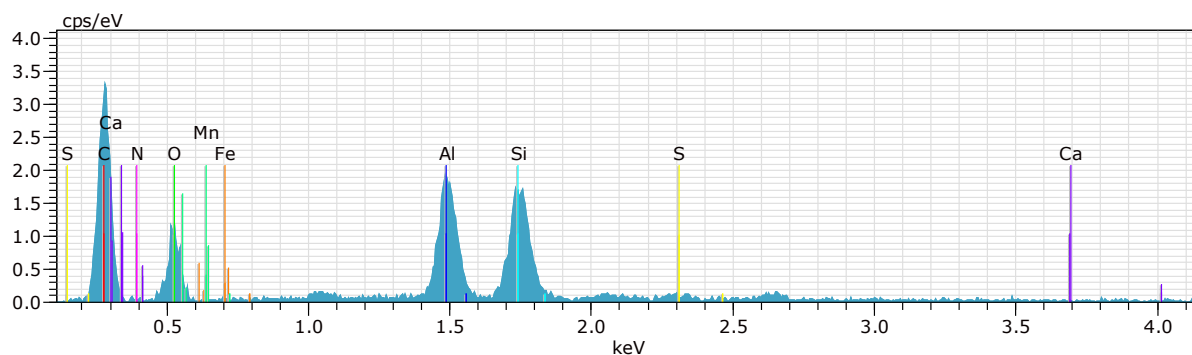


Figure 1 – The basic elemental composition of «KLI» lignite sample

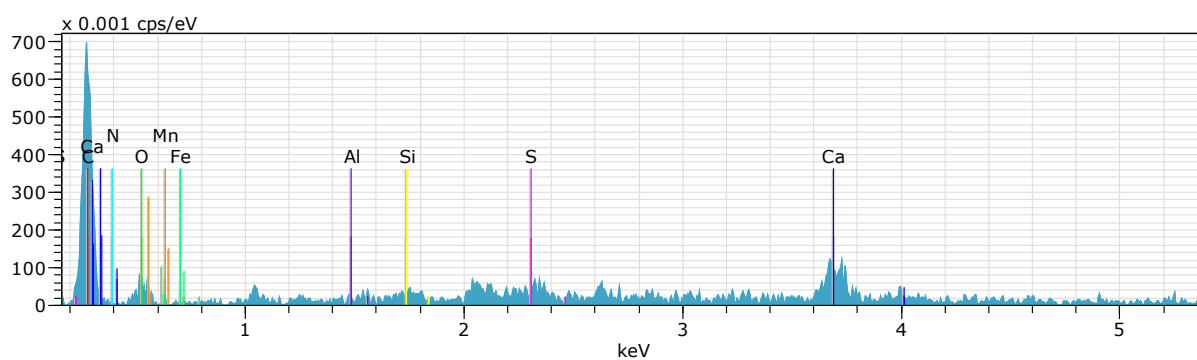


Figure 2 – The basic elemental composition of «LLI» lignite sample

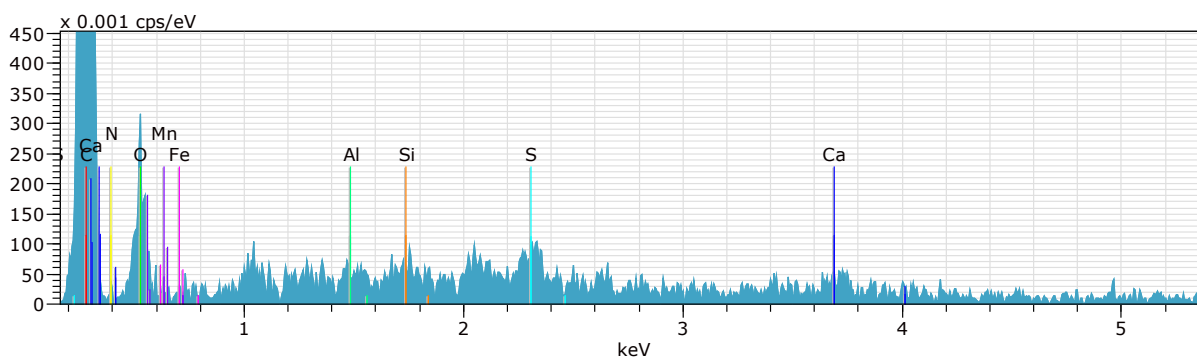


Figure 3 – The basic elemental composition of «OLI» lignite sample

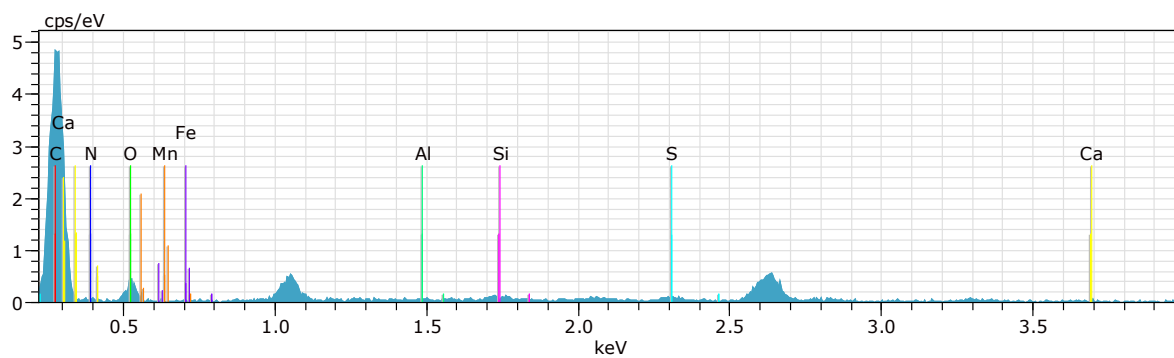


Figure 4 – The basic elemental composition of «YLI» lignite sample

Table 1 – The basic elemental composition of brown coal samples (%)

No.	Lignite samples	C	O	H	N	S	Al	Si	Fe	Mn	Ca
1	«KLI»	64,68	27,28	3,324	0,47	0,35	6,66	5,94	0	0	0
2	«LLI»	70,08	18,47	1,518	3,40	1,07	0	0,61	0,04	0,29	6,04
3	«OLI»	79,52	18,41	4,526	0,26	0,63	0,04	0,15	0,33	0	0,66
4	«YLI»	59,54	17,44	4,121	0,83	0,39	0	0,26	0	0,02	0,05

It was found out that the samples belong to the low-grade coals according to the results.

Brown coals contain a significant amount of minerals that form ash after burning and the content in brown coals is very high. The ash of 95-97% consists of oxides of Al, Fe, Ca, Mg, Na, Si, K; the rest is compounds of P, Mn, Ba, Ti, Sb and dispersed elements. As noticed, the analyzed samples contain the highest specified elements.

All coals compose a certain amount of moisture. Depending on its condition, the surface moisture is distinguished. It is easily removed by drying on the muffle stove. The increased content of external moisture also leads to increased coalescence of coal fines. To this end, the moisture content of the coal is determined.

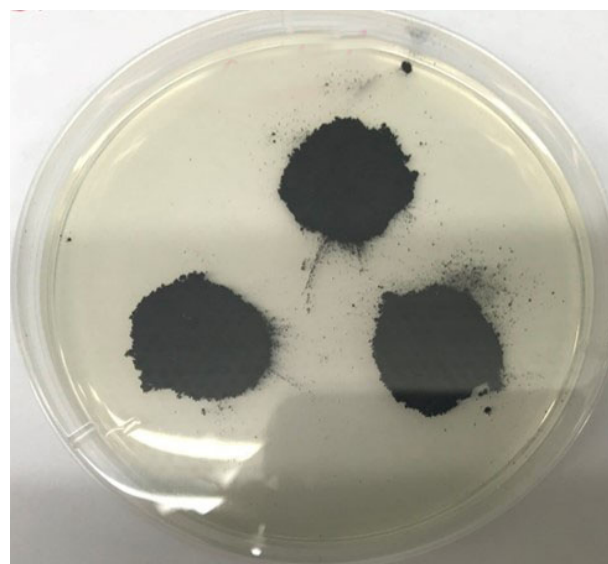
By the examination of the ash and moisture content, the following results were received (Table 2):

Table 2 – Ash (A) and moisture (W) content of coal samples (%)

№	Sample Name	A	W
1	«KLI» lignite	1	0,29
2	«LLI» lignite	30	0,09
3	«OLI» lignite	9	0,45
4	«YLI» lignite	10	0,59



a



b

Figure 5 – Solubilization of coal based on bacteria (10 days):
a – Solubilization of brown coal by bacteria, b – control, without bacteria.

According to ash content, LLI sample is revealed as low-quality coal. Because the analysis showed 30% of the ash. The samples of YLI and OLI had around 10% of ash.

Coals with high moisture content are not suitable for long-term storage, since moisture promotes self-heating and spontaneous combustion. Brown coals, according to the content of moisture are divided into 3 groups: B1 W > 40%, B2 W = 30 + 40%, and B3 W < 30%. According to the results of the research, all samples of lignite belong to group B3.

Bacteria species were isolated from samples collected from Karaganda, Lenger, Oikaragai, Yekibastuz (Kazakhstan). Coal samples were inoculated on Petri dishes containing agar with and Lurian Bertani (LB). Petri dishes were incubated at 30°C for 7 days. Bacterial colonies that appeared on the plates were isolated and purified by of cells on the LB plates. The isolated pure colonies were kept at 4°C. They were selected after biosolubilization.

Among the several bacterial strains that degraded hydrocarbons of coal, only five strains were able to carry out biosolubilization of lignite. These bacteria strains caused an obvious change in color of agar medium supplemented with unrefined coal for 7 days (Fig. 5 a). Such changes were not

observed in control samples that were not inoculated with bacteria (Fig. 5 b). The remaining strains did not dissolve the raw brown coal.

As a result, five bacteria strains were isolated and identified. The resulted colonies were designated as RKB1, RKB2, RKB5, RKB7, RKB10 and identified as *Acinetobacter sp.*, *Bacillus sp.*, *Delftia sp.*, *Providencia sp.* based on the analysis of the sequence of 16S rRNA genes.

Conclusion

As a result, extensive analyses were carried out, including the elemental composition, ash and moisture content of lignite. By moisture characteristics, all lignite samples belong to group B3. According to ash content, LLI sample is revealed as low-quality coal (30% of ash). The samples of YLI and OLI had around 10% of ash. Then, five strains of bacteria with solubilization properties were identified. In this study, microorganisms were isolated from the lignites Yekibastuz, Lenger, Karaganda, Oikaragai (Kazakhstan). After the isolation studies, five different bacteria were obtained. And their molecular identification of the 16S rRNA gene showed that these bacteria were *Acinetobacter sp.*, *Bacillus sp.*, *Delftia sp.*, *Providencia sp.*

References

- Altieri M.A. (2002) Agroecology: the science of natural resource management for poor farmers in marginal environments // *Agric. Ecosyst. Environ.* vol. 93, pp.1–24.
- Aguiar N.O., Olivares F.L., Novotny E.H., Dobbss L.B., Martizez-Balmori D., Santos-Júnior L.G., Chagas J.G., Facanha A.R., Canellas L.P. (2013) Bioactivity of humic acids isolated from vermicomposts at different maturation stages // *Plant Soil.*, vol. 362, pp.161–174.
- Bezuglova O.A. (2004) *Preparaty na osnove guminovykh veshchestv*. M.: Agromir., pp. 210.
- Abdel-Razzak H.S., El-Sharkawy G.A. (2013) Effect of biofertilizer and humic acid applications on growth, yield, quality and storability of two garlic (*Allium sativum* L.) // *Asian J. Crop Sci.*, vol. 5, pp. 48–63.
- Ameri A., Tehranifar A. (2012) Effect of humic acid on nutrient uptake and physiological characteristic *Fragaria ananassa* var: Camarosa. // *J. Biol. Environ. Sci.* vol. 6, pp. 77–79.
- Atiyeh R.M., Lee S., Edwards C.A., Arancon N.Q., Metzger J.D. (2012) The influence of humic acids derived from earthworm-processed organic wastes on plant growth // *Bioresour. Technol.* vol 84, pp. 7–14.
- Boyhan G.E., Randle W.M., Purvis A.C., Lewis P.M., Torrance R.L., Curry D.E., Linton D.O. (2001) Evaluation of growth stimulants on short-day onions // *Hortic. Technol.* vol.11, pp.38–42.
- Busato J.G., Silva L.L., Aguiar N.O., Canellas L.P., Olivares F.L. (2012) Changes in labile phosphorus forms during maturation of vermicompost enriched with phosphorus-solubilizing and diazotrophic bacteria // *Bioresour. Technol.* vol. 110, pp. 390–395.
- Canellas L.P., Dantas D.J., Aguiar N.O., Peres L.E.P., Zsögön A., Olivares F.L., Facanha A.R., Nebbioso A., Piccolo A. (2011) Probing the hormonal activity of fractionated molecular humic components in tomato auxin mutants // *Ann. Appl. Biol.* vol. 159, pp. 202–211.
- Golubkov M.A., Chukov S.N. (2004) *vzaimosvyaz' strukturnykh parametrov i biosferykh funktsiy guminovykh veshchestv* // *Tez. dok. VII konf. «Dokuchayevskiye chteniya»*. SPb., SPbGU, pp.127-129.
- Biryukov MB. (2006) *Biologicheskoye deystviye guminovykh kislot i yego prostranstvennaya lokalizatsiya v pochve*. Avtoref. dis. kand. biol. nauk. M., pp.24.
- Kayyrbekov Zh., Yeshova ZH.T., Akbayeva D.N. (2012) *Optimizatsiya protsessa vydeleniya guminovykh kislot iz uglya Oikaragayskogo mestorozhdeniya* // *Vestnik KazNU. Ser.khim.* no 4, 79 pp .83.

- Buzoleva L.S., Sidorenko M.J.L. (2001) Vliyaniye organicheskogo veshchestva guminovykh kislot na razmnozheniye enterobakteriy // *Mikrobiol.* no 2, pp. 89-91.
- Demin V.V., Terent'yev V.A., Zavgorodnyaya YU.A. (2003) Mekhanizm deystviya guminovykh veshchestv na zhivyye kletki. / *Tez. dokl. 2 Mezhd. konf. «Guminovyye veshchestva v biosfere»*. M.: MGU, pp. 38.
- Lysak L.V., Dobrovol'skaya T. G., Skvortsova I.N. (2003) Metody otsenki bakterial'nogo raznoobraziya pochv i identifikatsiya pochvennykh bakteriy. M.: Maks-Press, pp.120.
- Charzyński P., Markiewicz M., Bednarek R., Świtoniak M., Technogenic soils in Cluj-Napoca. // *Technogenic Soils Atlas*. Polish Society of Soil Science, pp. 11-34.
- Enev V., Pospíšilová L., Klučáková M., Liptaj T., Doskočil L. (2014) Spectral characterization of selected humic substances // *Soil Water Res.* pp. 9-17.
- Huot H., Fauree P., Biache C., Lorgeoux C., Simonnot M.-O., Morel J.L. A. (2014) Technosol as archives of organic matter related to past industrial activities // *Sci. Total Environ.* vol. 487, pp. 389–398.
- Canellas L.P., Dobbss L.B., Oliveira A.L., Chagas J.G., Aguiar N.O., Rumjanek V.M., Novotny E.H., Olivares F.L., Spaccini R., Piccolo, A. (2012) Chemical properties of humic matter as related to induction of plant lateral roots // *Eur. J. Soil Sci.* vol.63, pp. 315–324.
- Canellas L.P., Zandonadi D.B., Busato J.G., Baldotto M.A., Simões M.L., Martin-Neto L. (2008) Bioactivity and chemical characteristics of humic acids from tropical soils sequence // *Soil Sci.* vol.173, pp. 624–637.
- Canellas L.P., Teixeira Junior L.R.L., Dobbss L.B., Silva C.A., Medici L.O., Zandonadi D.B., Facanha A.R. (2008) Humic acids cross interactions with root and organic acids // *Ann. Appl. Biol.* vol. 153, pp. 157–166.
- Dobbss L.B., Canellas L.P., Olivares F.L., Aguiar N.O., Peres L.E.P., Azevedo M., Spaccini R., Piccolo A., Facanha, A.R. (2010) Bioactivity of chemically transformed humic matter from vermicompost on plant root growth // *J. Agric. Food Chem.* vol. 58, pp. 3681–3688.
- Dumat C., Quenea K., Bermond A., Toinen S., Benedetti M. (2006) Study of the trace metal ion influence on the turnover of soil organic matter in cultivated contaminated soils // *Environ. Pollut.* vol. 142, pp. 521–529.
- Filip Z., Kubat J. (2003) Aerobic short-term microbial utilization and degradation of humic acids extracted from soils of long-term field experiments // *Eur. J. Soil Biol.* vol. 39, pp. 175-182.
- Nardi S., Pizzeghello D., Muscolo A., Vianello A. (2002) Physiological effects of humic substances on higher plants: review // *Soil Biol. Biochem.* vol. 34, pp. 11.
- Ivanov I.P., Gurevich Yu.L., Eremina AO, Golovina V.V. (2015) «Obtaining humic substances by aerobic bio-processing of a mixture of brown coal and sawdust of aspen wood» // *Journal of Siberian Federal University. Chemistry 1.* pp. 45-52.
- Ivanov I.P., Chesnokov N.V. (2015) «Use of binders based on sawdust and biomodified brown coal to produce fuel briquettes» // *Journal of Siberian Federal University. Chemistry 3.* pp. 430-438.
- Klein O.I., Kulikova N.A., Stepanova E.V., Filippova O.I. (2013) «Obtaining and characterization of biologically active products of solubilization of brown coal by basidiomycetes of white decay» // *Biotekhnolog.* pp. 65-73.
- Kuppusamy S., Thavamani P. (2016) «Isolation and characterization of polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs) degrading, pH tolerant, N-fixing and P-solubilizing novel bacteria from manufactured gas plant (MGP) site soils» // *Environmental Technology & Innovation.* pp. 214-219.
- Olsson G. (2000) «Battle will enhance organic sulfur removal» // *Bioprocess. Technol.* pp. 8-10.
- Monistrol I.F., Laborda F.L. (1994) «Liquefaction and/or solubilization of Spanish coals by newly isolated microorganisms» // *Fuel Processing Technology.* pp. 205-216.
- Cao HJ, Zhang Q.F., Li Y., Li J.Z. (2008) Slagging characteristic of 600MW boiler combusting with high water content lignite. *North China Electr Pow* pp. 30-35.

Литература

- Altieri M.A. Agroecology: the science of natural resource management for poor farmers in marginal environments // *Agric. Ecosyst. Environ.* – 2002. –Vol. 93, -P. 1–24.
- Aguiar N.O., Olivares F.L., Novotny E.H., Dobbss L.B., Martizez-Balmori D., Santos-Júnior L.G., Chagas J.G., Facanha A.R., Canellas L.P. Bioactivity of humic acids isolated from vermicomposts at different maturation stages // *Plant Soil.* – 2013, -Vol. 362, -P. 161–174.
- Безуглова О.А. Препараты на основе гуминовых веществ. М.: Агромир, -2004. –С.210.
- Abdel-Razzak H.S., El-Sharkawy G.A. Effect of biofertilizer and humic acid applications on growth, yield, quality and storability of two garlic (*Allium sativum* L.). // *Asian J. Crop Sci.* – 2013. – Vol.5, -P. 48–63.
- Ameri A., Tehranifar A. Effect of humic acid on nutrient uptake and physiological characteristic *Fragaria ananassa* var: Camarosa // *J. Biol. Environ. Sci.* – 2012. – Vol. 6, – P. 77–79.
- Atiyeh R.M., Lee S., Edwards C.A., Arancon N.Q., Metzger J.D., The influence of humic acids derived from earthworm-processed organic wastes on plant growth // *Bioresour. Technol.* – 2002. – Vol. 84, -P. 7–14.
- Boyhan G.E., Randle W.M., Purvis A.C., Lewis P.M., Torrance R.L., Curry D.E., Linton D.O. Evaluation of growth stimulants on short-day onions // *Hortic. Technol.* – 2001, – Vol. 11, – P. 38–42.
- Busato J.G., Silva L.L., Aguiar N.O., Canellas L.P., Olivares F.L. Changes in labile phosphorus forms during maturation of vermicompost enriched with phosphorus-solubilizing and diazotrophic bacteria // *Bioresour. Technol.* – 2012. –Vol. 110, – P. 390–395.

Canellas L.P., Dantas D.J., Aguiar N.O., Peres L.E.P., Zsögön A., Olivares F.L., Dobbss L.B., Facanha A.R., Nebbioso A., Piccolo A. Probing the hormonal activity of fractionated molecular humic components in tomato auxin mutants // *Ann. Appl. Biol.* – 2011. – Vol. 159, – P. 202–211.

Голубков М.А., Чуков С.Н. Взаимосвязь структурных параметров и биосферных функций гуминовых веществ // Тез. док. VII конф. «Докучаевские чтения». – СПб.: СПбГУ, 2004. – С. 127-129.

Бирюков МВ. Биологическое действие гуминовых кислот и его пространственная локализация в почве: Автореф. дис. канд. биол. наук. М., – 2006. – С. 24.

Кайырбеков Ж., Ешова Ж.Т., Акбаева Д.Н. Оптимизация процесса выделения гуминовых кислот из угля Ой-карагайского месторождения // *Вестник КазНУ. Сер.хим.* – 2012. – №4. – С. 83.

Бузолева Л.С., Сидоренко М.Л. Влияние органического вещества гуминовых кислот на размножение энтеробактерий // *Микробиол.* – 2001. № 2. – С. 89-91.

Демин В.В., Терентьев В.А., Загородняя Ю.А. Механизм действия гуминовых веществ на живые клетки / Тез. докл. 2 Межд. конф. «Гуминовые вещества в биосфере». – М.: МГУ, 2003. – С. 38.

Лысак Л.В., Добровольская Т. Г., Скворцова И.Н. Методы оценки бактериального разнообразия почв и идентификация почвенных бактерий. – М.: Мак-Пресс, 2003. – С.120.

Charzyński P., Markiewicz M., Bednarek R., Świtoniak M., Technogenic soils in Cluj-Napoca. // *Technogenic Soils Atlas. Polish Society of Soil Science.* – 2013. – P. 11-34.

Enev V., Pospíšilová L., Klučáková M., Liptaj T., Doskočil L. Spectral characterization of selected humic substances // *Soil Water Res.* – 2014. – P. 9 (1). – P. 9-17.

Huot H., Fauree P., Biache C., Lorgeoux C., Simonnot M.-O., Morel J.L. A Technosol as archives of organic matter related to past industrial activities. // *Sci. Total Environ.* – 2014. – Vol. 487, – P. 389–398.

Canellas L.P., Dobbss L.B., Oliveira A.L., Chagas J.G., Aguiar N.O., Rumjanek V.M., Novotny E.H., Olivares F.L., Spaccini R., Piccolo, A. Chemical properties of humic matter as related to induction of plant lateral roots // *Eur. J. Soil Sci.* – 2012. – Vol. 63, – P.315–324.

Canellas L.P., Zandonadi D.B., Busato J.G., Baldotto M.A., Simões M.L., Martin-Neto L. Bioactivity and chemical characteristics of humic acids from tropical soils sequence // *Soil Sci.* – 2008, -Vol. 173, – P. 624–637.

Canellas L.P., Teixeira Junior L.R.L., Dobbss L.B., Silva C.A., Medici L.O., Zandonadi D.B., Facanha A.R. Humic acids cross interactions with root and organic acids // *Ann. Appl. Biol.* – 2008. – Vol. 153, – P. 157–166.

Dobbss L.B., Canellas L.P., Olivares F.L., Aguiar N.O., Peres L.E.P., Azevedo M., Spaccini R., Piccolo A., Facanha, A.R. Bioactivity of chemically transformed humic matter from vermicompost on plant root growth // *J. Agric. Food Chem.* – 2010. – Vol. 58, – P. 3681–3688.

Dumat C., Quenea K., Bermond A., Toine S., Benedetti M. Study of the trace metal ion influence on the turnover of soil organic matter in cultivated contaminated soils // *Environ. Pollut.* – 2006. – Vol. 142. – P. 521–529.

Filip Z., Kubat J. Aerobic short-term microbial utilization and degradation of humic acids extracted from soils of long-term field experiments // *Eur. J. Soil Biol.* – 2003. – Vol.39. -P. 175-182.

Nardi S., Pizzeghello D., Muscolo A., Vianello A. Physiological effects of humic substances on higher plants: review // *Soil Biol. Biochem.* – 2002. -Vol. 34. –P-11.

Иванов И.П., Гуревич Ю.Л., Еремина А.О., Головина В.В. Получение гуминовых веществ аэробной биопереработкой смеси бурого угля и опилок древесины осины // *Journal of Siberian Federal University. Chemistry 1.* – 2015. – Vol. 8. – P. 45-52.

Иванов И.П., Чесноков Н.В. Использование связующих на основе древесных опилок и биомодифицированного бурого угля для получения топливных брикетов // *Journal of Siberian Federal University. Chemistry 3.* – 2015. – Vol. 8. – P. 430- 438.

Кляйн О.И., Куликова Н.А., Степанова Е.В., Филиппова О.И. Получение и характеристика биологически активных продуктов солубилизации бурого угля базидиальными грибами белой гнили // *Биотехнолог.* – 2013. – №4. – С. 65-73.

Kuppusamy S., Thavamani P. Isolation and characterization of polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs) degrading, pH tolerant, N-fixing and P-solubilizing novel bacteria from manufactured gas plant (MGP) site soils // *Environmental Technology & Innovation.* – 2016. – Vol. 6. – P. 2014-2019.

Olsson G. Battle will enhance organic sulfur removal // *Bioprocess. Technol.* – 2000. – Vol. 1. – P. 8-10.

Monistrol I.F., Laborda F.L. Liquefaction and/or solubilization of Spanish coals by newly isolated microorganisms // *Fuel Processing Technology.* – 1994. – Vol. 40. – P. 205-216.

Cao H.J., Zhang Q.F., Li Y., Li J.Z. Slagging characteristic of 600MW boiler combusting with high water content lignite. *North China Electr Pow* 2008; 3:30-4

**Ismailova E.T.¹, Sadanov A.K.², Shemshura O.N.³,
Iskandarova K.A.⁴, Sobiczewski P.⁵, Molzhigitova A.E.⁶**

¹candidate of agricultural sciences, senior researcher, e-mail: elya7506@mail.ru

²doctor of biological sciences, academician, e-mail: a.sadanov@inbox.ru

³candidate of biological sciences, senior researcher, e-mail: olgashemshura@mail.ru

⁴candidate of biological sciences, senior researcher, e-mail: iskandarova@inbox.ru

⁶PhD student, junior researcher, e-mail: assel.ermekkyzy@mail.ru Institute
of Microbiology and Virology, Kazakhstan, Almaty

⁵dr. hab., Professor Research Institute of Horticulture in Skierniewice,
Poland, Skierniewice, e-mail: piotr.sobiczewski@inhort.pl

ANTIBIOTIC ACTIVITY OF ACTINOMYCETES OF THE GENUS *STREPTOMYCES* AGAINST THE CAUSATIVE AGENT OF THE FIRE BLIGHT OF FRUIT CROPS

The article presents the study results of the antibiotic activity of extracts, culture liquids obtained from 20 different strains of actinomycetes of the genus *Streptomyces* isolated from different types of soils in the Almaty and Kostanai regions of Kazakhstan, against the causative agent of the *Erwinia amylovora* fire blight. It was found that the extracts of strains studied inhibited the growth of *Erwinia amylovora* to a greater or lesser extent. While the extracts of strains No. 7, 9 and 28 isolated from the sandy soil of Ili district of Almaty region possessing the greatest antibiotic activity. The growth inhibition zones of *Erwinia amylovora* as a result of their effect were 18.3 mm, 21.3 mm and 14.3 mm, respectively. In the variant with the reference product of the Russian production «Fitolavin», recommended for use against fire blight of fruit crops and taken for comparison, the average size of the growth inhibition zone of the causative agent of fire blight was 13.5 ± 0.29 mm, which is 1.57 times less, than in the case of using the extract of strain No. 9. These strains can later be used for the development of products intended for biocontrol over the spread of fire blight of fruit crops in Kazakhstan.

Key words: fruit crops, fire blight, actinomycetes, *Streptomyces*, extract, antibiotic activity, growth inhibition.

Исмаилова Э.Т.¹, Саданов А.К.², Шемшура О.Н.³,
Искандарова К.А.⁴, Собичевский П.⁵, Молжигитова А.Е.⁶

¹а.ш.ғ.к., аға ғылыми қызметкері, e-mail: elya7506@mail.ru

²б.ғ.д., академик, e-mail: a.sadanov@inbox.ru

³б.ғ.к., аға ғылыми қызметкері, e-mail: olgashemshura@mail.ru

⁴б.ғ.к., аға ғылыми қызметкері, e-mail: iskandarova@inbox.ru

⁶PhD-докторант, кіші ғылыми қызметкері, e-mail: assel.ermekkyzy@mail.ru

Микробиология және вирусология институты, Қазақстан, Алматы қ.

⁵хаб-т д., Бау-бақша ғылыми-зерттеу институты профессоры,
Польша, Скерневице қ., e-mail: piotr.sobiczewski@inhort.pl

Жеміс дақылдарының бактериялық күйік қоздырғышына қарсы *Streptomyces* туысына жататын актиномицеттердің антибиотикалық белсенділігі

Мақалада *Erwinia amylovora* бактериялық күйік қоздырғышына қарсы, Алматы және Қостанай облыстарының әр түрлі топырақ типтерінен бөлінген, *Streptomyces* туысына жататын актиномицеттердің 20 түрлі штамдарының культуральды сұйықтығынан алынған экстарктілерінің антибиотикалық белсенділігін зерттеу нәтижелері ұсынылып отыр. Зерттелініп жатқан штамдардың экстарктілері *Erwinia amylovora* культурасының өсуін біршама шектейді, бұл ретте

оның ішіндегі ең жоғарғы антибиотикалық белсенділік көрсеткен Алматы облысы, Іле ауданының құмды топырақтарынан бөлінген №7, 9 және 28 штамдарынан алынған экстрактілер екені анықталды. Экстрактілердің әсерінен *Erwinia amylovora* культурасының өсу зонасын шектеуі 18,3 мм, 21,3 мм және 14,3 мм құрады. Жеміс дақылдарында кездесетін бактериялық күйік қоздырғышына қарсы қолдануға ұсынылған Ресей өндірісінің «Фитолавин» препаратын эталон ретінде алып, салыстырмалы тәжірибелер жүргізіліп, келесі нәтижелер алынды. Бұл өнімнің көрсеткіші орташа есеппен бактериялық күйік қоздырғышының өсу зонасын шектеуі $13,5 \pm 0,29$ мм құрады, яғни №9 штамм экстрактісін пайдаланған жағдайдан 1,57 есе аз екені анықталды. Қазақстандағы жеміс дақылдарында кездесетін бактериялық күйік ауруының таралуына биологиялық бақылау жүргізу үшін, бөлініп алынған бұл штамдар жаңа отандық препараттардың негізі ретінде қолданылуы мүмкін.

Түйін сөздер: жеміс дақылдары, бактериялық күйік, актиномицеттер, *Streptomyces*, экстрактілер, антибиотикалық белсенділік, өсуін шектеу.

Исмаилова Э.Т.¹, Саданов А.К.², Шемшур О.Н.³,
Искандарова К.А.⁴, Собичевский П.⁵, Молжигитова А.Е.⁶

¹к.с-х.н., старший научный сотрудник, e-mail: elya7506@mail.ru

²д.б.н., академик, e-mail: a.sadanov@inbox.ru

³к.б.н., старший научный сотрудник, e-mail: olgashemshura@mail.ru

⁴к.б.н., старший научный сотрудник, e-mail: iskandarova@inbox.ru

⁶PhD-докторант, младший научный сотрудник, e-mail: assel.ermekkyzy@mail.ru

Института микробиологии и вирусологии, Казахстан, г. Алматы

⁵д. хаб-т, профессор Научно-исследовательского института садоводства,

Польша, г. Скерневице, e-mail: piotr.sobiczewski@inhort.pl

Антибиотическая активность актиномицетов рода *Streptomyces* в отношении возбудителя бактериального ожога плодовых культур

В статье представлены результаты исследования антибиотической активности экстрактов, культуральной жидкости, полученных из 20 различных штаммов актиномицетов рода *Streptomyces*, выделенных из различных типов почв Алматинской и Кустанайской областях Казахстана, в отношении возбудителя бактериального ожога *Erwinia amylovora*. Установлено, что экстракты исследуемых штаммов в той или иной мере подавляли рост возбудителя бактериального ожога *Erwinia amylovora*, при этом наибольшей антибиотической активностью обладали экстракты штаммов №7, 9 и 28, выделенные из песчаной почвы Илийского района Алматинской области. Зоны ингибирования роста *Erwinia amylovora* в результате их воздействия составили 18,3 мм, 21,3 мм и 14,3 мм соответственно. В варианте с эталонным препаратом российского производства «Фитолавин», рекомендуемым для применения против бактериального ожога плодовых культур и взятым для сравнения, средняя величина зоны ингибирования роста возбудителя бактериального ожога составила $13,5 \pm 0,29$ мм, что в 1,57 раза меньше, чем в случае использования экстракта штамма №9. Данные штаммы могут в дальнейшем быть использованы для разработки препаратов, предназначенных для биоконтроля за распространением бактериального ожога плодовых культур в Казахстане.

Ключевые слова: плодовые культуры, бактериальный ожог, актиномицеты, *Streptomyces*, экстракт, антибиотическая активность, ингибирование роста.

Introduction

Fire blight is considered one of the most dangerous diseases of fruit crops, which is common in many countries (Drenova 2013:56-57, Komardina 2016:66-71, Bobev 2016:22, Saygili 2016:34-35, Demchynska 2016:23-26, Sobiczewski 2010:69-76). The disease is caused by the bacterium *Erwinia amylovora* (Burrill) and affects both cultivated and wild-growing plants of the family Rosaceae and is one of the most dangerous diseases that cause enormous economic damage to fruit-growing. Its harmfulness is expressed in the reduction or total loss of

crops, the death of fruit trees, the costs of uprooting the dead and injured trees and the creation of a new garden. For the damage caused, the fire blight is more harmful than the all fruit crops diseases combined. The disease manifests itself as follows: in the spring – the flowers that have just blossomed suddenly fade, darken and dry out. Darken, starting from the edge of the leaf blade, and the leaves are folded. Flowers and leaves change color to beige, light brown, reddish brown, dark brown or even black, depending on the species and variety of the plant. Affected flowers and leaves do not fall off, they remain on the branches for a long

time, and this resembles trees scorched after a fire. On the branches and trunks appear ulcers, the size of which depends on the age of the trees and the disease development period. A characteristic sign of the disease is also the formation of hook-like bends by young shoots. The dried hook-shaped shoots stay on the tree for a while. In highly contaminated gardens, the causative agent of the disease can affect from 20 to 50%, in some cases up to 100% of trees, some of which completely die (Isin 2016:107-112, M. Awais Khan 2012:247-260, Lewandowski 2014:493-498). During the growing season, bacterial leakage with a viscous consistency can appear on all infected organs: initially gray-white, then yellowed and finally takes amber color. The leakage occurrence is an exceptional feature of a fire blight.

Until recently, there was no disease in Kazakhstan, but in 2006 the first lesions of fire blight were recorded on the apple tree in Enbekshikazakh district of Almaty region. To date, lesions with a fire blight have been found in all cultivation areas of fruit crops in Almaty, Zhambyl and South Kazakhstan regions. Due to the high harmfulness, the causative agent of fire blight classified as quarantine objects. Under favorable conditions for the disease development from infection to the complete death of the tree, it can take just a few weeks. The pathogen affects all parts of plants. The most affected to infection are flowers, young (fresh) shoots and young sets of fruit crops. (Ajnabekov 2016:35-36, Drenova 2013:38-48).

To date there are no effective measures against this disease. Previously existing chemical methods are used to reduce the infection development and prevent new infections. Modern fungicides, except for copper-bearing ones, do not affect the causative agent of the blight. In the literature concerning preventive control measures, it is proposed to spray trees with a 0.5-1% Bordeaux mixture, or 0.3% copper oxychloride at the beginning of budding, before flowering and immediately after it, and after harvesting (Kopzhasarov 2016:174-178, Popov 2003:208). Regular spraying of copper-containing mixtures in orchards in the Washington and California states led to mutations of *E. amylovora* bacteria, which resulted in its varieties resistant to this protection method (Sundin 2016:126-130).

The most effective method of protecting plants in the lesions of infection spread is the use of streptomycetes cultures and antibiotics during the flowering period. The most popular is streptomycin, which is used in the United States, Israel, New Zealand and other countries. The efficacy of the antibiotic

drugs used to inhibit the *E. amylovora* bacterium ranges from 90 to 95% (Doolotkeldieva 2016:831-851, Stockwell 1996:834-840, Norelli 2003:756-765, Jurgens 2016:156-162, Srdan G. Ćimović 2015:16, McGhee 2011:192-204, Russo 2008:714-718, Fried 2013:55-56). The prospects for preventing a fire blight are created by biological preparations based on antagonistic bacteria, mainly from the genera *Pseudomonas* and *Pantoea*. In some countries, such products are already available for use during flowering of apple and pear. At present, an integrated system is proposed to prevent the disease, covering various methods – covering various methods, from chemical-biological to agrotechnical (Sobiczewski 2011:6-13, Ozaktan 2016:162-168, Stockwell 2007:244-249, Mikiciński 2016:531-539, Mikiciński 2016:265-276).

In this regard, the search for new strains of microorganisms that have an inhibitory effect on the growth of the causative agent of *E. amylovora* fire blight, the subsequent creation on their basis of new biological preparations and the development of technology for their use in production is very relevant for Kazakhstan.

Based on the above-mentioned, the purpose of our studies was to screen the extracts of the culture liquid obtained from their various strains of actinomycetes of the genus *Streptomyces* relating to antibiotic activity against the causative agent of fire blight of fruit crops.

Materials and methods

The study objects were 20 strains of actinomycetes of the genus *Streptomyces*, isolated from various soil types (sandy, solonchak, takyr-like, meadow) of Ili & Bakanas districts of Almaty region and Mendykara district of Kostanai region of Kazakhstan.

A test culture was the causative agent of the fire blight *E. amylovora* of the fruit crops. The strain of this bacterium was isolated in a pure culture from the apple fruit of the variety «Zarya Alatau», which grows in Karasai district of Almaty region. To determine pathogenicity, unripe pear fruits were inoculated with a suspension of *E. amylovora* cells in saline (10^9 cells/ml). The pear fruit was placed in a humidity chamber for 5 days at 25 °C. The test results were considered positive for the development of symptoms of plant tissue necrosis and the isolation of milky white exudates in the inoculation area (White's test).

E. amylovora bacteria were identified according to the Bergey's Manual (J. Hoult 1997:432) and PCR

analysis by using specific primers to the *Erwinia amylovora* hrpN gene.

To obtain an antibiotic complex, strains of actinomycetes of the genus *Streptomyces* were cultured by the «poured plate» method.

Poured plate culturing of strains was carried out in two stages. The vegetative inoculum was grown in Erlenmeyer's flasks on an orbital shaker at a temperature 28°C for 48 hours. The inoculum amount, used to inoculate the inoculum, was 1%, the inoculum amount necessary for inoculating the fermentation medium was 3%. Fermentation was carried out on medium A₄ on an orbital shaker at a temperature 28°C for 96 hours. The titer of the resulting microbial suspension was 2.7×10^8 CFU/ml.

Composition of medium A₄ (g/L): Soya flour =10; Glucose=10; NaCl=5.0; CaCO₃=1; Distilled water =1; pH =7.2-7.4.

The culture fluid was separated from the mycelium by centrifugation at 2000 rpm for 20 minutes. From the culture liquid, the antibiotic complex was extracted with n-butanol in a 3:1 ratio at pH 7.0. The extraction was carried out by stirring with a magnetic stirrer for an hour, then the extract was separated by a separating funnel, filtered and concentrated in vacuum to a dry residue on an «IKA RV 10 basic» rotor, the resulting antibiotic complex was dissolved in 70% ethanol.

Antibiotic activity of extracts against *E. amylovora* was studied *in vitro* by the method of placing sterile paper disks, 8mm in diameter, impregnated with extracts of various strains of actinomycetes of the genus *Streptomyces* on the surface of the nutrient/growth medium (fish-peptone agar), with the previously cultured test culture (Egorov 2004:528, Mounyr Balouiri 2016:71-79).

The reference was Fitolavin (Russia) recommended in Kazakhstan to prevent fire blight of fruit crops and is a complex of streptotricin antibiotics with a flow rate = 20ml per 10 liters of water. And the control was paper disks soaked in 70% ethanol were used.

The antagonistic activity degree of the tested strains extracts of actinomycetes was determined by the size of the growth inhibition zone of the test strain around the paper disks. A positive result was taken into account by the appearance around the filter paper disc of the *E. amylovora* culture on-growth zone. Replication of the test was 5-fold.

The study's results were statistically processed by using the «Statistica» software for Statistica for Windows 9.0 (StatSoft Inc., Tulsa, OK, USA).

Results and discussion

From milky white exudate of the affected apple fruit of the variety «Zarya Alatau» to the nutrient medium, were isolated round, small, smooth, with even edges, white, shiny, oily consistencies of the colony of *E. amylovora* bacteria (Figure 1), which were then isolated after a series of passages in a pure culture.

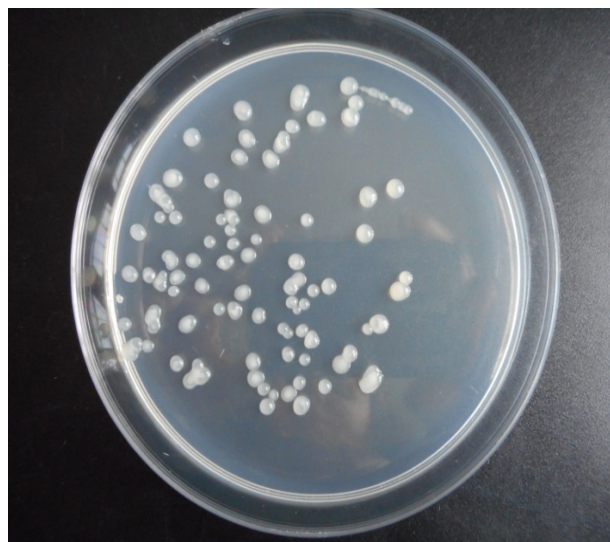


Figure 1 – Colonies of *E. amylovora* bacteria on a nutrient medium

When infected with *E. amylovora* monoculture, on the pear slices, there are drops of milky white exudate has already appeared on the second day. The exudate amount increased in the following days, which indicated the pathogenicity of bacteria isolated from the affected apple fruits.

Based on these data, the isolates were identified as phytopathogen bacteria *Erwinia amylovora*. The result was fully confirmed by PCR and using specific primers to the *Erwinia amylovora* hrpN gene.

In the course of studies relating to the antibiotic activity of extracts of various strains of actinomycetes against *E. amylovora* bacteria, it was established that of the 20 extracts analyzed, 8 extracts inhibited the growth of the fire blight pathogen to a greater or lesser extent (Table 1, Figure 2).

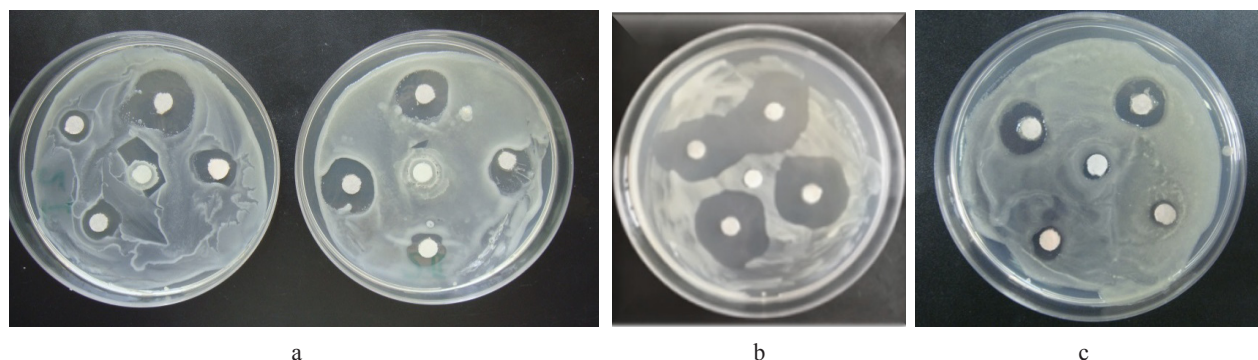
Growth absence zones are ranged from 10.8 ± 0.75 mm (strain 3/2) to 21.3 ± 1.9 mm (strain 9). The maximum growth inhibition zone of the *E. amylovora* bacterium (21.3 ± 1.9 mm) was found in strain No. 9 isolated from the sandy soil of Ili district of the Almaty region. Growth

inhibition zones of fire blight in the case of using extracts of strains No. 7 and 28 were less than in the variant with the extract of strain No. 9 by 3.0 and 6.7mm, respectively. Antibiotic activity of extracts of strains N_{10 ккж}, 22T_и, 17T₆N1, K_{Зж} and 3/2 was weaker in comparison with the activity of «Fitolavin» preparation (Model). In the remaining 10 strains, the growth inhibitor zones of *E. amylovora* fire blight were absent. Of the eight

strains whose extracts showed antibiotic activity, four strains were isolated from sandy soils, two – from solonchak soils in Ili district of Almaty region and two strains – from the takyr-like soils of Bakanas district of Almaty region. Antibiotic activity of ethanol extracts obtained from strains isolated from meadow soils of Mendikara district of Kostanai region in relation to the causative agent of fire blight *E. amylovora* was absent.

Table 1 – Inhibitory effect of extracts of the investigated strains of actinomycetes of the genus *Streptomyces* against the causative agent of fire blight *E. amylovora*

No.	Strain number	Soil type from which the strain was isolated	Location of soil sample	Diameter of <i>E. amylovora</i> growth inhibition zone, mm	Retention period of <i>E. amylovora</i> growth inhibition zone, days
1	2	3	4	5	6
1	7	sandy	Almaty region, Ili district	18.3±2.1	23±1.5
2	KZ	takyр-like	Almaty region, Bakanas district	0	0
3	9	sandy	Almaty region, Ili district	21.3±1.9	30±1.8
4	K7NA	sandy	Almaty region, Bakanas district	0	0
5	28	sandy	Almaty region, Ili district	14.3±1.6	20±1.3
6	12	meadow	Kostanai region, Mendikara district	0	0
7	K7	meadow	Kostanai region, Mendikara district	0	0
8	N _{10 ккж}	takyр-like	Almaty region, Bakanas district	12.0±1.5	15±1.9
9	K2N3	sandy	Almaty region, Ili district	0	0
10	T1	takyр-like	Almaty region, Bakanas district	0	0
11	T2	takyр-like	Almaty region, Bakanas district	0	0
12	N12	meadow	Kostanai region, Mendikara district	0	0
13	N14	meadow	Kostanai region, Mendikara district	0	0
14	N22	meadow	Kostanai region, Mendikara district	0	0
15	N23	meadow	Kostanai region, Mendikara district	0	0
16	N37	meadow	Kostanai region, Mendikara district	0	0
17	22T _и	solonchak	Almaty region, Ili district	10.9±1.1	12±0.75
18	17T ₆ N 1	takyр-like	Almaty region, Bakanas district	11.0±1.3	11±1.2
19	K _{Зж}	sandy	Almaty region, Ili district	11.3±1.3	10±1.6
20	3/2	solonchak	Almaty region, Ili district	10.8±0.75	7±1.8
21	Model «Fitolavin» (Russia)	-		13.5±0.29	13±1.9
22	Control (70% ethanol)	-		0	0



a – No 7, b- No 9, c–No 28; Control (70% ethanol) in the center of the cup
Figure 2 – Growth inhibition zones of the pathogen of fire blight with the use of extracts of actinomycetes



Figure 3 – Growth inhibition zones of fire blight agent when using preparation «Fitolavin» (control in the center)

In the variant with the reference preparation «Fitolavin», the average size of the growth

inhibition zone of the causative agent of the fire blight was $13.5 \pm 0.29\text{mm}$ (Figure 3), which is 1.57 times less than in case of using the extract of strain No. 9. In the control variant, where 70% ethyl alcohol was used, the pathogen inhibition zone was completely absent.

Thus, the conducted studies have shown the prospects of using actinomycetes of the genus *Streptomyces* as producers of the growth inhibitor of the causative agent of fire blight of fruit crops. The antibiotic complexes from the strains No 9, 7 and 28, selected in the course of the study, can be further used for the development of preparations intended for biocontrol over the spread of fire blight of fruit crops in Kazakhstan.

Литература

- Дренова Н.В., Мазурин Е.С., Шероколава Н.А., Приходько Ю.Н. Распространенность бактериального ожога плодовых в Российской Федерации и совершенствование методов его диагностики // *Растениеводство* // Foresight-Russia. – 2013. – №3. (9). – С. 56-57.
- Комардина В.С. Распространение бактериального ожога в Беларуси и мероприятия по ограничению // *Материалы Международного Научно-практического семинара «Бактериальный ожог плодовых культур: Экологические аспекты и меры контроля»* // Foresight-Russia. – 2016. – С.66-71.
- Bobev S.G., Maes M., Crepel C., Van J.V., Llop P., Lopez M. Fire blight in Bulgaria: An overview // *Proceedings of the International Workshop «Fire Blight: With special reference to ecological aspects and control measures»*. – 2016. – P.22.
- Saygili H., Aysan Y., Evrenosoglu Y., Horuz S., Aktepe B.P., Mirik M. Past, Present and future status of fire blight disease in Turkey // *Proceedings of the International Workshop «Fire Blight: With special reference to ecological aspects and control measures»*. – 2016. – P.34-35.
- Demchynska M.I., Demchynskyy O.V., Drosda V.F. Fire blight in Ukraine: Distribution and development of the disease susceptibility of some cultivars // *Proceedings of the International Workshop «Fire Blight: With special reference to ecological aspects and control measures»*. – 2016. – P.23-26.
- Sobiczewski P., Puławska J. Report 12th International Workshop on Fire Blight, Warsaw, Poland // *Phytopathologia*. – 2010. – Vol. 58. – P. 69-76.
- Исин М.М., Джаймурзина А.А., Джуманова Ж.К., Копжасаров Б.К., Солтанбеков С.С. Симптомогенез и патогенез бактериального ожога на яблоне в условиях Казахстана // *Материалы Международного Научно-практического семинара «Бактериальный ожог плодовых культур: Экологические аспекты и меры контроля»* Foresight-Russia. – 2016. – С.107-112.
- M. Awais Khan, Youfu (Frank) Zhao, Schuyler S. Korban Molecular Mechanisms of Pathogenesis and Resistance to the Bacterial Pathogen *Erwinia amylovora*, Causal Agent of Fire Blight Disease in Rosaceae. – 2012. – Vol. 30. – Issue 2 – P. 247–260.
- Lewandowski M., Sobiczewski P., Żurawicz E., Mikiciński A. Susceptibility of Selected Apple Rootstocks to Fire Blight Caused by *Erwinia amylovora* // *Acta Horticulture*. – 2014. – No 1058. – P. 493-498.

Айнабеков Е.Т., Есеноманова Б.М., Токмурзина З.Х. Мониторинг бактериального ожога плодовых культур в Казахстане //Материалы Международного Научно-практического семинара «Бактериальный ожог плодовых культур: Экологические аспекты и меры контроля». Foresight-Russia. – 2016. – С.35-38.

Дренова Н.В., Исин М.М., Джаймурзина А.А., Айткулов А.К., Жармухамедова Г.А. Бактериальный ожог в республике Казахстан. Bacterial fire blight in the Republic of Kazakhstan. // Статья опубликована на русском и английском языках. Карантин растений. Наука и практика. Foresight-Russia. – 2013. – №193. – С. 38-48.

Копжасаров Б.К., Исин М.М., Дуйсембеков Б.А., Джуманова Ж.К., Умиралиева Ж.З., Солтанбеков С.С., Сарбасова А.М. Эффективность схем обработок медьсодержащими фунгицидами против бактериального ожога //Материалы Международного Научно-практического семинара «Бактериальный ожог плодовых культур: Экологические аспекты и меры контроля». – Алматы: Foresight-Russia, 2016. – С.174-178.

Попов С.Я., Дорожкина Л.А., Калинин В.А., Попов С.Я. Основы химической защиты растений. – М.: Арт-Лион, Foresight-Russia, 2003. – 208 с.

Sundin G.W. Management of fire blight in humid climates in the U.S.A. // Proceedings of the International Workshop «Fire Blight: With special reference to ecological aspects and control measures». – 2016. – P.126-130.

Doolotkeldieva T., Bobusheva S.L. Fire Blight Disease Caused by *Erwinia amylovora* on Rosaceae Plants in Kyrgyzstan and Biological Agents to Control This Disease// *Advances in Microbiology*. – 2016. – No 6. – P.831-851.

Stockwell V.O., Johnson K.B., Loper J.E. Compatibility of bacterial antagonists of *Erwinia amylovora* with antibiotics used to control fire blight // *Phytopathology*. – 1996. – No 86. – P.834-840.

Norelli J.L., Jones A.L., Aldwinckle H.S. Fire blight management in the twenty-first century: using new technologies that enhance host resistance in apple// *Plant Dis*. – 2003. – No 87. – P.756–765.

Jurgens A.G., Babadoost M. Sensitivity of *Erwinia amylovora* in Illinois apple orchards to antibiotics and copper // Proceedings of the International Workshop «Fire Blight: With special reference to ecological aspects and control measures». – 2016. – P.156-162.

Srdan G. Acimović, Quan Zeng, Gayle C. McGhee, George W. Sundin, John C. Wise Control of fire blight (*Erwinia amylovora*) on apple trees with trunk-injected plant resistance inducers and antibiotics and assessment of induction of pathogenesis-related protein genes//*Front Plant Sci*. – 2015. – No 6. – 16 p.

McGhee G.C., Sundin G.W. Evaluation of kasugamycin for fire blight management, effect on nontarget bacteria, and assessment of kasugamycin resistance potential in *Erwinia amylovora*//*Phytopathology*-101. – 2011. -P.192-204.

Russo N.L., Burr T.J., Breth D.I., Aldwinckle H.S. Isolation of streptomycin resistant isolates of *Erwinia amylovora* in New York//*Plant Dis*. – 2008. – No 92. – P.714-718.

Fried A., Schell E., Moltman E., Wensing A. Control of fire blight in Baden-Württemberg at the end of the streptomycin era// *ActaHorticulturae*. – 2013. – No 1056. – P. 55– 56.

Sobiczewski P. Integrated management of fire blight (*Erwinia amylovora*) on apple and pear. *Rasteniévüdni nauki//Plant science*, Bulgaria. – 2011. – No 48. – P. 6-13

Ozaktan H., Akkopru A., Aslan E., Ilhan K. Biocontrol studies of fire blight on apple orchards in Turkey // Proceedings of the International Workshop «Fire Blight: With special reference to ecological aspects and control measures». – 2016. – P. 162-168.

Stockwell V.O., Stack J.P. Using *Pseudomonas* spp. for integrated biological control// *Phytopathology*. – 2007. – No 97. – P. 244– 249.

Mikiciński A., Sobiczewski P., Berczyński S. Selection of epiphytic bacteria for ability to control fire blight (*Erwinia amylovora*) // *Phytopathologia Polonica*. – 2008. – No 47- P. 43-55.

Mikiciński A., Sobiczewski P., Puławska J., Malusa E. Antagonistic potential of *Pseudomonas graminis*49M against *Erwinia amylovora*, the causal agent of fire blight// *Archive of Microbiology*. – 2016. – Vol. 198, Issue 6. – P. 531-539.

Mikiciński A., Sobiczewski P., Puławska J., Maciorowski R. Control of fire blight (*Erwinia amylovora*) by a novel strain 49M of *Pseudomonas graminis* from the phyllosphere of apple (*Malus spp.*)// *Eur J Plant Pathol*. – 2016. – No 145. – P.265–276.

Дж. Хоулт и др. Определитель бактерий Берджи. Пер. с англ. // Издание 9-е. – Foresight-Russia. – 1997. – Т.1. – 432 с.

Егоров Н.С. Основы учения об антибиотиках. – М.: Изд-во МГУ // Foresight-Russia, 2004. – 528 с.

Mounyr Balouiri, Moulay Sadiki, Saad Koraiichi Ibsouda Methods for in vitro evaluating antimicrobial activity: A review // *Journal of Pharmaceutical Analysis*. – 2016. – No 6. – P.71–79.

References

Drenova N.V., Mazurin E.S., Sherokolova N.A., Prikhodko Y.N. (2013) Rasprostranennost bakterialnogo ozhoga plodovyh v Rossijskoj Federacii i sovershenstvovanie metodov ego diagnostiki [Prevalence of fire blight of fruit crops in the Russian Federation and improvement of methods for its diagnosis]. *Rasteniévodstvo*. Foresight-Russia, no 3 (9), pp. 56-57.

Komardina V.S. (2016) Rasprostranenie bakterialnogo ozhoga v Belarusi i meroprijatija po ogranicheniju [Spread of fire blight in Belarus and measures to limit]. *Materiály mezhdunarodnogo nauchno-prakticheskogo seminará «Bakterialnyj ozhog plodovyh kultur: Ekologicheskie aspekty i mery kontrolja»*. Foresight-Russia, pp. 66-71.

Bobev S.G., Maes M., Crepel C., Van J.V., Llop P., Lopez M. (2016) Fire blight in Bulgaria: An overview. *Proceedings of the International Workshop «Fire Blight: With special reference to ecological aspects and control measures»*, p. 22.

Saygili H., AysanY., Evrenosoglu Y., Horuz S., Aktepe B.P., Mirik M. (2016) Past, Present and future status of fire blight disease in Turkey. *Proceedings of the International Workshop «Fire Blight: With special reference to ecological aspects and control measures»*, pp. 34-35.

Demchynska M.I., Demchynskyy O.V., Drosda V.F. (2016) Fire blight in Ukraine: Distribution and development of the disease susceptibility of some cultivars. *Proceedings of the International Workshop «Fire Blight: With special reference to ecological aspects and control measures»*, pp. 23-26.

- Sobiczewski P., Puławska J. (2010) Report 12th International Workshop on Fire Blight, Warsaw, Poland. *Phytopathologia*, vol. 58, pp. 69-76.
- Isin M.M., Dzhajmurzina A.A., Dzhumanova Z.K., Kopzhasarov B.K., Soltanbekov S.S. (2016) Simptomogenez i patogenez bakterialnogo ozhoga na jablone v uslovijah Kazahstana [Symptom genesis and pathogenesis of fire blight on apple tree in Kazakhstan conditions]. *Materialy Mezhdunarodnogo Nauchno-prakticheskogo seminaru «Bakterialnyj ozhog plodovyh kultur: Ekologicheskie aspekty i mery kontrolja»*. Foresight-Russia, pp. 107-112.
- M. Awais Khan, Youfu (Frank) Zhao, Schuyler S. Korban (2012) Molecular mechanisms of pathogenesis and resistance to the bacterial pathogen *Erwinia amylovora*. *Causal Agent of Fire Blight Disease in Rosaceae*, vol. 30, issue 2, pp. 247-260.
- Lewandowski M., Sobiczewski P., Żurawicz E., Mikiciński A. (2014) Susceptibility of selected apple rootstocks to fire blight caused by *Erwinia amylovora*. *Acta Horticulture*, no 1058, pp. 493-498.
- Ajnabekov E.T., Esenomanova B.M., Tokmurzina Z.K. (2016) Monitoring bakterialnogo ozhoga plodovyh kultur v Kazahstane [Monitoring of fire blight of fruit crops in Kazakhstan]. *Materialy Mezhdunarodnogo Nauchno-prakticheskogo seminaru «Bakterialnyj ozhog plodovyh kul'tur: Ekologicheskie aspekty i mery kontrolja»*. Foresight-Russia, pp. 35-38.
- Drenova N.V., Isin M.M., Dzhajmurzina A.A., Ajtkulov A.K., Zharmukhamedova G.A. (2013) Bakterialnyj ozhog v respublike Kazahstan [Bacterial fire blight in the Republic of Kazakhstan]. The article is published in Russian and English. *Karantin rastenij. Nauka i praktika*. Foresight-Russia, no 193, pp. 38-48.
- Kopzhasarov B.K., Isin M.M., Dujsembekov B.A., Dzhumanova Z.K., Umiralieva Z.Z., Soltabekov S.S., Sarbasova A.M. (2016) Effektivnost shem obrabotok medsoderzhashimi fungicidami protiv bakterialnogo ozhoga [Efficiency of treatment schemes for copper-containing fungicides against fire blight]. *Materialy Mezhdunarodnogo Nauchno-prakticheskogo seminaru «Bakterialnyj ozhog plodovyh kul'tur: Ekologicheskie aspekty i mery kontrolja»*. Foresight-Russia, pp. 174-178.
- Popov S.Y., Dorozhkina L.A., Kalinin V.A., Popov S.Y. (2003) *Osnovy himicheskoy zashhity rastenij* [Fundamentals of chemical plant protection]. M.: Art-Lyon. Foresight-Russia, p. 208.
- Sundin G.W. (2016) Management of fire blight in humid climates in the U.S.A. *Proceedings of the International Workshop «Fire Blight: With special reference to ecological aspects and control measures»*, pp. 126-130.
- Doolotkeldieva T., Bobusheva S. (2016) Fire blight disease caused by *Erwinia amylovora* on Rosaceae plants in Kyrgyzstan and Biological agents to control This Disease. *Advances in Microbiology*, no 6, pp. 831-851.
- Stockwell V.O., Johnson K.B., Loper J.E. (1996) Compatibility of bacterial antagonists of *Erwinia amylovora* with antibiotics used to control fire blight. *Phytopathology*, no 86, pp. 834-840.
- Norelli J.L., Jones A.L., Aldwinckle H.S. (2003) Fire blight management in the twenty-first century: using new technologies that enhance host resistance in apple. *Plant Dis*, no 87, pp. 756-765.
- Jurgens A.G., Babadoost M. (2016) Sensitivity of *Erwinia amylovora* in Illinois apple orchards to antibiotics and copper. *Proceedings of the International Workshop «Fire Blight: With special reference to ecological aspects and control measures»*, pp. 156-162.
- Srdan G. Ćimović, Quan Zeng, Gayle C. McGhee, George W. Sundin, John C. (2015) Wise Control of fire blight (*Erwinia amylovora*) on apple trees with trunk-injected plant resistance inducers and antibiotics and assessment of induction of pathogenesis-related protein genes. *Front Plant Sci.*, no 6, p.16.
- McGhee G.C., Sundin G.W. (2011) Evaluation of kasugamycin for fire blight management, effect on nontarget bacteria, and assessment of kasugamycin resistance potential in *Erwinia amylovora*. *Phytopathology* 101, pp. 192-204.
- Russo N.L., Burr T.J., Breth D.I., Aldwinckle H.S. (2008) Isolation of streptomycin resistant isolates of *Erwinia amylovora* in New York. *Plant Dis.*, no 92, pp. 714-718.
- Fried A., Schell E., Moltman E., Wensing A. (2013). Control of fire blight in Baden-Württemberg at the end of the streptomycin era. *Acta Horticulturae*, no 1056, pp. 55-56.
- Sobiczewski P. (2011) Integrated management of fire blight (*Erwinia amylovora*) on apple and pear. *Rasteniievüdni nauki. Plant science*, Bułgaria, no 48, pp. 6-13.
- Ozaktan H., Akkopru A., Aslan E., İlhan K. (Almaty, 2016) Biocontrol studies of fire blight on apple orchards in Turkey. *Proceedings of the International Workshop «Fire Blight: With special reference to ecological aspects and control measures»*, pp. 162-168.
- Stockwell V.O., Stack J.P. (2007) Using *Pseudomonas* spp. for integrated biological control // *Phytopathology*, no 97, pp. 244-249.
- Mikiciński A., Sobiczewski P., Berczyński S. (2008) Selection of epiphytic bacteria for ability to control fire blight (*Erwinia amylovora*). *Phytopathologia Polonica*, no.47, pp.43-55.
- Mikiciński A., Sobiczewski P., Puławska J., Malusa E. (2016) Antagonistic potential of *Pseudomonas graminis* 49M against *Erwinia amylovora*, the causal agent of fire blight. *Archive of Microbiology*, vol. 198, issue 6, pp. 531-539.
- Mikiciński A., Sobiczewski P., Puławska J., Maciorowski R. (2016) Control of fire blight (*Erwinia amylovora*) by a novel strain 49M of *Pseudomonas graminis* from the phyllosphere of apple (*Malus* spp.). *Eur J Plant Pathol.*, no 145, pp. 265-276.
- J. Hoult i dr. (1997) *Opređitel bakterij Berdzhii*. Per. s angl. [Bergey's Manual]. Izdanie 9-e. Foresight-Russia, vol. 1, p. 432
- Egorov N.S. (2004) *Osnovy uchenija ob antibiotikah* [Fundamentals of the Doctrine of Antibiotics]. M.: Izd-vo MGU. Foresight-Russia, p.528.
- Mounyr Balouiri, Moulay Sadiki, Saad Koraichi Ibsouda (2016) Methods for in vitro evaluating antimicrobial activity: A review *Journal of Pharmaceutical Analysis*, no 6, pp. 71-79.

**Акмуханова Н.Р.¹, Заядан Б.К.², Садвакасова А.К.³,
Бауенова М.О.⁴, Кирбаева Д.К.⁵, Карабекова А.Н.⁶**

¹к.б.н., и.о. доцента, e-mail: akmukhanova.nurziya@gmail.com

²д.б.н., профессор, e-mail: zbolatkhan@gmail.com

³к.б.н., доцент, e-mail: asem182010@gmail.com

⁴PhD-докторант, e-mail: bauyen.meruyert@gmail.com

⁵к.б.н., и.о. доцента, e-mail: kk.dariga@gmail.com

⁶PhD-докторант, e-mail: aizhan.karabekova@gmail.com

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

АЛЬГОФЛОРА И БИОЛОГИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА КОЛЬСАЙСКИХ ОЗЁР

В статье изучена альгофлора Кольсайских озер и дана биологическая оценка их состоянию методом биоиндикации. В составе альгофлоры исследуемых озер обнаружено 124 вида из 6 отделов микроводорослей. Наибольшее количество видов (72) зарегистрировано в первом Кольсайском озере, в том числе диатомовых – 41, зеленых – 19, синезеленых – 12 видов. В составе альгофлоры второго озера Мынжолки обнаружено 52 вида, относящихся к четырем отделам: Bacillariophyta – 24 вида, Cyanophyta – 9, Chlorophyta – 14, Dinophyta – 5. Наиболее многочисленными и разнообразными в видовом отношении являются диатомовые водоросли (Bacillariophyta), отдел представлен 14 родами и 7 семействами. В Верхнем Кольсае отмечено сравнительно меньшее видовое разнообразие – 45 видов, относящиеся к 5 отделам, 10 классам, 13 порядкам. При этом наибольшим количеством видов представлен также отдел диатомовых водорослей, всего обнаружен 31 вид. Установлено, что видовое богатство водорослей Кольсайских озер колеблется в зависимости от расположения исследуемых мест. Так, видовой состав водорослей характеризуется сравнительно высоким разнообразием в Нижнем Кольсайском озере, расположенной на высоте 1818 м над уровнем моря. Анализ индикаторно-сапробных видов Кольсайских озер свидетельствует об отсутствии в них признаков загрязнений. Показатели чистых вод – олигосапробы здесь были наиболее многочисленны. Индексы сапробности колеблются в пределах 1,15-1,5, что соответствует олигосапробным условиям среды.

Ключевые слова: альгофлора микроводорослей, биоиндикация, индекс сапробности.

**Akmukhanova N.R.¹, Zayadan B.K.², Sadvakasova A.K.³,
Bauyenova M.O.⁴, Kirbaeva D.K.⁵, Karabekova A.N.⁶**

¹Candidate of Biological Sciences, asting. associate professor, e-mail: akmukhanova.nurziya@gmail.com

²Doctor of Biological Sciences, professor, e-mail: zbolatkhan@gmail.com

³Candidate of Biological Sciences, asting. associate professor, e-mail: asem182010@gmail.com

⁴PhD student, e-mail: bauyen.meruyert@gmail.com

⁵Candidate of Biological Sciences, asting. associate professor, e-mail: kk.dariga@gmail.com

⁶PhD student, e-mail: aizhan.karabekova@gmail.com

al-Farabi Kazakh National University, Kazakhstan, Almaty

Algal flora and biological assessment of Kolsai lakes

The article studies the algal flora of Kolsai lakes and provides a biological assessment of their state by the bioindication method. There are 124 species from 6 microalgae divisions were found in the algal flora of investigated lakes. The greatest number of species (72) is recorded in the first Kolsai lake, including diatoms – 41 species, green – 19 species and blue-green – 12. In the composition of second

Mynzholka Lake's algal flora, there are 52 species belonging to four divisions: Bacillariophyta – 24 species, Cyanophyta – 9 species, Chlorophyta – 14 species and Dinophyta – 5 species were identified. The most numerous and diverse in a specific respect are the diatoms (Bacillariophyta), the division is represented by 14 genera and 7 families. In the Upper Kolsai there is a relatively smaller species diversity – 45 species belonging to 5 divisions, 10 classes, 13 orders. At the same time, the largest number of species is also represented by the diatom algae division, totally 31 species were found. It is established that the species richness of Kolsai lakes' algae varies depending on the location of the studied places, so the algal species' composition characterized by relatively high diversity in the Lower Kolsai Lake, located at the altitude 1818 m above sea level. Analysis of indicator-saprobic species of Kolsai lakes testify to the absence of signs of contamination in them. Indicators of pure water – oligosaprobic here were the most numerous. The index of saprobity fluctuate within 1.15-1.5, which corresponds to oligosaprobic conditions of the medium.

Key words: algal flora of microalgae, bioindication, saprobity index.

Акмуханова Н.Р.¹, Заядан Б.К.², Садвакасова А.К.³,
Бауенова М.О.⁴, Кирбаева Д.К.⁵, Карабекова А.Н.⁶

¹б.ғ.к., доцент м.а., e-mail: akmukhanova.nurziya@gmail.com

²б.ғ.д., профессор, e-mail: zbolatkhan@gmail.com

³б.ғ.к., доцент, e-mail: asem182010@gmail.com

⁴PhD-докторант, e-mail: bauyen.meruyert@gmail.com

⁵б.ғ.к., доцент м.а., e-mail: kk.dariga@gmail.com

⁶PhD-докторанты, e-mail: aizhan.karabekova@gmail.com

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

Көлсай көлдерінің альгофлорасы және биологиялық бағалау

Мақалада Көлсай көлдерінің альгофлорасы зерттелген және биоиндикациялау әдісімен оларға биологиялық баға берілген. Зерттелген көлдің құрамынан микробалдырлардың 6 бөлімге қарайтын 124 түрі анықталды. Түрлердің жоғары мөлшері (72) бірінші Көлсай көлінде тіркелді, оның ішінде диатомды балдырлар – 41, жасыл – 19, көк жасыл балдырлар – 12 түр. Екінші Мыңжолқы көлінде 52 түр анықталды, олар төрт бөлімге: Bacillariophyta – 24 вида, Cyanophyta – 9, Chlorophyta – 14, Dinophyta – 5 қарайды. Түрлік қатынаста диатомды балдырлар (Bacillariophyta) көп және алуантүрлі, бұл бөлім 14 туыс және 7 тұқымдастан тұрады. Жоғары Көлсайда салыстырмалы аз алуантүрлілік – 45 түр белгіленді, олар 5 бөлімге, 10 класс, 13 қатарға жіктеледі. Сонымен қатар, анықталған балдырлардың басым көпшілігі диатомды балдырларға қарайды, олардың барлығы 31 түрі анықталды. Көлсай көлдерінің түрлік байлығы зерттелген аймақтың орналасуына тәуелді тербеледі, балдырлардың түрлік құрамы теңіз деңгейінен 1818 м жоғарыда орналасқан төменгі Көлсай көлінде салыстырмалы жоғары сипатталды. Көлсай көлдерінің индикаторлы-сапробты түрлерінің негізінде жүргізілген талдаулар бойынша ластану белгілерінің жоқтығы дәлелденді. Таза судың көрсеткіштері – олигосапробтылар жоғары жиілікте кездеседі. Сапробтылық индексі ортаның олигосапробты жағдай тән – 1,15-1,5 шегінде тербеледі.

Түйін сөздер: микробалдырлар альгофлорасы, биоиндикация, сапробтылық индексі.

Введение

Изучение альгофлоры водных объектов – важная задача, решение которой позволит не только более четко охарактеризовать саму биоту, но и показать экологическое и санитарно-биологическое состояние вод, выделить виды-индикаторы для мониторинга. Показательным является не только видовой состав водорослевых комплексов, но также и обилие видов в водоеме (Baron 2006: 433–439; González 2008: 2060–2067). Микроводоросли являются очень чувствительным показателем суммарного загрязнения водоемов. Особенно перспективным является поиск и разработка методики использования в качестве фитоиндикаторов видов

местной альгофлоры – региональных фитоиндикаторов (Bjerke 2003: 361–367; Martin 2002). Биологические методы индикации занимают все более важное место в решении проблемы загрязнения природных вод (Гашев 2001: 645-650). Эти методы дают возможность выявлять и контролировать появление загрязняющих веществ в воде гораздо раньше, чем происходят необратимые токсические эффекты у гидробионтов (Ishchenko 2017:37-46; Rogival 2007: 516-528). При этом преимущество биомониторинга является то, что сообщества водных организмов не только реагируют на большое разнообразие различных факторов, определяющих качество воды, но и суммируют эффект смешанных загрязнений, что недоступно химическому контролю (DellaSala

1999: 300–319; Чеснокова 2004: 144). Видное место при проведении биомониторинга принадлежит исследованиям фитопланктона – первого звена трофической цепи, во многом определяющего функционирование водных экосистем и качество их вод (Easterling 2000: 2068–2074; Antoine 2004: 82–87). Исследования фитопланктона позволяют познать процессы самоочищения вод и решить многие вопросы рациональной эксплуатации водоемов. Фитопланктону принадлежит ведущая роль в индикации природных модификаций пресноводных экосистем, антропогенное воздействие на которые вызывает как эвтрофирующий, так и регрессирующий эффекты (Klochenko 2017:283-293; Remke 2011: 87–97). Видовой состав, структура и обилие фитопланктона являются важнейшими показателями, позволяющими оценить трофический уровень и санитарное состояние водных объектов, определить их экологическое состояние в целом и выявить направление происходящих в них процессов (Parmesan 2003: 37–42; Rogival 2007: 516–528).

Кольсайские озёра – это система из трех высокогорных озер в северном Тянь-Шане, в ущелье Кольсай. Альгофлора Кольсайских озер в настоящее время практически не изучена. Между тем, предполагается возрастание антропогенной нагрузки на озеро в связи с тем, что в последние годы этот район становится популярным для туризма и кемпингового отдыха. Очевидно, что в таких условиях необходимы фоновые гидробиологические сведения о состоянии альгофлоры этих озер. В сложившейся ситуации контроль состояния экосистемы Кольсайских озер и качества его вод является весьма важной актуальной задачей.

В связи с этим целью нашей исследовательской работы явилось изучение видового разнообразия микроводорослей Кольсайских озер. Полученные при их биомониторинге данные могут быть необходимы для планирования и проведения природоохранных мероприятий в водных бассейнах.

Материалы и методы

В качестве объектов исследования выбраны 3 высокогорных Кольсайских озера, расположенных в ущелье Кольсай, в 300 километрах от г.Алматы. Максимальная глубина озер составляет около 50 метров. Нижнее Кольсайское озеро

протянулось на 1 км по ущелью. Его ширина составляет 400 м. Располагается озеро на высоте 1818 м над уровнем моря. Среднее (второе) Кольсайское озеро (Мынжылгы) – находится на высоте 2252, самое большое из трёх озёр. По берегам второго Кольсайского озера произрастают многочисленные альпийские цветы, в том числе и ароматные эдельвейсы. Первое Кольсайское озеро, или Верхний Кольсай, находится на высоте 2850 м. Это самое маленькое озеро. Оно окружено скалами и деревьями арчового кустарника. На рисунке 1 представлена карта объектов исследования – схема расположения Кольсайских озер.

Пробы воды отбирали в июне и августе 2017 г. в прибрежной метровой зоне на глубине 0.5–1 м. Количественные пробы отбирали с использованием рамки ($S = 0.01 \text{ м}^2$). Обрастающая микроводорослей соскабливали с субстрата с помощью щетки, фиксировали раствором Люголя по методике Г.В. Кузьмина (ГОСТ 17.1.3.07-82. 1982). Просматривали 50 полей зрения не менее чем на 3 препаратах. Результаты выражали в количестве клеток на 1 мл воды. Число микроводорослей оценивали по шкале частот после перечисления на 100 полей зрения (Розенберг 1994:266). Частоту встречаемости учитывали по девятибалльной шестиступенчатой шкале частот со следующими обозначениями: 1 – очень редко; 2 – редко; 3 – нередко; 5 – часто; 7 – очень часто; 9 – масса (Мелехова 2008:288). Определение видов водорослей проводили в живом и фиксированном состоянии. В качестве фиксатора использовали 4%-ый раствор формальдегида. Одновременно со сбором проб измеряли температуру, кислотность и прозрачность воды. Водоросли изучали с помощью световых микроскопов «Primo Star» (Германия) с увеличением от 40 до 100 раз. Виды микроводорослей устанавливали с использованием определителей (Голлербах 1980:200; Масюк 1989:608; Определитель пресноводных водорослей СССР 1951:618; Определитель пресноводных водорослей СССР 1953:646; Определитель пресноводных водорослей СССР 1982: 624). Индекс сапробности водоема вычисляли по методу Пантле и Букка в модификации (Sladeczek 1973: 218). Индикаторная значимость отдельных видов *водорослей* оценивалась по спискам сапробных организмов (Унифицированные методы исследования качества вод 1977: 42–141).



Рисунок 1 – Карта-схема района исследования

Результаты и их обсуждение

Видовая структура сообщества характеризуется числом таксонов, флористическим составом, различными индексами сходства и видового разнообразия и является интегральным показателем воздействия комплекса факторов, как природных, так и антропогенных (Мусатова 2006:32; Richardson 2004:1-22). В составе альгофлоры исследуемых озер обнаружено 124 вида из 6 отделов водорослей. По соотношению видового разнообразия первое место занимали диатомовые, второе – зеленые, третье – сине-зеленые водоросли (Рисунок 2). Из динофитовых водорослей определено только 5 видов, и один вид из отдела криптофитовых. Наибольшее видовое богатство принадлежало родам: *Navicula*, *Cyclotella*, *Cosmarium*, *Scenedesmus*, *Synechococcus*, *Anabaena*.

Доминирующим отделом по числу видов был отдел Bacillariophyta. Представители этого отдела обнаружены во всех наблюдаемых озерах. Из диатомовых доминировали виды рода *Cyclotella*, причем обильны они были практически во всех изученных трех озерах. Зеленые водоросли были не только разнообразны, но и обильны по встречаемости. На берегу и

на мелководных частях озер обнаружены заросли нитчатых водорослей из родов *Spirogira* и *Ulotrix*. Часто встречались виды из порядка *Desmidiiales*, *Chlorococcales*. Наибольшее количество видов включали роды *Cosmarium*, *Scenedesmus*, *Closterium*. Несмотря на то, что сине-зеленые водоросли – обычные обитатели мелких, теплых, эвтрофных водоемов, в исследованных нами озерах они были представлены довольно разнообразно, особенно два рода *Anabaena* и *Synechococcus*. Наблюдается также присутствие водорослей рода *Gloeocapsa*, состоящих из последовательно включенных друг в друга слизистых пузырей, наименьшие из которых окружают непосредственно шаровидные или эллипсоидные клетки. Криптофитовые и динофитовые водоросли обычно разнообразны и развиваются в массе в холодное время года, особенно в подледном планктоне (Bondarenko 2002; Van 2002:141–154; Fraenzle 2007: 404–413). Но в наших исследованных озерах динофитовые встречались единично и представлены всего 5 видами во втором озере Кольсай. Криптофитовые водоросли были обнаружены нами только в верхнем озере Кольсай. Некоторые виды зарегистрированных водорослей встречались во всех исследованных озерах.

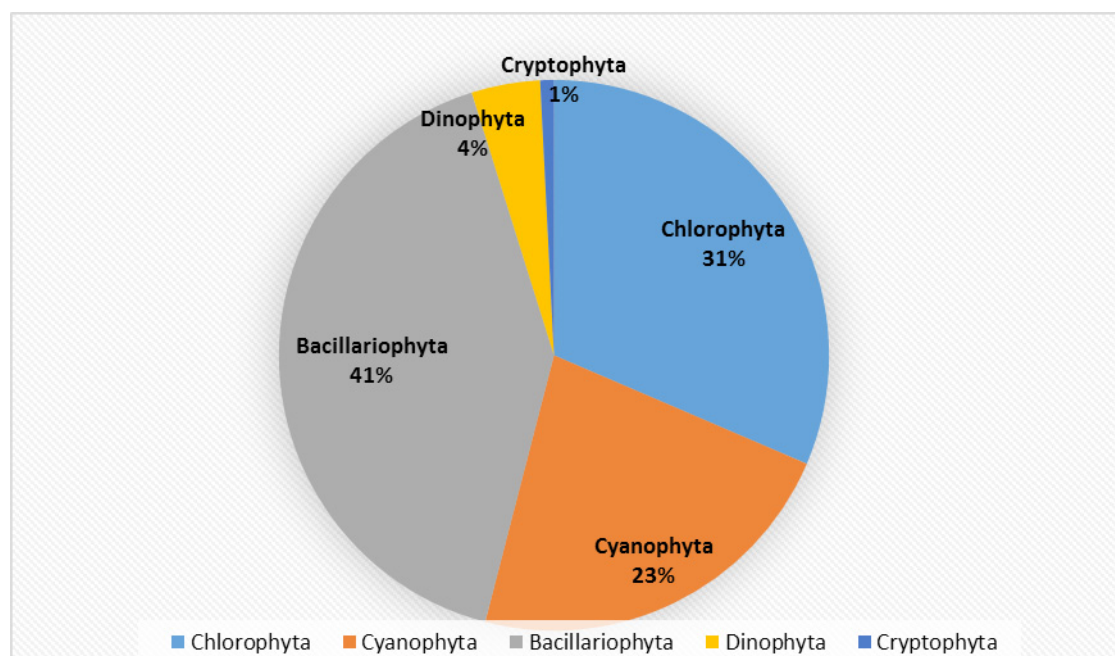


Рисунок 2 – Процентное соотношение определенных видов микроводорослей в озерах Кольсай

Водоросли обладают высокой чувствительностью к присутствию в воде органических веществ и являются индикаторами загрязнения вод органикой и продуктами ее распада. Анализ всей альгофлоры Кольсайских озёр показал, что индикаторами степени сапробности воды являются 48 видов водорослей, что составляет 38,7% от общего их числа. Олигосапробионты и олиго-бетамезосапробионты представлены 35,4 и 27% от общего числа микроводорослей соответственно. Менее многочисленные группы олиго-ксеносапробионтов и ксеносапробионтов включают 8 и 4 вида соответственно. Ксено-бетасапробионтов и мезосапробионтов – по 2 вида, и по одному виду олиго-альфа и ксено-альфасапробионтов (Таблица 1). Индексы сапробности колеблются в пределах 1,15-1,5, что соответствует олигосапробным условиям.

Наибольшее количество видов (72) зарегистрировано в первом Кольсайском озере, в том числе диатомовых – 41, зеленых – 19, синезе-

леных – 12 видов. В первом Кольсайском озере выявлено наибольшее число порядков, семейств и родов по сравнению с другими исследуемыми озерами. Установлено, что диатомовые представлены наибольшим разнообразием родов: *Navicula*, *Pinnularia*, *Gomphonema*, *Cymbella*, *Achnanthes*; зеленые микроводоросли представлены представителями рода *Cosmarium*. Среди синезеленых водорослей идентифицировано 12 видов. Многочисленны по количеству видов водоросли рода *Oscillatoria*, *Phormidium*. Около 50% микроводорослей из всех определенных видов в первом Кольсайском озере являются показателями сапробности воды. Здесь встречаются индикаторные виды микроводорослей олиго-, ксено- и мезосапробных зон, из них доминируют олиго- и мезосапробные микроводоросли, такие, как *Gloeocapsa sanguinea*, *Cyclotella comta*, *Pinnularia nobilis*, *Navicula graclis* (Рисунок 3). Индекс сапробности по методу Пантле – Букка S равен 1,5.

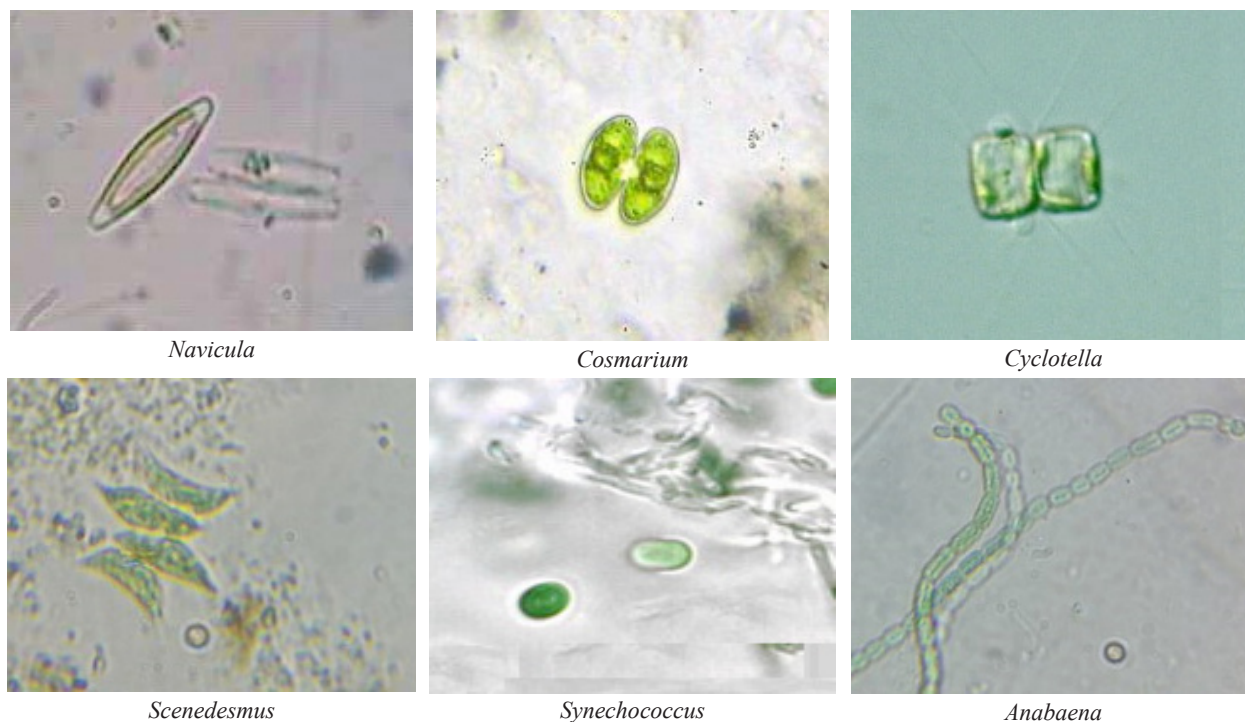


Рисунок 3 – Микрофотографии часто встречаемых микроводорослей в озерах Кольсай (при увеличении x100)

В составе альгофлоры второго озера Мынжолки обнаружено 52 вида, относящихся к 4 отделам: *Bacillariophyta* – 24 вида, *Cyanophyta* – 9, *Chlorophyta* – 14, *Dinophyta* – 5. Наиболее многочисленными и разнообразными в видовом отношении отмечены диатомовые водоросли (*Bacillariophyta*), отдел представлен 14 родами и 7 семействами. Общее снижение числа видов привело к уменьшению видового разнообразия в целом. Наибольшее видовое разнообразие отмечено у родов диатомовых *Symbella*, *Cyclotella* и *Gomphonema*. Зеленые водоросли (*Chlorophyta*) в озере Мынжолки по численности занимают второе место, определено 14 видов. Часто встречались виды из порядка *Desmidiales*, *Chlorococcales*. При этом наибольшее количество видов включали роды *Cosmarium*, *Scenedesmus*,

Closterium Staurastrum., *Pediastrum*. Особенно много их на берегу озера, где вода сравнительно теплая, прозрачная и много высших водных растений. На берегу и на мелководных частях озера обнаружены заросли нитчатых водорослей из родов *Spirogira*, *Ulotrix* на которых были выявлены разнообразные эпифитные виды микроводорослей. Динофитовые встречались единично и представлены всего 5 видами. В результате анализа индикаторно-сапробных видов микроводорослей второго озера Мынжолки нами выявлено наличие 20 видов и разновидностей индикаторных видов, из них олиго-ксеросапробов (х-о) -8, олигосапробов (о) – 6, ксеросапробов (х) – 4, мезосапробов (м) -2 (Таблица 1, рисунок 4). Сапробный индекс по методу Пантле и Букка равен 1,25.

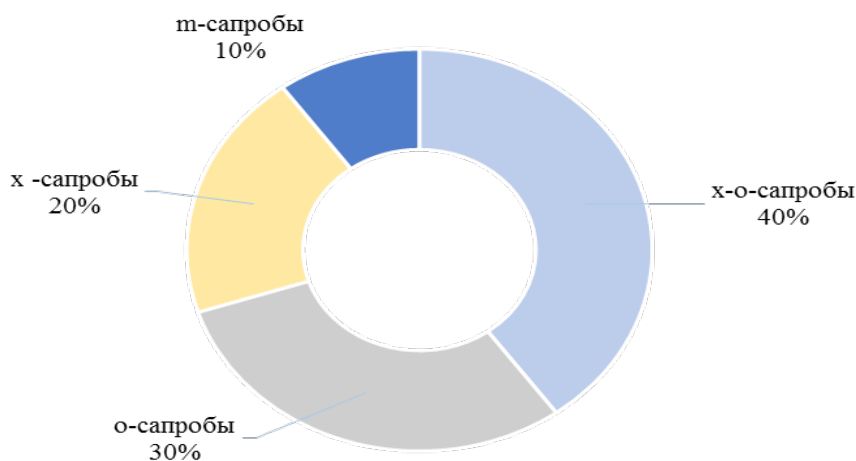


Рисунок 4 – Процентное соотношение индикаторных видов микроводорослей второго озера Кольсай

Наименьшим видовым разнообразием по сравнению с двумя описанными озерами характеризуется озеро Кольсай Верхнее. Здесь обнаружено 45 видов, относящихся к 5 отделам, 10 классам, 13 порядкам. Как и в предыдущих исследованных озерах, наибольшим количеством видов тут тоже представлен отдел диатомовых водорослей, определен 31 вид. При этом, большая часть определенных видов относятся к родам: *Navicula* (10 видов, разновидностей и форм), *Pinnularia* (8 видовых, внутривидовых таксонов), *Symbella* – 4, *Gomphonema* – 3, *Nitzschia* – 6. Отделы *Chlorophyta* и *Cyanophyta* насчитывали по 6-7 видов соответственно и 1 вид относится к отделу *Cryptophyta*. По отношению к сапробности водной толщи анализ состава индикаторно-сапробных водорослей показал

наибольшее количество ксеросапробионтов, значительно менее разнообразны мезосапробы, хотя достаточно разнообразны индикаторы промежуточной степени загрязнения между ксеро и олигосапробной зоной. Оценка состояния воды Верхнего Кольсая по индикаторным видам фитопланктона показала ее принадлежность к категории ксеросапробной. Наибольшее число выявленных индикаторов относится к диатомовым водорослям (44 % от общего числа индикаторов) и в целом соответствует значимости этих отделов в структуре фитопланктона озера. Ниже, в таблице 1 представлены индикаторно-сапробные микроводоросли, обнаруженные в озерах Кольсай. Сапробный индекс воды озера Кольсай Верхнее по методу Пантле и Букка равен 1,15.

Таблица 1 – Индикаторно-сапробные микроводоросли, обнаруженные в озерах Кольсай

№	Вид	Сапробность	Нижний Кольсай	Средний Кольсай	Верхний Кольсай
	<i>Cyclotella comta</i>	o	+		+
	<i>Pinnularia nobilis</i>	o		+	+
	<i>Navicula graclis</i>	o-β	+		
	<i>Navicula pontica</i> (Mereschk.)	m	+	+	
	<i>Aulacoseira italica</i>	o-β	+		
	<i>Fragilaria bicapitata</i>	o	+		+
	<i>Fragilaria capucina</i>	o-β	+		
	<i>Nitzschia acicularis</i>	m	+	+	
	<i>Diatoma anceps</i>	o-χ		+	+
	<i>Diatoma hiemale</i>	χ		+	+
	<i>Diatoma hiemale</i> var. <i>mesodon</i>	χ		+	+
	<i>Melosira varians</i>	o-β	+		
	<i>Meridion circulare</i> Ag. var. <i>circulare</i>	o-χ		+	
	<i>Tabellaria fenestrata</i> (Lyngb.) Kütz.	o-β	+		
	<i>T. flocculosa</i> (Roth) Kütz.	o-χ		+	+
	<i>Pinnularia braunii</i> (Grun.)	o-χ		+	+
	<i>Pinnularia gibba</i> Ehr. var. <i>gibba</i>	χ		+	+
	<i>Achnanthes lanceolata</i> (Breb.) Grun. var. <i>lanceolata</i>	χ-β	+		
	<i>Amphora ovalis</i> Kütz. var. <i>ovalis</i>	o-β	+		
	<i>Ceratoneis arcus</i>	o-χ		+	+
	<i>Gomphonema longiceps</i> var. <i>montanum</i> (Schum) Cl.	χ		+	+
	<i>Gomphonema angustatum</i>	o		+	+
	<i>Cymbella ventricosa</i>	χ-α	+		
	<i>Nitzschia. linearis</i> W. Sm.	o-β	+		
	<i>Cryptomonas marssonii</i>	o-β	+		
	<i>Synechococcus aeruginosus</i>	o-χ		+	
	<i>Ceratium hirundinella</i>	o		+	+
	<i>Chroococcus turgidus</i>	o-β	+		
	<i>Chroococcus limneticus</i>	o-β	+		
	<i>Gloeocapsa sanguinea</i>	o			+
	<i>Gloeocapsa minuta</i>	o		+	
	<i>Anabaena solitaria</i>	o-β	+		
	<i>Ankistrodesmus densus</i> Korsch	o			+
	<i>Ulothrix zonata</i> (Web. et Mohr) Kütz.	o	+	+	+
	<i>Closterium kuetzingii</i> Breb.	o			+
	<i>Cosmarium cyclicum</i> Lund.	o-χ		+	
	<i>Desmidium schwartzii</i> Ag.	χ-β	+		
	<i>Pediastrum biradiatum</i>	o			+
	<i>Oocystis lacustris</i>	o-β	+		
	1, <i>Ulothrix zonata</i>	o			+
	2, <i>Microspora amoena</i>	o-χ	+	+	

№	Вид	Сапробность	Нижний Кольсай	Средний Кольсай	Верхний Кольсай
	<i>Ulothrix tenuissima</i>	о			+
	<i>Zygnema stellinum</i>	о			+
	<i>Euastrum elegans</i>	о			+
	<i>Crucigenia tetrapedia</i>	о-α	+		
	<i>Cosmarium turpini</i>	о		+	+
	<i>Desmidium swartzii</i>	о	+		+

Примечание: х – ксеносапроб, о-х – олиго-ксеносапроб, о – олигосапроб, о-β – олиго-бетасапроб, о-α – олиго-альфасапроб, χ-β – ксено-бетасапроб, m – мезасапроб); знак «+» – присутствие вида.

Установлено, что видовое богатство водорослей Кольсайских озер колеблется в зависимости от расположения исследуемых мест. Так, видовой состав водорослей характеризуется сравнительно высоким разнообразием в Нижнем Кольсайском озере, расположенном на высоте 1818 м над уровнем моря. Степень сходства водорослей, развивающихся в исследованных трех озерах, низкая, что вероятно объясняется особенностями гидрологического и гидротермического режимов изучаемых объектов, которые, видимо, и являются основной причиной того, что в каждом озере сформировался свой специфический альгоценоз. Выявлено, что видовой состав водорослей, входящих в состав доминирующих по численности и биомассе комплексов, также отличается в исследованных озерах. Анализ альгофлоры Кольсайских озер на наличие индикаторно-сапробных видов свидетельствует об отсутствии в них признаков загрязнений. Выявлено, что показатели чистой воды – олигосапробы здесь были наиболее многочисленны. Индексы сапробности колеблются в пределах

1,15-1,5, что соответствует олигосапробным условиям. Альгофлора Кольсайских озер представлена в основном диатомовыми, синезелеными и зелеными микроводорослями.

Отобранные пробы воды из исследованных озер доставлены в лабораторию для выделения чистых культур олигосапробных видов микроводорослей. Преимуществом использования в биотестировании видов фототрофных микроорганизмов, выделенных из чистых олигосапробных водоемов, является то, что эти виды микроводорослей в большинстве случаев не адаптированы к различным загрязняющим веществам, в связи с чем представляют большой интерес в качестве перспективных чувствительных тест-объектов при биомониторинге водных экосистем, загрязненных различными токсикантами.

Исследования выполнялись в рамках проекта «Разработка научно-методических основ технологии биомониторинга и прогнозирования состояния загрязненных водных экосистем с применением фототрофных микроорганизмов» АР05131743 (2018-2020 гг.).

Литература

- Baron, J.S. Hindcasting nitrogen deposition to determine an ecological critical load // *Ecological Applications*. – 2006. – Vol. 16. – P. 433–439.
- González X.I., Aboal J.R., Fernández J.A., Carballeira A. Evaluation of some sources of variability in using small mammals as pollution biomonitors // *Chemosphere*, – 2008. – Vol. 71. – P. 2060–2067.
- Bjerke, J.W.; Zielke, M.; Solheim, B. 2. Long-term impacts of simulated climatic change on secondary metabolism, thallus structure and nitrogen fixation activity in two cyanolichens from the Arctic // *New Phytologist*. – 2003. – Vol. 159. – P. 361–367.
- Гашев С.Н. Упругая устойчивость экологических систем // *Сибирский экологический журнал*. – 2001. – Vol. 5. – С. 645–650.
- Martin M.H., Coughtrey P.J. Biological monitoring of heavy metal pollution // *Land and air*. Applied Science Publishers, London. – 2002.
- Ishchenko V., Llori J., Ramos C. Determination of environmental impact of shampoo components on algae *Chlorella* using a bioindication method // *Tecnologia y ciencias del agua*. – 2017. – Vol. 8. – P. 37–46.
- Rogival D., Scheirs J., Blust R. Transfer and accumulation of metals in a soil-dietwood mouse food chain along a metal pollution gradient // *Environ. Pollut.*, – 2007. – Vol. 145. – P. 516–528.

- DellaSala, D.A.; Reid, S.B.; Frest, T.J.; Stritholt, J.R.; Olson, D.M. A global perspective on the biodiversity of the Klamath-Siskiyou ecoregion // *Natural Areas Journal*. – 1999. – Vol. 19 – P. 300–319.
- Чеснокова, С. М. Практикум по экологическому мониторингу // С. М. Чеснокова, Е. П. Гришина ; Владим. гос. ун-т. – Владимир, – 2004. – С. 144. – ISBN 5-89368-476-1.
- Easterling, D.R.; Meehl, G.A.; Parmesan, C.; Changnon, S.A.; Karl, T.R.; Mearns, L.O. Climate extremes: observations, modeling, and impacts // *Science*. – 2000. – Vol. 289. – P. 2068–2074
- Antoine, M.E. An ecophysiological approach to quantifying nitrogen fixation by *Lobaria oregano* // *The Bryologist*. – 2004. – Vol. 107. –P. 82–87.
- Klochenko P. Shevchenko T. Distribution of epiphytic algae on macrophytes of various ecological groups (the case study of water bodies in the Dnieper River basin) // *Oceanological and hydrobiological studies*. – 2017. – Vol. 46. –P.283-293.
- Remke E. S., Blindow I. 2011. Site specific factors have an overriding impact on Baltic dune vegetation change under low to moderate N-deposition: a case study from Hiddensee Island // *Journal of Coastal Conservation*, – 2011. – Vol. 15. –P. 87–97.
- Parmesan, C.; Yohe, G. A globally coherent fingerprint of climate change impacts across natural systems. *Nature*. -2003. – Vol. 421. – P. 37–42.
- Rogival D., Scheirs J., Blust R. Transfer and accumulation of metals in a soil-dietwood mouse food chain along a metal pollution gradient // *Environ. Pollut.*, – 2007. – Vol. 145. –P. 516-528.
- ГОСТ 17.1.3.07-82. 1982. Охрана природы. Гидросфера. Правила контроля качества воды водоемов и водотоков. Биондикация: теория, методы, приложения // под ред. Г.С. Розенберга. – Тольятти: Интер-Волга, 1994. – 266 с.
- Мелехова О.П., Сарапулец Е.И., Евсеева Т.И. Биологический контроль окружающей среды: биондикация и биоестимирование. – М.: Издательский центр «Академия», 2008. – 288 с.
- Голлербах М. М., Полянский В. Н. Пресноводные водоросли их изучение. – М.: Изд-во «Сов. наука». -2001. 200 с.
- Масюк Н. П., Кондратьева Н. В., Вассер С. П.. – Водоросли. – Киев, 1989. – 608 с.
- Определитель пресноводных водорослей СССР. Вып. 4. Диатомовые водоросли. – М.: Изд-во «Сов. наука», 1951. – 618 с.
- Определитель пресноводных водорослей СССР. Вып. 2. Синезеленые водоросли. – М.: Изд-во «Сов. наука», 1953. – 646 с.
- Определитель пресноводных водорослей СССР. Зеленые водоросли. – Л.: Изд-во «Наука», 1982. – Вып. 11(2). 624 с.
- Sladeczek V. System of water quality from the biological point of view // *Ergebnisse der Limnol.* – 1973. – Vol. 7. – P. 218.
- Унифицированные методы исследования качества вод. Ч. III. Методы биологического анализа вод. – 3-е изд. Приложение 2. Атлас сапробных организмов. – М.: СЭВ, 1977. – С. 42–141.
- Мусатова О. В. Биондикация и биоповреждения: методические рекомендации к лабораторным работам // О.В. Мусатова. – Витебск: УО «ВГУ им. П. М. Машерова», 2006. – 32 с
- Richardson D.H.S.; Cameron, R.P. Cyanolichens: their response to pollution and possible management strategies for their conservation in northeastern North America // *Northeastern Naturalist*. – 2004. – Vol. 11. –P. 1–22.
- Bondarenko N.A., Sheveleva N.G., Domysheva V.M. Structure of plankton communities in Ilchir, an alpine lake in eastern Siberia // *Limnology*. – 2002. – Vol. 3. – P. 15-22.
- Van Herk, C.M.; Aptroot, A.; van Dobben, Long-term monitoring in the Netherlands suggests that lichens respond to global warming // *Lichenologist*. – 2002. – Vol. 34. –P. 141–154.
- Fraenzle, S., Markert, B., Metals in biomass: From the Biological System of Elements to reasons of fractionation and element use // *Env. Sci. Pollut. Res.* – 2007. – Vol. 6. –P. 404-413.

References

- Baron, J.S. (2006) Hindcasting nitrogen deposition to determine an ecological critical load. *Ecological Applications*, vol. 16, pp. 433–439.
- González X.I., Aboal J.R., Fernández J.A., Carballeira A. (2008) Evaluation of some sources of variability in using small mammals as pollution biomonitors. *Chemosphere*, vol. 71, pp 2060–2067.
- Bjerke, J.W.; Zielke, M.; Solheim, B. (2003) Long-term impacts of simulated climatic change on secondary metabolism, thallus structure and nitrogen fixation activity in two cyanolichens from the Arctic. *New Phytologist*, vol. 159, pp. 361–367.
- Gashev S.N. (2001) Uprugaya ustoichivost ekologicheskikh sistem [Elastic stability of ecological systems] *Siberian Ecological Journal*, vol. 5, pp. 645–650.
- Martin M.H., Coughtrey P.J. (2002) *Biological monitoring of heavy metal pollution*. Land and air. Applied Science Publishers, London.
- Ishchenko V., Llori J., Ramos C. (2017) Determination of environmental impact of shampoo components on algae *Chlorella* using a bioindication method. – *Tecnologia y ciencias del agua*, vol. 8, pp. 37-46.
- Rogival D., Scheirs J., Blust R. (2007) Transfer and accumulation of metals in a soil-dietwood mouse food chain along a metal pollution gradient. *Environ. Pollut.*, vol. 145, pp. 516-528.
- DellaSala, D.A.; Reid, S.B.; Frest, T.J.; Stritholt, J.R.; Olson, D.M. (1999) A global perspective on the biodiversity of the Klamath-Siskiyou ecoregion. *Natural Areas Journal*, vol. 19, pp. 300–319.
- Chesnokova S.M. (2004) *Practicum po ekologicheskomu monitoringu* [Workshop on environmental monitoring] *Vladim. Gos. Un-t. Vladimir*, pp. 144. ISBN 5-89368-476-1.

- Easterling, D.R.; Meehl, G.A.; Parmesan, C.; Changnon, S.A., Karl, T.R.; Mearns, L.O. (2000) Climate extremes: observations, modeling, and impacts. *Science*. vol. 289, pp. 2068–2074.
- Antoine, M.E. (2004) An ecophysiological approach to quantifying nitrogen fixation by *Lobaria oregana*. *The Bryologist.*, vol. 107, pp. 82–87.
- Klochenko P. Shevchenko T. (2017) Distribution of epiphytic algae on macrophytes of various ecological groups (the case study of water bodies in the Dnieper River basin) *Oceanological and hydrobiological studies.*, vol. 46, pp. 283–293.
- Remke E. S., Blindow I. (2011). Site specific factors have an overriding impact on Baltic dune vegetation change under low to moderate N-deposition: a case study from Hiddensee Island. *Journal of Coastal Conservation.*, vol. 15, pp. 87–97.
- Parmesan, C.; Yohe, G. (2003) A globally coherent fingerprint of climate change impacts across natural systems. *Nature.*, vol. 421, pp. 37–42.
- Rogival D., Scheirs J., Blust R. (2007) Transfer and accumulation of metals in a soil-dietwood mouse food chain along a metal pollution gradient. *Environ. Pollut.*, vol. 145, pp. 516–528.
- GOST 17.1.3.07-82. 1982. Oхрана природы. Гидросфера. Правила кочества воды водоёмов и водотоков [Protection of Nature. Hydrosphere. Rules for water quality control of water bodies and streams].
- Bioindikacia: teoria, metody, prilozhenia (1994) [Bioindication: theory, methods, applications / sub-projects]. G.S. Rosenberg. – Togliatti: Inter-Volga., pp.266.
- Melehova O.P., Sarapulc E.I., Evseeva T.I. (2008) Biologicheski kontrol okruzhaiushii sredy: bioindikacia I biotestirovanie [Biological control of the environment: bioindication and biotesting] Publishing Center «Academy», pp. 288.
- Gollerbah M.M., Polyanskii V.N. (2001) Presnovodnye vodorosli ih izuchenie [Freshwater algae study them] – Moscow: Izd-vo Sov. the science», pp.200.
- Masuk N.P., Kondrateva N.V. Vasser S.P. (1989) Vodorosli [Algae]. Kiev. pp. 608.
- Opredelitel presnovodnyh vodoroslei SSSR. (1961) [The determinant of freshwater algae of the USSR] Issue. 4. Diatoms. – Moscow: Izd-vo Sov. the science», pp. 618.
- Opredelitel presnovodnyh vodoroslei SSSR. (1953) [The determinant of freshwater algae of the USSR] Issue. 2. Blue-green algae. – Moscow: Izd-vo Sov. the science», pp. 646.
- Opredelitel presnovodnyh vodoroslei SSSR. (1982) [The determinant of freshwater algae of the USSR] Issue. 11 (2). Green algae. – Moscow: Izd-vo «Science», pp. 624.
- Sladeczek V. (1973): System of water quality from the biological point of view. – *Ergebnisse der Limnol.*, vol. 7, pp. 218.
- Unificirovannye metody issledovaniya kachestva vod (1977) [Unified methods for the study of water quality]. Part III. Methods of biological water analysis. 3_e ed. Appendix 2. Atlas of saprobic organisms. Moscow: SEV., pp.42-141.
- Musatova O.V. (2006) Bioindikacia I biopovrezhdeniia: metodicheskie rekomendacii k laboratnym rabotam [Bioindication and biodeterioration: methodological recommendations for laboratory work] – Vitebsk: «VSU them. PM Mashero», pp. 32.
- Richardson D.H.S.; Cameron, R.P. (2004) Cyanolichens: their response to pollution and possible management strategies for their conservation in northeastern North America. *Northeastern Naturalist.*, vol. 111, pp.22.
- Bondarenko N.A., Sheveleva N.G., Domysheva V.M. (2002) Structure of plankton communities in Ilchir, an alpine lake in eastern Siberia. *Limnology.*, vol. 3.
- Van Herk, C.M.; Aptroot, A.; van Dobben (2002) Long-term monitoring in the Netherlands suggests that lichens respond to global warming. *Lichenologist.*, vol. 34, pp. 141–154.
- Fraenzle, S., Markert, B. (2007) Metals in biomass: From the Biological System of Elements to reasons of fractionation and element use. *Env. Sci. Pollut. Res.*, vol. 6, pp. 404–413.

**Шокатаева Д.Х.¹, Савицкая И.С.², Кистаубаева А.С.³,
Абдулжанова М.А.⁴, Талипова А.Б.⁵**

¹PhD-докторант, e-mail: dina_ibrayeva_91@mail.ru

²д.б.н., доцент, e-mail: irasava_2006@mail.ru

³к.б.н., доцент, e-mail: aida_kaz@mail.ru

⁴PhD-докторант, e-mail: malika_81_@mail.ru

⁵магистр, e-mail: abzhv@mail.ru

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

**СТРУКТУРНЫЕ И МЕХАНИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА
БАКТЕРИАЛЬНОЙ ЦЕЛЛЮЛОЗЫ,
ПОЛУЧЕННОЙ ПРИ КУЛЬТИВИРОВАНИИ ПРОДУЦЕНТА
НА СРЕДАХ С ПРОИЗВОДСТВЕННЫМИ ОТХОДАМИ**

Бактериальная целлюлоза (БЦ) – перспективный биополимер, обладающий уникальными свойствами, позволяющими широко использовать его в биомедицине, тканевой инженерии, электротехнике, пищевой и текстильной промышленности. Целью работы являлось определение продуктивности биосинтеза бактериальной целлюлозы путем выращивания штамма-продуцента на средах из сельскохозяйственных и пищевых отходов. В настоящей работе изучено влияние различных культуральных сред на продуктивность штамма и структурные свойства БЦ. Использовали 3 вида ферментационных сред на основе отходов агро- и пищевой промышленности. Продуктивность штамма оценивалась по выходу биомассы и веса БЦ гравиметрическим методом. Морфологию пленок БЦ изучали методом СЭМ, а механические характеристики – на разрывной машине «Instron». Максимальный выход БЦ – 8,21±0,02 г/л достигался при культивировании продуцента на среде, содержащей отход сахарного производства – мелассу. Полученные материалы, образованные на классической среде NS и средах на основе промышленных отходов, имели взаимосвязанную пористую матричную структуру с большой поверхностной площадью. Микро- (15-35 нм) и макрофибриллы (50-150 нм) в пленках БЦ, образованных на среде с мелассой, соединяются в лентовидные волокна, обеспечивающие высокую механическую прочность (прочность на разрыв: 37,12±0,2; относительное удлинение: 3,28±0,2 %).

Ключевые слова: бактериальная целлюлоза, ферментационная среда, *Gluconacetobacter xylinus*, отходы производства.

**Shokatayeva D.H.¹, Savitskaya I.S.², Kistaubaeva A.S.³,
Abdulzhanova M.A.⁴, Talipova A.B.⁵**

¹PhD-student, e-mail: dina_ibrayeva_91@mail.ru

²doctor of biological sciences, associate professor, e-mail: irasava_2006@mail.ru

³Ph.D., associate professor, e-mail: aida_kaz@mail.ru

⁴PhD-student, e-mail: malika_81_@mail.ru

⁵Master, e-mail: abzhv@mail.ru

Al-Farabi Kazakh National University, Kazakhstan, Almaty

**Structural and mechanical properties of bacterial cellulose obtained by cultivation
of a producer strain on media with industrial wastes**

Bacterial cellulose (BC) is a promising biopolymer with unique properties that make it possible to widely use it in biomedicine, tissue engineering, electrical engineering, food and textile industries. The aim of a work was to determine the productivity of bacterial cellulose biosynthesis by propagation of a producer strain on media on the basis of agricultural and food wastes. In present work, the effect of

various culture media on strain productivity and structural properties of BC was studied. Three types of fermentation media on the basis of agro- and food-processing wastes were used. The productivity of the strain was evaluated according to biomass yield and BC weight by gravimetric method. The morphology of BC films was studied by SEM method, and mechanical characteristics – by «Instron» tensile machine. The maximum yield of BC – 8.21 ± 0.02 g/l was achieved by cultivating of a producer on medium containing wastes of sugar production – molasses. The resulting materials formed on classical HS medium and industrial waste media had an interconnected porous matrix structure with a large surface area. Micro- (15–35 nm) and microfibrils (50–150 nm) in BC films formed on a medium with molasses joined into ribbon-like fibers, providing high mechanical strength (tensile strength: 37.12 ± 0.2 , elongation : $3.28 \pm 0.2\%$).

Key words: bacterial cellulose, fermentation medium, *Gluconacetobacter xylinus*, industrial wastes.

Шокатаева Д.Х.¹, Савицкая И.С.², Кистаубаева А.С.³,
Абдулжанова М.А.⁴, Талипова А.Б.⁵

¹PhD-докторант, e-mail: dina_ibrayeva_91@mail.ru

²б. ғ.д., доцент, e-mail: irasava_2006@mail.ru

³б.ғ.к., доцент, e-mail: aida_kaz@mail.ru

⁴PhD-докторанты, e-mail: malika_81@mail.ru

⁵магистр, e-mail: abzhv@mail.ru

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

Өнеркәсіптік қалдықтардан жасалған орталарда продуцентті өсіру арқылы алынған бактериялды целлюлозаның құрылымдық және механикалық қасиеттері

Бактериялды целлюлоза (БЦ) – биомедицинада, электротехникада, тағам және тоқыма өнеркәсібінде кеңінен қолдануға мүмкіндік беретін ерекше қасиеттерге ие келешегі бар биополимер. Жұмыстың мақсаты ауылшаруашылық және тағамдық қалдықтардан жасалған орталарда штамм-продуцентті өсіру арқылы бактериялды целлюлозаның биосинтез өнімділігін анықтау болып табылды. Берілген жұмыста түрлі дақылдық орталардың штам өнімділігі және БЦ-ның құрылымдық қасиеттеріне әсері зерттелді. Агро және тағам өнеркәсібінің қалдықтарына негізделген 3 түрлі ферментациялық орталар қолдандық. Штамның өнімділігі гравиметриялық әдіспен БЦ-ның биомасса шығымы мен салмағына қарай бағаланды. БЦ қабықшасының морфологиясын СЭМ әдісімен, ал механикалық сипаттамаларын «Instron» үзуші машинасында зерттедік. $8,21 \pm 0,02$ г/л БЦ-ның максималды өнімі продуценттің қант өндірісінің қалдығы, яғни меласса бар ортада болды. HS классикалық ортада және өндіріс қалдықтары негізіндегі орталарда түзілген материалдар үлкен беттік ауданы бар өзара байланысты борпылдақ матрицалық құрылымға ие болды. Мелассасы бар ортада түзілген БЦ-ның қабықшасындағы микро- (15–35 нм) және макрофибриллалар (50–150 нм) жоғары механикалық беріктік (үзілуге беріктік: $37,12 \pm 0,2$; салыстырмалы ұзару: $3,28 \pm 0,2$ %) беретін жіп тәрізді талшықтарға бірігеді.

Түйін сөздер: бактериялды целлюлоза, ферментациялық орта, *Gluconacetobacter xylinus*, өндіріс қалдықтары.

Введение

Бактериальная целлюлоза (БЦ) представляет собой природный полимер, обладающий уникальными свойствами, которые отсутствуют в целлюлозе растительного происхождения. Это химически чистый внеклеточный продукт, так как он не содержит лигнина, смол, жиров и восков и поэтому не требует отбеливания (Klemm 2005: 3358–3393). Микрофибриллы БЦ в 100 раз тоньше микрофибрилл растительной целлюлозы, что позволяет использовать ее для создания сверхпрочных облегченных наноконпозиционных материалов: волокон, пленок, трубок, аэрогелей, мембран оптически прозрачных композитов, в производстве бумаги, а также в качестве загу-

стителя и стабилизатора в пищевой промышленности (Sherif 2014: 2–7).

БЦ имеет высокие показатели кристалличности, обладает высокими адсорбционными и физико-механическими свойствами (Bielecki 2005: 31–85). В связи с этим, она применяется в качестве скаффолда в тканевой инженерии, ранозаживляющих покрытиях, создании искусственной кожи при обширных ожогах, искусственных кровеносных сосудов для микрохирургии (Czaja 2007: 1–12). Наиболее известным продуцентом микробной целлюлозы является *Gluconacetobacter xylinus* (Ruka 2015: 1–21).

Судя по большому количеству публикаций, изучение и внедрение БЦ развивается стремительными темпами. Одной из проблем, огра-

ничающих ее получение в промышленных масштабах, является высокая себестоимость конечного продукта. Использование промышленных отходов и побочных продуктов некоторых отраслей промышленности в качестве ферментационных сред может повысить рентабельность производства БЦ. В связи с этим, многие исследования были сосредоточены на разработке ферментационных сред для производства БЦ, на отходах пищевой промышленности: сухого коньячного экстракта (Hong 2008: 545–549), фруктовых соков (Kurosuni 2009: 333–335), кленового сиропа (Zeng 2011: 506–513), сока сахарного тростника, сточных вод от производства рисового вина (Wu 2012: 116–121), виноградного жмыха (Vazquez 2013: 545–554), сточных вод кондитерских фабрик, мелассы, кукурузного ликера, молочной и соевой сыворотке (Li 2015: 115–119). В ряде работ для этих целей были испытаны отходы агропромышленности: пшеничной соломы (Chen 2013: 464–468), волокнистого ила (Adnan 2013: 25), елового гидролизата (Guo 2013: 1–14), гидролизаты технической целлюлозы; а также отходы биодизельного производства, такие как неочищенный глицерин и побочные продукты ацетон-бутанол-этанольной ферментации (Huang 2015: 491–496). Таким образом, ассортимент сельскохозяйственных и промышленных отходов, которые могли бы использоваться в ферментационных средах для роста продуцентов и образования ими БЦ, достаточно широк.

В Республике Казахстан хорошо развито молочное и сахарное производство, отходами которых являются молочная сыворотка и меласса. Один из способов их использования – разработка на их основе простых и дешевых питательных сред для получения БЦ. Помимо этого, в больших количествах имеются побочные продукты переработки злаковых культур – оболочки зерен яровой пшеницы, риса, овса, ячменя, которые после ферментативного гидролиза и осахаривания также могут быть применены в качестве источника углерода в производственных средах для продуцентов БЦ. Представляется, что такой подход не только позволит удешевить себестоимость данного полисахарида, но и предлагает способ утилизации этих отходов.

Материалы и методы исследования

Объекты исследований: новый штамм-продуцент БЦ: *Gluconoacetobacter xylinus* C-3, выделенный из чайного гриба в лаборатории

прикладной микробиологии КазНУ им. аль-Фараби (Савицкая 2016: 80) и гель-пленки БЦ, полученные на средах из отходов.

Материалы исследований: отходы переработки злаковых культур – оболочки яровой пшеницы, овса, ячменя; побочные продукты сахарной и молочной промышленности – меласса и молочная сыворотка.

Питательные среды

Классическая среда Hestrin-Schramm (HS), рекомендованная для промышленного синтеза БЦ (г/л): глюкоза – 20, гидрофосфат натрия – 2,7, пептон – 5, дрожжевой экстракт – 5, лимонная кислота – 1,15;

ПС-1 (г/л): молочная сыворотка – 20, пептон – 5, дрожжевой экстракт – 5;

ПС-2 (г/л): меласса – 20, пептон – 5, дрожжевой экстракт – 5;

ПС-3 (г/л): гидролизаты отходов переработки злаковых культур – 20, пептон – 5, дрожжевой экстракт – 5.

Промышленные отходы служили источником углерода и азота в среде. В качестве восполнителя дефицита азота в среду вносили пептон, в качестве источника витаминов – дрожжевой экстракт.

Среды доводили до pH 6,5-7,0 ледяной уксусной кислотой и 6N NaOH. Стерилизацию проводили автоклавированием при 110 °C в течение 20 мин.

Получение технической целлюлозы

Техническую целлюлозу (ТЦ) получали из отходов переработки злаковых культур азотно-кислым способом, заключающимся в последовательной обработке сырья разбавленными растворами азотной кислоты и гидроксида натрия. Для определения химического состава сырья было предварительно измельчено ножницами. Определение массовой доли экстрактивных веществ проводили по стандартным методикам анализа растительного сырья (Оболенская 1991: 254). ТЦ имела следующий состав (%): лигнин – 0,67; зола – 2,20, а-целлюлоза – 95,10; пентозаны – 2,03.

Получение ферментативного гидролизата целлюлозы

Ферментативный гидролиз ТЦ проводили в ферментере в водной среде при 50 °C в течение 72 ч с помощью мультиэнзимной композиции промышленных ферментных препаратов «Целлолюкс-А» (0,04 кг/кг субстрата) и «Брюзайм ВGX» (0,1 л/кг субстрата) (Скиба 2013: 195-198). Полученный гидролизат отфильтровывался от остатков субстрата под вакуумом.

Предварительная обработка сырой мелассы
Мелассу разбавляли водой в количестве 1:10 и удаляли взвешенные вещества с помощью центрифугирования при 6000 об/мин в течение 20 мин; выдерживали в течение 24 ч в 1N растворе H_2SO_4 , снова центрифугировали при 6000 об/мин в течение 20 мин; и обрабатывали 1% раствором $Ca_3(PO_4)_2$ (Soher 2016: 954-969).

Определение редуцирующих сахаров

Общее количество редуцирующих сахаров, определялось спектрофотометрически с использованием 3,5-динитросалициловой кислоты (Miller 1959: 426–429). В гидролизате целлюлозы количество редуцирующих сахаров составило 43,8 г/л, в мелассе – 119,2 г/л, а в молочной сыворотке – 47,4 г/л.

Получение гель-пленки БЦ.

Синтез целлюлозы штаммом *Gluconoacetobacter xylinus* C-3 осуществляли путем поверхностного культивирования на классической питательной среде Hestrin-Schramm и средах на основе промышленных отходов, pH 6,5 – 7,0. Посевным материалом служила 48-часовая культура уксуснокислых бактерий, выращенная на среде, содержащая дрожжевой экстракт и пивное сусло (6° Балинга) в соотношении 1:1 с 2 мас. % глюкозы 1 об. % этанола.

Параллельно оценивали продуктивность штамма на питательных средах, содержащих молочную сыворотку, гидролизаты целлюлозодержащего сырья и мелассу в качестве источников углерода и азота.

Культивирование вели при 29-30°C в течение 6-7 суток, после чего целлюлозу отделяли и периодически промывали 0,5-1% водным раствором NaOH при кипячении до удаления клеток. Затем целлюлозную пленку отмывали дистиллированной водой, 0,5% раствором уксусной кислоты и вновь дистиллированной водой до нейтральной реакции. Полученную целлюлозу хранили в виде гель-пленки в дистиллированной воде при 5°C. Биомассу пленок БЦ определяли после предварительного высушивания в сухожаровом термостате при 80°C до постоянной массы образца.

Электронно-микроскопическое исследование гель-пленок БЦ

Образцы пленок предварительно покрывали тонким слоем платино-палладиевого сплава (Pt/Pd 80/20) и исследовали на растровом электронном микроскопе JSM-7800F (Jeol, Japan). В ходе исследования измеряли диаметр микрофибрилл БЦ. В расчете использовали выборку данных, включающую 100 измерений.

Исследование механических свойств пленок бактериальной целлюлозы

Механические свойства БЦ определяли на разрывной машине «Instron» (США) при одноосном режиме по показателям: прочность на разрыв (МПа) и относительное удлинение при разрыве (%) (Akturk 2011: 279-88). Измерения проводились при температуре (25 ± 2) °C и относительной влажности (55 ± 5) %, с установленной скоростью деформации образца 100 мм/мин.

Результаты и их обсуждение

Стоимость ферментационной среды составляет 30-50% от общей стоимости целевого продукта и играет решающую роль при микробных ферментациях. Производственная питательная не только в значительной степени влияет на себестоимость получаемых материалов, но и определяет их качество. Несмотря на то, что имеется множество публикаций, с использованием дешевых источников сырья для получения БЦ (Hong 2008: 545–549; Kurosumi 2009: 333–335; Zeng 2011: 506–513; Wu 2012: 116–121), для каждого продуцента и конкретного штамма необходимо уточнять технологические параметры. Нельзя перенести оптимальные условия, выявленные для одного штамма на другой, поскольку всегда надо учитывать биосинтетические особенности конкретного продуцента. В работе использовали новый штамм *Gluconoacetobacter xylinus* C-3, который по уровню продуктивности превосходит коллекционные штаммы *Gluconoacetobacter xylinus* B-11240 и *Gluconoacetobacter hansenii* B-6756, рекомендованные для промышленного получения целлюлозы (Савицкая 2016: 80). В связи с этим, проводился подбор оптимальной производственной среды для культивирования этого штамма, обеспечивающей максимальный уровень синтеза целлюлозы. В таблице 1 приведены данные, отражающие результаты по определению массы пленок БЦ, образованных на средах HS, ПС-1, ПС-2 и ПС-3.

Судя по полученным данным, количество БЦ, образуемое данным штаммом на среде с молочной сывороткой, сопоставимо с таковым, синтезируемом на стандартной среде HS. На среде ПС-3 с гидролизатами целлюлозы злаковых культур, используемыми в качестве источника углерода, выход полимера БЦ составил $6,89 \pm 0,01$ г/л. И хотя в этих субстратах содержится примерно одинаковое количество редуцирующих сахаров (43,8 г/л в гидролизате целлюлозы

и 47,4 г/л в молочной сыворотке), состав их различается. Продуцент синтезирует целлюлозу из глюкозы. Поэтому любые сахара, содержащиеся в ферментируемом субстрате, должны быть конвертированы в глюкозу. Лактоза, присутствующая в молочной сыворотке, является дисахаридом, распадающимся на глюкозу и галактозу. Галактоза считается наименее подходящим источником углерода для целлюлозообразующих

бактерий (Mikkelsen 2009: 576–583). Это связано с тем, что мембранный транспорт галактозы проходит неэффективно, поэтому и превращение ее в целлюлозу проходит с низким выходом (Chawla 2009: 107-124). Следует учесть и то, что молочная сыворотка является скоропортящимся продуктом, это является существенным недостатком широкого использования питательной среды на ее основе.

Таблица 1 – Продуктивность штамма *Gluconoacetobacter xylinus* C-3 на классической среде HS и средах на основе отходов

Питательная среда	Вес пленки БЦ (г/л)	Достоверность разницы с контролем
HS с глюкозой	4,56±0,02 (контроль)	
ПС-1 с молочной сывороткой	4,73±0,03	p >0,01
ПС-2 с мелассой	8,21±0,02	p <0,01
ПС-3 с гидролизатами оболочек злаков	6,89±0,01	p <0,01

Примечание: *Полученные результаты показывают среднее значение ± среднее квадратичное отклонение. Данные анализировались с использованием t-критерия Стьюдента

С другой стороны, учитывая высокий выход БЦ (6,89±0,01 г/л) на среде с гидролизатами зерновых оболочек, подобные среды представляются достаточно перспективными при условии наличия дешевых технологий получения гидролизатов. Такая технология разработана сибирскими учеными, где в качестве питательной среды для получения БЦ используется ферментативный гидролизат плодовых оболочек овса, мискантуса и льна (Будаева 2015). Показано, что ферментативные гидролизаты являются биологически доброкачественными, пригодными для получения продуктов микробиологического синтеза и не нуждаются в дополнительной технологической обработке для освобождения их от вредных примесей (Скиба 2013: 214–219). Поскольку такие гидролизаты можно получать из любых возобновляемых целлюлозосодержащих растительных ресурсов, а среды на их основе использовать в разных производствах микробного синтеза, подобные разработки выглядят достаточно перспективными и с технологической, и экологической точек зрения.

Среда ПС-2 на основе мелассы является наиболее благоприятной для синтеза бактериальной целлюлозы в сравнении со стандартной средой HS и средами, содержащими отходы молочной и агро- промышленности. Выход массы полимера на среде ПС-2 составил 8,21±0,02 г/л, что в

1,8 раз больше, чем на классической среде HS (4,56±0,02 г/л). Это может быть связано с тем, в мелассе присутствует смесь углеводов (сахарозы, глюкозы и фруктозы). Первоначально продуцент расходует глюкозу, а затем постепенно и другие сахара. По аналогии с метаболизмом в организме человека, можно представить, что эти сахара обладают «низким гликемическим индексом».

Хорошо известно, что уксуснокислые бактерии, продуцирующие целлюлозу, окисляют глюкозу в глюконовую кислоту (Mikkelsen 2009: 576–583). Трансформация глюкозы в глюконовую кислоту приводит к значительному снижению pH культурального бульона и блокирует синтез БЦ. При выращивании продуцента на мелассе интенсивного образования глюконовой кислоты не происходит, уровень pH остается практически на том же уровне (Рисунок 1).

Кроме того, меласса содержит фенольные соединения, имеющие гваяцильные и сирильные звенья, сходные с лигнином (Kurosuni 2009: 333–335), которые также медленно расходуются, и поэтому pH незначительно меняется, что сопровождалось усилением скорости роста клеток и образования ими БЦ. Синтез БЦ сопряжен с ростом уксуснокислых бактерий, их численность может служить маркером эффективности биосинтеза бактериальной целлюлозы.

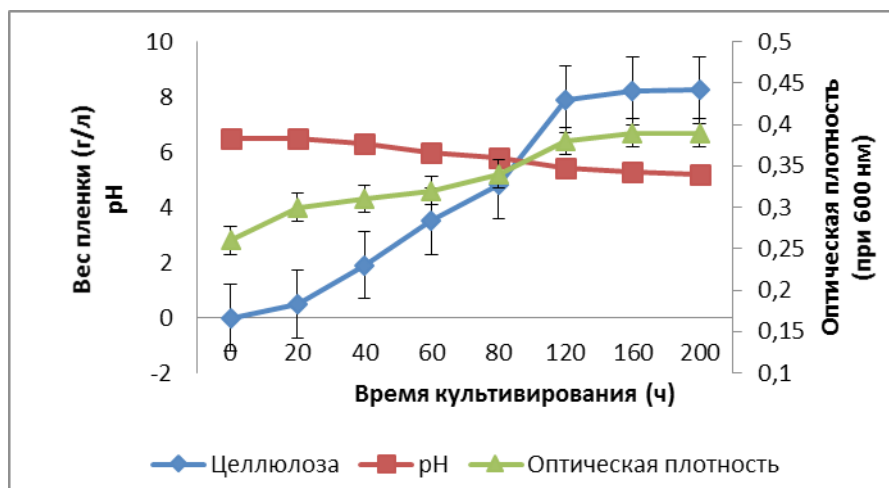


Рисунок 1 – Динамика синтеза бактериальной целлюлозы штаммом *Glucoacetobacter xylinus* C-3 на среде ПС-2

Помимо углеводов, в мелассе присутствуют и соединения азота: некоторые аминокислоты, нуклеиновые кислоты, витамины. Их наличие освобождает от необходимости использования дополнительных источников азотного питания, таких как пептон и дрожжевой экстракт.

Однако, следует отметить, что в мелассе имеются минералы и тяжелые металлы, которые оказывают токсическое воздействие на рост микроорганизмов и синтез продукта (Jahan 2012: 1157–1171). Взвешенные примеси и тяжелые металлы мелассы могут быть удалены обработкой H_2SO_4 и $Ca_3(PO_4)_2$ которая и была использована в работе для повышения ферментативного выхода полисахарида. Кроме того, такая предварительная обработка приводит к снижению содержания углеводов, содержание которых в нативной мелассе достаточно высоко (до 23,6 объемных %) (Soher 2016: 954-969), а относительно низкая концентрация сахара в мелассе (до 5 объемных %) является необходимым условием для эффективной продукции целлюлозы.

Полученные результаты свидетельствуют о том, меласса – продукт конечной стадии кристаллизации процесса производства сахара, является идеальным источником углерода для культивирования продуцента БЦ.

Состав питательной среды может влиять на структуру БЦ (Sherif 2014: 2-7; Bielecki 2005: 31-85; Ruka 2015: 1-21). Определяющими качеством этого полимера свойствами являются ее структурные особенности, обуславливающие механическую прочность. Структурные свойства полученных гель-пленок БЦ исследовали на растворяемом электронном микроскопе JSM-7800F для

обнаружения возможных отличий в морфологии поверхности пленок, а также сравнения диаметра и расположения микрофибрилл полимеров относительно друг друга (Рисунок 2).

Микрофибриллы бактериальной целлюлозы существенно не отличаются друг от друга. Толщина единичного волокна находится в пределах 15-150 нм, что в 100 раз тоньше микрофибрилл растительной целлюлозы. Для определения среднего диаметра микрофибрилл проводили статистическую обработку по специальной программе. В расчете использовали выборку данных, включающую 100 измерений. Согласно проведенным расчетам, средний диаметр нанофибрилл БЦ составил около 40±5 нм.

Гель-пленки, полученные на средах с разными типами отходов, имеют взаимосвязанную пористую матричную структуру с большой поверхностью площадью. Все пленки БЦ имеют ровную и гладкую поверхность. Микрофибриллы БЦ соединяются в лентовидные волокна толщиной в одну миллионную сантиметра. Благодаря такому строению удается не только обеспечить необходимую паро- и газопроницаемость, но и удержать различные биологически активные соединения в структуре пленок.

Наличие равномерного по плотности распространения волокон каркаса БЦ обеспечивает высокую механическую прочность пленок, которая является важным показателем качества биоматериалов. Прочность пленок определяли на универсальной разрывной машине «Instron» при одноосном режиме по двум параметрам: показателю прочности на разрыв (МПа) и относительному удлинению при разрыве (%).

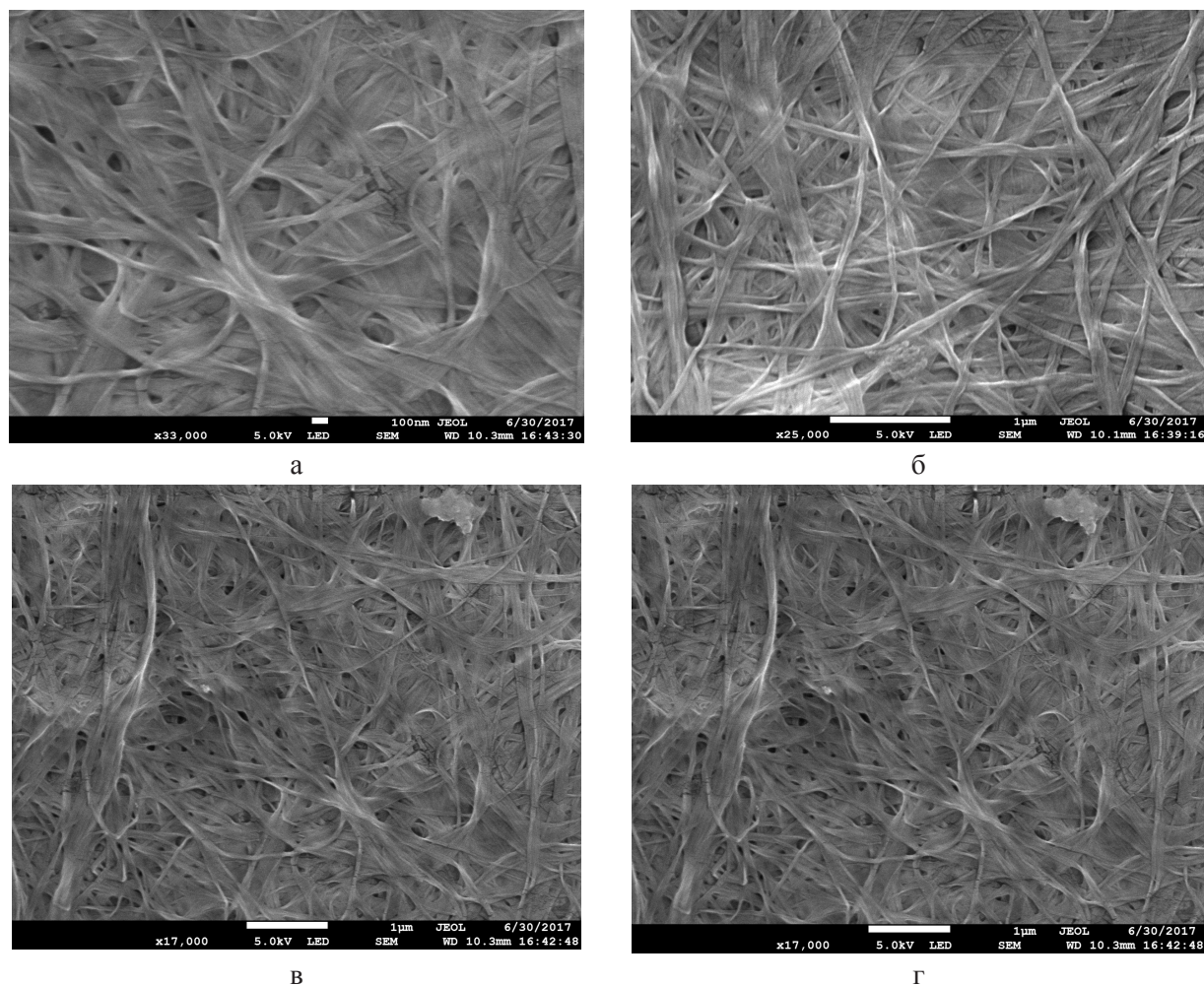


Рисунок 2 – СЭМ-изображения пленок БЦ, синтезированной штаммом *Gluconoacetobacter xylinus* C-3 на среде: А –НС; Б – ПС-1; В – ПС-2; Г – ПС-3 (увеличение x25 000)

Таблица 2 – Механические свойства бактериальной целлюлозы, образованной на различных питательных средах

Механические показатели	Среда НС	Среда ПС-1 с молочной сывороткой	Среда ПС-2 с мелассой	Среда ПС-3 с гидролизатами оболочек злаков
Прочность на разрыв (МПа)	17,01±0,5	26,16±0,6	37,12±0,2	20,03±0,3
Относительное удлинение при разрыве (%)	8,01±0,7	4,56±0,1	3,28±0,2	6,23±0,1

Судя по результатам, представленным в таблице 2, прочность на разрыв БЦ, образованной на стандартной среде НС, составляет 17,01±0,5 МПа, а показатель удлинения – 8,01±0,7 %. Показатель удлинения (%) гелевых пленок БЦ, образованных на средах ПС-1, ПС-2, ПС-3, составил 4,56±0,1; 3,28±0,2 и 6,23±0,1, соответственно.

Пленки БЦ, синтезированные на среде с мелассой, продемонстрировали высокий показатель прочности (37,12±0,2) по сравнению со «стандартными». Это значение является достаточно высоким по сравнению с механическими показателями многих плоско ориентированных слоев органических полимеров (Lin 2013: 603-611). Прочность

материала, синтезированного на среде с мелассой, может быть связана с возникновением водородных связей между ОН-группами целлюлозы и ОН-группами веществ в составе мелассы. Увеличение водородных связей коррелирует с высоким показателем прочности на разрыв в материале.

Стоимость 1 литра стандартной среды NS составляет 196 тенге, среды ПС-2 на основе мелассы – 19 тенге. Отсюда себестоимость 1 г БЦ на среде NS – 43 тенге, а на среде ПС-2 – 2 тенге. Таким образом, новая среда с мелассой, культивирование продуцента на которой обеспечивает высокий уровень биосинтеза БЦ, является экономически эффективной. В целом, использование сред на основе отходов пищевой и агропромышленности может значительно снизить себестоимость технологии получения не только БЦ, но и других продуктов микробиологического синтеза и открывает широкие перспективы для разработки новых технологий утилизации этих отходов.

Заключение

Максимальный выход БЦ – 8,21±0,02 г/л достигался при культивировании продуцента на среде ПС-2, содержащей отход сахарного производства – мелассу. Полученные материалы, образованные на классической среде NS и средах на основе промышленных отходов имели взаимосвязанную пористую матричную структуру с большой поверхностной площадью. Микро- (15-35 нм) и макрофибриллы (50-150 нм) в пленках БЦ, образованных на среде ПС-2, соединяются в лентовидные волокна, обеспечивающие высокую механическую прочность (прочность на разрыв: 37,12±0,2; относительное удлинение: 3,28±0,2 %). Структурные и механические свойства БЦ позволят вводить в нее самые разнообразные компоненты для создания сверхпрочных нанокomпозиционных материалов.

Литература

- Klemm D., Heublein B., Fink H.P., Bohn A., «Cellulose: fascinating biopolymer and sustainable raw material», *J Angew Chem Int Ed*, (2005): 3358-3393.
- Sherif M.A.S., «Bacterial cellulose production and its industrial applications», *J Bioprocess Biotechniques*, (2014): 2-7.
- Bielecki S., Krystynowicz A., Turkiewicz M., Kalinowska H., «Bacterial cellulose», *Polysaccharides I: Polysaccharides and Polyamide in Food Industry*, (2005): 31-85.
- Czaja, W. K., Young, D. J., Kawecki M., Brown R. M., «The future prospects of microbial cellulose in biomedical applications», *Biomacromolecules*, (2007): 1-12.
- Ruka R.D., Simon P.G., Dean K., «Altering the growth conditions of *Gluconoacetobacter xylinus* to maximize the yield of bacterial cellulose», *CSIRO Materials Science and Engineering*, (2015): 1-21.
- Hong, F.; Qiu, K. Y., «An alternative carbon source from konjac powder for enhancing production of bacterial cellulose in static cultures by a model strain *Acetobacter acetii* subsp. *xylinus* ATCC 23770», *Carbohydr. Polym.*, 72 (2008): 545–549.
- Kurosumi, A.; Sasaki, C.; Yamashita, Y.; Nakamura, Y., «Utilization of various fruit juices as carbon source for production of bacterial cellulose by *Acetobacter xylinum* NBRC 13693», *Carbohydr. Polym.*, 76 (2009): 333–335.
- Zeng, X.; Small, D.P.; Wan, W., «Statistical optimization of culture conditions for bacterial cellulose production by *Acetobacter xylinum* BPR 2001 from maple syrup», *Carbohydr. Polym.*, 85 (2011): 506–513.
- Wu, J.M.; Liu, R.H., «Thin stillage supplementation greatly enhances bacterial cellulose production by *Gluconoacetobacter xylinus*», *Carbohydr. Polym.*, 90 (2012): 116–121.
- Vazquez, A.; Foresti, M.L.; Cerrutti, P.; Galvagno, M., «Bacterial cellulose from simple and low cost production media by *Gluconoacetobacter xylinus*», *J. Polym. Environ.*, 21 (2013): 545–554.
- Li, Z.; Wang, L.; Hua, J.; Jia, S.; Zhang, J.; Liu, H., «Production of nanobacterial cellulose from waste water of candied jujube-processing industry using *Acetobacter xylinum*», *Carbohydr. Polym.*, 120 (2015): 115–119.
- Chen, L.; Hong, F.; Yang, X.X.; Han, S.F., «Biotransformation of wheat straw to bacterial cellulose and its mechanism», *Bioresour. Technol.*, 135 (2013): 464–468.
- Adnan Cavka, Xiang Guo, Shui-Jia Tang, Sandra Winestrand, Leif J Jönsson, Feng Hong, «Production of bacterial cellulose and enzyme from waste fiber sludge», *Biotechnology for Biofuels*, 6 (2013): 25.
- Guo, X.; Cavka, A.; Jönsson, L.J.; Hong, F., «Comparison of methods for detoxification of spruce hydrolysate for bacterial cellulose production», *Microb. Cell Factories*, 12 (2013): 1–14.
- Huang, C.; Yang, X.Y.; Xiong, L.; Guo, H.J.; Luo, J.; Wang, B.; Zhang, H.R.; Lin, X.Q.; Chen, X.D., «Evaluating the possibility of using acetone-butanol-ethanol (ABE) fermentation wastewater for bacterial cellulose production by *Gluconoacetobacter xylinus*», *Lett. Appl. Microbiol.*, 60 (2015): 491–496.
- Савицкая И.С., Кистаубаева А.С., Шокатаева Д.Х., Абдулжанова М.А.. Новый штамм *Gluconoacetobacter xylinus* С3 – продуцент бактериальной целлюлозы [Текст] // *Материалы международной научно-практической конференции «Вклад микробиологии и вирусологии в современную индустрию»*. – Алматы, 2016. – С. 80.

Оболенская А.В., Ельницкая З.П., Леонович А.А. Лабораторные работы по химии древесины и целлюлозы [Текст]. – М.: Экология, 1991. – С. 254.

Скиба Е.А., Будаева В.В., Макарова Е.И., Павлов И.Н., Золотухин В.Н., Сакович Г.В. Ферментативный гидролиз целлюлоз плодовых оболочек овса [Текст] // Вестник Казанского технологического университета. – 2013. – Т.16, №20. – С. 195-198.

Soher F., Mohsen M. S. A., Manal G. M., Hassan I., Ahmed A., «Comparative Study for Bacterial Cellulose Production Using Egyptian *Achromobacter* sp.», *Research Journal of Pharmaceutical, Biological and Chemical Sciences*, 7 (6) (2016): 954-969.

Miller, G.L., «Use of dinitrosalicylic acid reagent for determination of reducing sugar», *G.L. Miller // Anal. Chem.*, 31 (1959): 426–429.

Akturk O., Tezcaner A., Bilgili H., Deveci M.S., Gecit M.R., Keskin D., «Evaluation of sericin/collagen membranes as prospective wound dressing biomaterial», *J Biosci Bioeng.*, 112 (3) (2011): 279-88.

Mikkelsen D., Flanagan B.M., Dykes G.A., Gidley M.J., «Influence of different carbon sources on bacterial cellulose production by *Gluconacetobacter xylinus* strain ATCC 53524», *J Appl Microbiol.*, 107 (2009): 576–583.

Chawla R.P., Bajaj I.B., Survase S.A., Singhal R.S., «Microbial cellulose: fermentative production and applications», *Food technology and Biotechnology*, 47 (2) (2009): 107-124.

Будаева В. В., Гладышева Е. К., Скиба Е. А., Сакович Г. В. Способ получения бактериальной целлюлозы – заявка на изобретение [Текст]. Регистрационный № 2015129304 от 16.07.2015.

Скиба Е. А. Изучение устойчивости штамма *Saccharomyces cerevisiae* ВКПМ Y-1693 к ферментативным гидролизным средам [Текст] // Ползуновский вестник. – 2013. – № 3. – С. 214–219.

Jahan, F., Kumar V., Rawat G., Saxena R. K., «Production of microbial cellulose by a bacterium isolated from fruit», *Appl, Biochem. Biotechnol.*, 167 (2012): 1157–1171.

Lin, W.C., Lien, C.C., Yeh, H.J., Yu, C.M., Hsu, S.H., «Carbohydrate Polymers», 94 (2013): 603-611.

References

Adnan Cavka, Xiang Guo, Shui-Jia Tang, Sandra Winstrand, Leif J Jönsson, Feng Hong, «Production of bacterial cellulose and enzyme from waste fiber sludge», *Biotechnology for Biofuels*, 6 (2013): 25.

Akturk O., Tezcaner A., Bilgili H., Deveci M.S., Gecit M.R., Keskin D., «Evaluation of sericin/collagen membranes as prospective wound dressing biomaterial», *J Biosci Bioeng.*, 112 (3) (2011): 279-88.

Bielecki S., Krystynowicz A., Turkiewicz M., Kalinowska H., «Bacterial cellulose», *Polysaccharides I: Polysaccharides and Polyamide in Food Industry*, (2005): 31-85.

Budaeva V.V., Gladysheva E.K., Skiba E.A., Sakovich G.V. (2015) Sposob polucheniya bakterialnoy cellulozy – zayavka na izobrenenie [Method for producing bacterial cellulose – application for an invention], Registration No. 2015129304 of 16/07/2015.

Chawla R.P., Bajaj I.B., Survase S.A., Singhal R.S., «Microbial cellulose: fermentative production and applications», *Food technology and Biotechnology*, 47 (2) (2009): 107-124.

Chen, L.; Hong, F.; Yang, X.X.; Han, S.F., «Biotransformation of wheat straw to bacterial cellulose and its mechanism», *Bio-resour. Technol.*, 135 (2013): 464–468.

Czaja, W. K., Young, D. J., Kawecky M., Brown R. M., «The future prospects of microbial cellulose in biomedical applications», *Biomacromolecules*, (2007): 1-12.

Guo, X.; Cavka, A.; Jönsson, L.J.; Hong, F., «Comparison of methods for detoxification of spruce hydrolysate for bacterial cellulose production», *Microb. Cell Factories*, 12 (2013): 1–14.

Hong, F.; Qiu, K.Y., «An alternative carbon source from konjac powder for enhancing production of bacterial cellulose in static cultures by a model strain *Acetobacter acetii* subsp. *xylinus* ATCC 23770», *Carbohydr. Polym.*, 72 (2008): 545–549.

Huang, C.; Yang, X.Y.; Xiong, L.; Guo, H.J.; Luo, J.; Wang, B.; Zhang, H.R.; Lin, X.Q.; Chen, X.D., «Evaluating the possibility of using acetone-butanol-ethanol (ABE) fermentation wastewater for bacterial cellulose production by *Gluconacetobacter xylinus*», *Lett. Appl. Microbiol.*, 60 (2015): 491–496.

Jahan, F., Kumar V., Rawat G., Saxena R. K., «Production of microbial cellulose by a bacterium isolated from fruit», *Appl, Biochem. Biotechnol.*, 167 (2012): 1157–1171.

Klemm D., Heublein B., Fink H.P., Bohn A., «Cellulose: fascinating biopolymer and sustainable raw material», *J Angew Chem Int Ed*, (2005): 3358-3393.

Kurosumi, A.; Sasaki, C.; Yamashita, Y.; Nakamura, Y., «Utilization of various fruit juices as carbon source for production of bacterial cellulose by *Acetobacter xylinum* NBRC 13693», *Carbohydr. Polym.*, 76 (2009): 333–335.

Li, Z.; Wang, L.; Hua, J.; Jia, S.; Zhang, J.; Liu, H., «Production of nanobacterial cellulose from waste water of candied jujube-processing industry using *Acetobacter xylinum*», *Carbohydr. Polym.*, 120 (2015): 115–119.

Lin, W.C., Lien, C.C., Yeh, H.J., Yu, C.M., Hsu, S.H., «Carbohydrate Polymers», 94 (2013): 603-611.

Mikkelsen D., Flanagan B.M., Dykes G.A., Gidley M.J., «Influence of different carbon sources on bacterial cellulose production by *Gluconacetobacter xylinus* strain ATCC 53524», *J Appl Microbiol.*, 107 (2009): 576–583.

Miller, G.L., «Use of dinitrosalicylic acid reagent for determination of reducing sugar», *G.L. Miller // Anal. Chem.*, 31 (1959): 426–429.

Obolenskaya A.V., Elnitskaya Z.P., Leonovich A.A. (1991) Laboratornye raboty po himii drevesiny i cellulozy [Laboratory work on the chemistry of wood and cellulose], *Ecology*, P. 254.

Ruka R.D., Simon P.G., Dean K., «Altering the growth conditions of *Gluconoacetobacter xylinus* to maximize the yield of bacterial cellulose», *CSIRO Materials Science and Engineering*, (2015): 1-21.

Savitskaya I.S., Kistaubayeva A.S., Shokatayeva D.H., Abdulzhanova A.A. (2016) Novyy shtamm *Gluconoacetobacter xylinus* C3 – producent bakterialnoy cellulozy [A new strain of *Gluconoacetobacter xylinus* C3 is a producer of bacterial cellulose], *Materials of the international scientific and practical conference «Contribution of microbiology and virology to the modern industry»*, Almaty, P. 80.

Sherif M.A.S., «Bacterial cellulose production and its industrial applications», *J Bioprocess Biotechniques*, (2014): 2-7.

Skiba E.A. (2013) Izuchenie ustoychivosti shtamma *Saccharomyces cerevisiae* BKПМ Y-1693 k fermentativnym gidroliznym sredam [Study of the resistance of the *Saccharomyces cerevisiae* strain VKPM Y-1693 to enzymatic hydrolysis media], *The Polzunovskiy Herald*, 3, pp. 214-219.

Skiba E.A., Budaeva V.V., Makarova E.I., Pavlov I.N., Zolotuhin V.N., Sakovich G.V. (2013) Fermentativnyy gidroliz celluloz plodovyh obolochek ovsa [Enzymatic hydrolysis of fruit cellulose oats], *Herald of Kazan Technological University*, 16 (20), pp. 195-198.

Soher F., Mohsen M. S. A., Manal G. M., Hassan I., Ahmed A., «Comparative Study for Bacterial Cellulose Production Using Egyptian *Achromobacter* sp.», *Research Journal of Pharmaceutical, Biological and Chemical Sciences*, 7 (6) (2016): 954-969.

Vazquez, A.; Foresti, M.L.; Cerrutti, P.; Galvagno, M., «Bacterial cellulose from simple and low cost production media by *Gluconoacetobacter xylinus*», *J. Polym. Environ.*, 21 (2013): 545–

Wu, J.M.; Liu, R.H., «Thin stillage supplementation greatly enhances bacterial cellulose production by *Gluconoacetobacter xylinus*», *Carbohydr. Polym.*, 90 (2012): 116–121.

Zeng, X.; Small, D.P.; Wan, W., «Statistical optimization of culture conditions for bacterial cellulose production by *Acetobacter xylinum* BPR 2001 from maple syrup», *Carbohydr. Polym.*, 85 (2011): 506–513.

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

Раздел 3
**АКТУАЛЬНЫЕ ПРОБЛЕМЫ
СОХРАНЕНИЯ
БИОЛОГИЧЕСКОГО РАЗНООБРАЗИЯ**

Section 3
**ACTUAL PROBLEMS
OF BIODIVERSITY CONSERVATION**

Inelova Z.¹, Nesterova S.², Seitkadyr K.³, Zaparina Ye.⁴, Gallamova G.⁵

¹Acting Associate Professor, Candidate of Biological Sciences, e-mail: Zarina.Inelova@kaznu.kz

²Professor, Doctor of Biological Sciences, e-mail: svetlana.nesterova.2012@mail.ru

³laboratory assistant, e-mail: seitkadyrova@list.ru

⁴laboratory assistant, e-mail: he_len.kz@mail.ru

⁵student master degree, e-mail: ggallamova@mail.ru

Al-Farabi Kazakh National University, Kazakhstan, Almaty

ENVIRONMENTAL ANALYSIS OF GORGE REMIZOVKA TRANS-ILI ALATAU

This article presents the results of the study, obtained during the ecological analysis of the gorge Remizovka of the Trans-Ili Alatau. Due to the fact that the flora is a defining component of ecosystems and is subject to changes over time, it serves as an indicator of the changes that are occurring, and its current state is the result of phenomena that occurred earlier under the influence of natural and anthropogenic factors. In this regard, the inventory and analysis of the flora of any region were, and will always be relevant. One of the global challenges of our time is the study of problems and the conservation of biological diversity. Gorge Remizovka is previously poorly known, therefore the purpose of our work was to conduct an ecological analysis of the flora of this region.

Flora was studied using both traditional methods of field geobotanical research and new methodological methods.

The distribution of plant species in the life-forms of Remizovka has shown that perennials (623 species or 69.69%), annuals (143 species or 15.99%) and shrubs (55 species or 6.15%) are predominant. The smallest part of the species refers to biennials (46 species or 5.14%), semishrubs (9 species or 1.01%) trees (8 species or 0.89%), and a small number of semi-shrubs (6 species or 0.67%), shrubs (2 species or 0.22%) and lianas (2 species or 0.22%).

As a result of the ecological analysis of the flora of Remizovka gorge, which is based on the classification of groups with respect to soil moisture, it was found that most of them are mezoxerophytes (423 species or 47.32%), xerophytes (194 species, 21.70%) mesophytes (175 species, 19.57%), xeromesophytes (92 species or 10.29%). The smallest part of the flora of the region consists of gigromesophytes (7 species, 0.78%) and meso-hygrophytes (3 species, 0.34%).

Key words: Gorge Remizovka, ecological analysis, life forms, ecological groups.

Инелова З.¹, Нестерова С.², Сейтқадыр Қ.³, Запарина Е.⁴, Ғаламова Г.Ғ.⁵

¹б.ғ.к., доцент м.а., e-mail: Zarina.Inelova@kaznu.kz

²б.ғ.д., профессор, e-mail: svetlana.nesterova.2012@mail.ru

³лаборант, e-mail: seitkadyrova@list.ru

⁴лаборант, e-mail: he_len.kz@mail.ru

⁵магистрант, e-mail: ggallamova@mail.ru

әл-Ғараби атындағы Қазақ ұлттық университеті, Қазақстан, Алматы қ.

Іле Алатауының Ремизовка шатқалына экологиялық анализ

Бұл мақалада Іле Алатауының Ремизовка шатқалындағы экологиялық талдау кезінде алынған зерттеудің нәтижелері келтірілген. Флоралар экожүйені құрам бөліктерін анықтауға байланысты және ұзақ уақыт бойы өзгерістер индикаторы ретінде қызмет етеді және оның қазіргі жағдайы табиғи және антропогендік факторлардың әсерінен бұрын орын алған оқиғалардың нәтижесі болып табылады. Осыған байланысты кез келген аймақтың флорасын инвентаризациялау және талдау әрдайым маңызды. Біздің заманымыздың жаһандық проблемаларының бірі биологиялық әртүрлілікті сақтау және мәселелерді зерттеу болып табылады. Ремизовка шатқалы бұрын-соңды

аз зерттелген, сондықтан біздің жұмысымыздың мақсаты осы аймақтың флорасына экологиялық сараптау жүргізу болып табылады.

Далалық геоботаникалық зерттеу әдістері және жаңа әдіснамалар арқылы флора зерттелді.

Тіршілік формасына байланысты Ремизовка өсімдіктер көпжылдық (623 түр немесе 69,69%), біржылдық (143 түр немесе 15,99%) және бұталар (55 түр немесе 6,15%) болып бөлінді. Ең аз саны екіжылдықтар (46 түр немесе 5,14%), бұталар (9 түрі немесе 1,01%) ағаштар (8 түрі немесе 0,89%) жартылайбұталар саны (6 түр немесе 0,67%), бұталар (2 түр немесе 0,22%) және лианалар (2 түр немесе 0,22%).

Нәтижесінде Ремизовка шатқалының флораларына экологиялық талдау арқылы топтардың классификациясы топырақ ылғалдылығына байланысты. Сондай-ақ, көпшілік бөлігін мезоксерофиттер (423 түр немесе 47,32%), ксерофиттер (21,70%-ын 194 түр), мезофиттер (175 түрі, 19,57%), ксеромезофиттер (92 түрі немесе 10,29%) құрайды. Флораның ең аз бөлігі гигромезофиттер (7 нысаны, 0,78%) және мезогигрофиттер (3 түрі, 0,34%) құрайды.

Түйін сөздер: Ремизовка шатқалы, экологиялық анализ, тіршілік формасы, экологиялық топтар.

Инелова З.¹, Нестерова С.², Сейтқадыр Қ.³, Запарина Е.⁴, Ғаламова Г.Ғ.⁵

¹и.о. доцента, к.б.н., e-mail: Zarina.Inelova@kaznu.kz

²профессор, д.б.н., e-mail: svetlana.nesterova.2012@mail.ru

³лаборант, e-mail: seitekadyrova@list.ru

⁴лаборант, e-mail: he_len.kz@mail.ru

⁵магистрант, e-mail: ggallamova@mail.ru

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

Экологический анализ ущелья Ремизовки Заилийского Алатау

В данной статье представлены результаты исследования, полученные в ходе проведения экологического анализа ущелья Ремизовки Заилийского Алатау. В связи с тем, что флора является определяющей составной частью экосистем и подвергается изменениям с течением времени, она служит показателем происходящих изменений, а её современное состояние является результатом явлений, происходивших ранее под влиянием природных и антропогенных факторов. В связи с этим инвентаризация и анализ флоры любого региона были, есть и будут всегда актуальными. Одной из глобальных задач современности является изучение проблем и сохранение биологического разнообразия. Ущелье Ремизовка является ранее малоизученным, поэтому целью нашей работы было провести экологический анализ флоры данного региона.

Флора изучалась с использованием традиционных методов полевых геоботанических исследований.

Распределение видов растений Ремизовки по жизненным формам показало, что преобладающими являются многолетники (623 вида, или 69,69%), однолетники (143 вида, или 15,99%) и кустарники (55 видов, или 6,15%). Наименьшая часть видов относится к двулетникам (46 видов, или 5,14%), полукустарникам (9 видов, или 1,01%) деревьям (8 видов, или 0,89%), и, незначительное количество составляют полукустарнички (6 видов, или 0,67%), кустарнички (2 вида, или 0,22%) и лианы (2 вида, или 0,22%).

В результате экологического анализа флоры ущелья Ремизовки, в основу которого принята классификация групп по отношению к влажности почв, выявлено, что большую часть составляют мезоксерофиты (423 вида, или 47,32 %), ксерофиты (194 вида, что составляет 21,70 %), мезофиты (175 видов, 19,57 %), ксеромезофиты (92 вида, или 10,29 %). Меньшую часть флоры региона составляют гигромезофиты (7 видов, 0,78 %) и мезогигрофиты (3 вида, 0,34%).

Ключевые слова: Ущелье Ремизовка, экологический анализ, жизненные формы, экологические группы.

Introduction

Flora as a natural history formation, is a defining component of ecosystems, subject to changes over time. The refore, the flora of the research region serves as an indicator of the current changes, and its current state is the result of phenomena that occurred earlier under the influence of natural and anthropogenic factors. In this regard, the inventory

and analysis of the flora of any region were, are and will always be relevant. The problem of studying and preserving biological diversity is a global task of the present day.

One of the characteristic features of the current stage of development of society is the strengthening of anthropogenic impact on the environment. This process is accompanied by synergistic effects and leads to a deterioration in the quality of the natural

environment, which in the long term leads to a reduction in biodiversity (Lebedeva 2002: 432, Nesterova 2017: 289-296).

Kazakhstan, as a party to the Convention on the Conservation of Biological Diversity, has its obligations to conserve biological diversity. In accordance with the UN Convention on Biodiversity, the first stage for conservation is the inventory (Convention: 1992). Therefore, in modern conditions of the inventory of flora and natural plant resources, both at the regional and national levels, along with generalization and replenishment with new information on useful properties, is the foundation for the development of a scientifically grounded algorithm for the rational use of plant resources (Romanova 1993: 304).

The vegetative world of Kazakhstan, including the Remizovka gorge of the Trans-Ili Alatau, is characterized by a rich gene pool and unique reserves of useful plants, primarily wild-growing species with medicinal properties, a significant part of which is promising for research into the chemical composition and biologically active substances, which are science-intensive and competitive production, which enjoys an increasing demand in the world market (Grudzinskaya 2012: 139).

The Trans-Ili Alatau including the Remizovka gorge, is the central ridge of the mountain system of the Northern Tien Shan, and the flora of the Trans-Ili Alatau is one of the richest floras, reflecting with minor exceptions the flora of the entire Northern Tien Shan (Beketova 2017: 290-298, Kokoreva 1996: 38, Inelova 2017: 49).

A characteristic feature of the territory of the Remizovka gorge of the Trans-Ili Alatau is the saturation of the flora and the uniqueness of the structure of the vegetation cover. The structure of the cover is dominated by complexes of plant communities (Nesterova 2016: 50-53, Ogar. 2016: 36-42). The composition of plant communities and their distribution in space are determined by habitat conditions. The main factors determining the distribution of vegetation in space are the conditions of moistening, salinity and mechanical composition of soils, and groundwater, as well as geomorphological conditions (Sadyrova 2017: 299-308).

A whole galaxy of scientists has for many years studied the flora and vegetation of the Northern Tien Shan, including the Trans-Ili Alatau.

Due to the fact that the Remizovka gorge is poorly understood and there is insufficient information about the region, research on the natural diversity and structure of communities at the ecological,

floristic, geobotanical and other levels is extremely important (Proskuryakov 2012: 228).

Materials and methods

A list of the field expedition research routes for studying the flora of the gorge Remizovka for 2017-2018 is developed.

The material of the studies was the herbarium material of the Department of Biodiversity and Bioresources of the Kazakh National University named after al-Farabi, as well as own collections of species composition, conducted during the period of 2017-2018.

The classical methods of floristic, geobotanical research are used. The main method of investigation was route-reconnaissance.

Several expeditions were carried out in the gorge of Remizovka, Trans-Ili Alatau (Figure 1), including spring, summer and autumn periods. As a result, more than 500 herbarium sheets of higher vascular plants were collected. The processing, identification and comparison of plants were carried out using a morphological-geographical method.

When determining herbarium specimens, the floras of the USSR, Flora of Kazakhstan, the Determinant of Plants of Central Asia, Illustrated Plant Determiner of Kazakhstan, as well as work and the determination of families and genera were used as sources for sources with the help of the Flora of Kazakhstan M. C. Baitenova (Goloskokov 1969: 289-231, Baitenov 2001: 245-251).

The location of species and supratemporal categories in the abstract of the flora and the floral spectrum are made according to the system of A.L. Takhtadzhyan (Takhtadzhyan 1987: 439). The spelling of Latin names, the nomenclatural changes in taxa were reconciled in accordance with S.K. Cherepanov (Cherepanov 1981: 509).

Results and discussion

Based on the literary data «Flora of Kazakhstan», «Illustrated determinant of plants of Kazakhstan» and own research in the flora of the Remizovka gorge, 894 species belonging to 380 genera from 81 families were identified. Analysis of the largest families of the Remizovka gorge flora allowed the identification of 10 largest families in the largest number of species (Asteraceae, Poaceae, Fabaceae, Rocaseae, Ranunculaceae, Lamiaceae, Caryophyllaceae, Brassicaceae, Apiaceae, Scrophulariaceae). (Barkley 2000: 253-258, Bruce 2005: 15-29, Hudaberdi 2000: 52-61). The listed

10 families include 586 species or 65.55% of the total species composition of the flora of the studied region. The largest genera are Astragalus (18

species or 2.01%), Artemisia (18 species or 2.01%), Erigeron (15 species or 1.68%), Potentilla (11 species or 1.23%).



Figure 1 – Map of the Remizovka Gorge

Plants grow and develop under the influence of a complex complex of simultaneously acting on them factors that cause adaptive reactions. The struggle for moisture was the main stimulus for the evolution of the plant world, as evidenced by the history of the formation of modern floras of various regions of the globe (since the Cretaceous period) (Goryshen 2005: 686). So, in relation to water, the

following ecological groups stand out: hydrophytes, hygrophytes, mesophytes, xerophytes (Lotova 2007: 295-306).

Since the flora of the research area is constantly changing and depends on the water regime, 6 groups were identified in the study area: mesohygrophytes, hygromesophytes, mesophytes, mesoxerophytes, xeromesophytes and xerophytes (Table 1).

Table 1 – Distribution of the flora species of the Remizovka gorge in confinement to habitat types

Ecological type	Type of site of growth	Number of species	% of the total number of species
Mesoxerophytes	With periodic inadequate moistening	423	47,32
Xerophytes	With strong moisture shortcoming	194	21,70
Mesohygrophytes	With sufficient moisture	175	19,57
Xeromesophytes	With periodic aridity	92	10,29
Hygromesophytes	Periodically over much waterlogging	7	0,78

As a result of the ecological analysis of the Remizovka gorge flora, which is based on the classification of groups with respect to soil moisture, it was found that most of them are mezoxerophytes (423 species or 47.32%). These plants are adapted to conditions somewhat less than the average for moisture reserves in the soil, intermediate between xeromesophytes and xerophytes (Serebryakov 1962a: 377, Archibold 1995: 510). Mesoxerophytes are characteristic of sandy and clayey mountainous areas, as well as tugai. This is *Ceratocephala testiculata* (Crantz) Bess. *Papaver pavoninum* Schrenk and others.

The second place is occupied by xerophytes (194 species, 21.70%), plant species adapted to live in conditions with periodically insufficient moisture or with a permanent lack of moisture. They are adapted to life in conditions of low water supply (Serebryakov 1962a: 377). Xerophytes are plants of dry habitats capable of suffering a significant lack of moisture – soil and atmospheric drought. This group includes species of mountain territories, dry steppes. They have various adaptations to the conditions of lack of moisture: a strongly developed root system, a water-conducting system (ie, leaves have a dense vein arrangement), strongly reduced leaf blades, have thick cover tissues (thick-walled, multilayered epidermis with outgrowths and hairs that form thick «felt» pubescence) (Michael 2001: 156.). Xerophytes include *Ephedra equisetina* Bunge and others.

The third ecological type is mesophytes (175 species or 19.57%) – species adapted to life in conditions of medium water supply (average moisture of soils and air). Plants of this ecological group are characteristic for floodplains of rivers and tugai. These are species such as *Equisetum hyemale* L., *Clematis songarica* Bunge, *C. glauca* Willd., *Thalictrum alpinum* L., *Th. simplex* L. and others. The same group includes ephemerals and ephemeroïds (Serebryakov 1978v: 431-461), which form the spring flora.

Fourth place is occupied by xeromesophytes. This is an intermediate ecological type between proper mesophytes and mezoxerophytes in the flora of the Trans-Ili Alatau. There are 92 species in the flora of the region, or 10.29%. These plants are adapted to conditions with moisture reserves in the soil slightly below average. Xeromesophytes, species with a periodically arid habitat – *Delphinium camptocarpum* Fich. et C.A.Mey., *Hypocoum parviflorum* Kar. et Kir., *H. trilobum* Trautv. and others.

The least part of the flora of the region is composed of gigromesophytes (7 species or 0.78%) and meso-

hygrophytes (3 species or 0.34%). Gigromesophytes, periodically over-powerful overmoistening species – *Potentilla supina* L., *Veronica anagallis – aquatica* L., *Cyperus glomeratus* L. and others.

Thus, the conducted ecological analysis of the flora of the region showed us all the diversity of ecological types. The dominance of mezoxerophytes, xerophytes and mesophytes indicates the inner-continental position of the Remizovka gorge.

As a result of the studies, the life forms of the Remizovka gorge flora were analyzed. Under the life form is meant the totality of adult individuals of this species under certain growing conditions, possessing a peculiar general appearance (habitus), including overground and underground organs (underground shoots and root system) (Vasiliev 1988: 447-450, Du Rietz 1931: 95). An analysis of the life forms of the Remizovka species is shown in Figure 2. Among the plants growing on this territory there are perennials, biennials, annuals, half-shrubs, shrubs, shrubs, shrubs, trees, and lianas. The distribution of the species of the Remizovka gorge in lifeforms has shown that perennials (623 species or 69.69%), annuals (143 species or 15.99%) and shrubs (55 species or 6.15%) are predominant. The smallest part of the species refers to biennials (46 species or 5.14%), semishrubs (9 species or 1.01%) trees (8 species or 0.89%), and a small number of semi-shrubs (6 species or 0.67%), shrubs (2 species or 0.22%) and lianas (2 species or 0.22%).

The analysis of life forms according to I.G. Serebryakov (Serebryakov 1952b: 390), Serebryakov 1962a: 377) showed that the basis of the flora of the Remizovka gorge of the Trans-Ili Alatau is grassy polycarpica of 669 species, accounting for 74.83% of the total, monocarpic species represented by 143 species or 16%, shrubs are represented by 55 species or 6.15%, half-shrubs and semishrubs have 1.68% (15 species), the number of trees is 8 species, which is 0.89%, the smallest number of species is represented by saprophytic and parasitic grasses perennials and shrubs and, including 2 species or 0.22% (Table 2).

Thus, the analysis of the life forms of the Remizovka gorge flora showed the whole variety of life forms with a predominance of herbaceous polycarpics and monocarpic grasses.

However, many researchers believe that the system of distribution of species according to life forms according to I.G. Serebryakov does not cover the complete biological characteristics of the flora (Serebryakov 1978v: 431-461), and the system of «biological types» K. Raunkire is an indicator of the fitness of the species of a particular flora to

carry an unfavorable period, since it is based on the location of the kidneys of renewal with respect to the surface soil. In this regard, we resulted in

the distribution of species among the «biological types» of K. Raunkire for the flora of the region under study (Table 3).

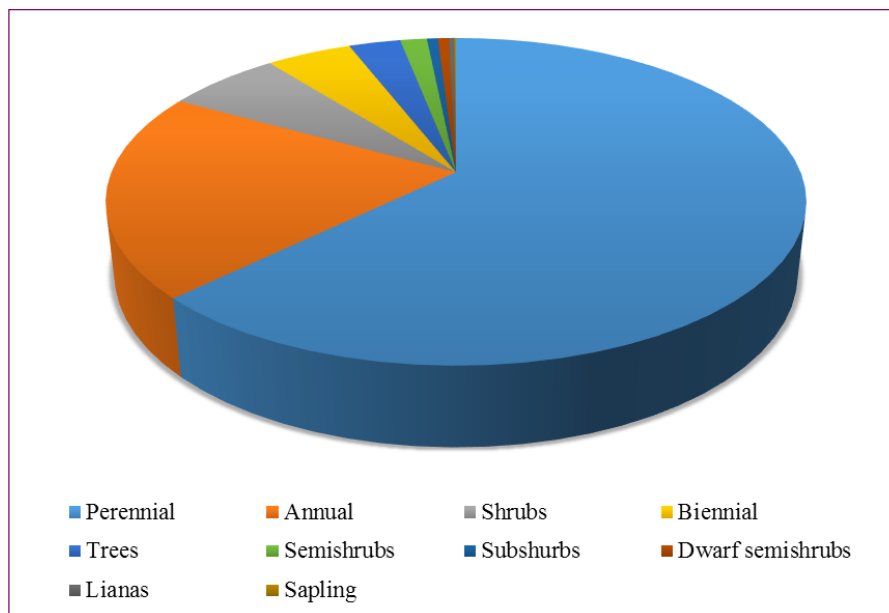


Figure 2 – Life forms of the Remizovka species

Table 2 – Distribution of species of the Remizovka flora according to I.G. Serebryakov

Life form	Number of species	% of the total number of species
I. Trees (tree)	8	0,89
II. shrubs	55	6,15
III. subshurb	2	0,22
IV. Semishrubs and dwarf semishrub	15	1,68
V. Grass polycarpics	669	74,83
VI. Saprophytic and parasitic herbaceous perennials	2	0,22
VII. Monocarpic grass	143	16
Total:	894	100

The distribution of the species of the Remizovka gorge in life forms, according to the classification of K. Raunkier (Raunkier 1934: 632), showed that the overwhelming majority are hemicryptophytes (570 species, which is 63.76% of the total), followed by terophytes (130 species or 14.54%), cryptophytes (112 species or 12.53%), phanerophytes (65 species or 7.27%), chamefites (17 or 1.90%).

Table 3 – Distribution of the flora species of the Remizovka gorge by the «biological types» of K. Raunkire

«Biological types» of Raunkire	Number of species	% of the total number of species
Phanerophytes	65	7,27
Chamefites	17	1,90
Hemicryptophytes	570	63,76
Cryptophytes	112	12,53
Terophytes	130	14,54
Total	894	100

Conclusion

On the basis of the conducted researches and the analysis of results of the received data the following conclusions are made:

Based on the analysis of the literature data, the research of the herbarium fund of the Institute of Botany and Phyto-Introduction of the Chinese Academy of Sciences and its own research into the collection and study of plants in the Remizovka gorge of the Trans-Ili Alatau, a preliminary annotated list of flora including 894 species belonging to 380 genera and 81 families.

6 ecological groups of plants are distinguished, among which the leading place is occupied by mezoxerophytes (423 species), which is typical for this territory. Nevertheless, a significant proportion of the opposite ecological groups – xerophytes and

mesophytes – testify to the inland position of the Remizovka gorge of the Trans-Ili Alatau.

Analysis of the life forms of the Remizovka gorge of the Trans-Ili Alatau showed the whole diversity of life forms with a predominance of herbaceous polycarpic and monocarpic grasses, which is a typical sign of the flora of a given territory. According to K. Raunkire's system, the overwhelming number of species belongs to groups of hemicryptophytes (570 species or 63.76%) and terophytes (130 species or 14.54%).

Due to the fact that the flora is a defining component of ecosystems and is subject to changes over time, it serves as an indicator of the changes that are occurring, and its current state is the result of phenomena that occurred earlier under the influence of natural and anthropogenic factors. Thus, it is necessary to develop monitoring and forecasting of the situation in order to improve it.

References

- Archibold O. (1995) Ecology of World Vegetation. London: Chapman and Hall, P.510.
- Baitenov M.S. (2001) Flora Kazahstana [Flora of Kazakhstan]. Almaty: Lent, vol.1, pp.245-251.
- Barkley T. (2000) Floristic studies in contemporary botany. Madroño, no 47, pp. 253-258.
- Beketova, A., Kaldybaev S., Yertayeva Z. (2017) Changes in the composition and properties of meadow solonchaks of the ili alatau foothill plain in the republic of Kazakhstan during a long postmeliorative period. Science Publications: Journal of Biological Sciences, vol. 17, no 4, P. 290-298.
- Bruce W., Forrest L. (2005) Vascular Flora of the Deep fork river in Okmulgee, Creek and Okfuskee Counties, Oklahoma. Publications of the Oklahoma Biological Survey and Series, vol.6, pp. 15-29.
- Cherepanov S.K. (1981) Sosudistyie rasteniya SSSR [Vascular plants of the USSR] Leningrad: Science, P.509 p.
- Du Rietz, G. (1931) Life-forms of terrestrial flowering plants. Acta Phytogeographica Suecica, no 3(1), P.95.
- Goloskokov V.P. (1969) Illyustrirovannyiy opredelitel rasteniy Kazahstana [Illustrated determinant of plants of Kazakhstan] Alma-Ata: Nauka, vol.1. pp. 289-231.
- Goryshena T.K. (1979) Ekologiya rasteniy [Ecology of plants] Moscow: Higher education School, P.362.
- Grudzinskaya L.M., Gemedzhieva N.G. (2012) Spisok lekarstvennykh rasteniy Kazahstana [List of medicinal plants in Kazakhstan] Almaty, P.139.
- Hudaberdi M., Nurbay A. (2000) The Features of the Vegetation and the Eco-Geography of the Taklamakan Desert in Xinjiang. China, Landschaftsentwicklung und Umweltforschung, no 121, pp. 52-61.
- Inelova Z.A., Nesterova S.G., Kokoreva I. (2017) Plant biodiversity in Aksay gorge of Trans-Ili Alatau. First European Symposium: Research, conservation and management of biodiversity in the European seashores (RCMBES), Primarsko, P.49.
- Kokoreva, I. (1996) Root systems of Crataegus L. in the Trans-Ili Alatau. Kazakhstan, Acta Phytogeographica Suecica, vol. 81, P. 36-38. Konventsiya o biologicheskom raznoobrazii [Convention on Biological Diversity] UN 9 June 1992.
- Lebedeva N.V, Krivolutsky D.A., Puzachenko Y.G. (2002) Geografiya i monitoring bioraznoobraziya [Geography and biodiversity monitoring] Moscow: Scientific and Scientific-Methodological Center, P. 432.
- Lotova L.I. (2007) Botanika. Morfologiya i anatomiya vysshih rasteniy [Botany. Morphology and anatomy of higher plants] Moscow: Com Book, pp. 295-306.
- Michael H. (2001) Xeromorphic. The Cambridge Illustrated Glossary of Botanical Terms, Clive King, Cambridge University Press, P. 156.
- Nesterova S.G., Inelova Z.A., Yerubayeva G. (2016) The diversity of useful plans of Zailiysky. Conservation and sustainable use of gene pool of plant world in Eurasia at the present stage. Antalia, Turkey, pp. 50-53.
- Nesterova S., Kokoreva I., Inelova Z.A., Yerubayeva G.K., Lyssenko V. (2017) Effect of recreational activities on the main plant communities of the Trans-Ili Alatau. 17-th International multidisciplinary scientific geoconference (SGEM), Ecology and Environmental Protection, 29 June-5 July. Albena, Bulgaria, pp.289-296.
- Ogar N. (2016) Geographical and historical synthesis .The wild apple forests of the Tien Shan. International Carlo Scarpa Prize for Gardens, p. 36-42.
- Peter H., Ray F., Susan E. (2005) Biology of plants. W. H. Freeman, P.686.
- Proskuryakov M.A. (2012) Hronologicheskii analiz rasteniy pri izmenenii klimata [Chronological analysis of plants under climate change] Almaty, vol. 18 (1), P.228.

- Raunkier C. (1934) The life forms of plants and statistical plant geography. Oxford, Clarendon Press, P. 632.
- Romanova E.P., Kurakova L.I., Ermakov Y.G. (1993) Prirodnyie resursy mira [Natural resources of the world]. Textbook. Allowance, Moscow: Moscow State University, P.304.
- Sadyrova G., Inelova, Z.A., Yerubayeva G. (2017) Endemics and subendemics species diversity of ketpen ridge flora. Journal of Biological Sciences, no 7(4), pp. 299-308.
- Serebryakov I.G. (1952) Morfologiya vegetativnyih organov vysshih rasteniy [Morphology of the vegetative organs of higher plants] Moscow: Soviet Science, P.390.
- Serebryakov I.G. (1962) Ekologicheskaya morfologiya rasteniy [Ecological morphology of plants] Moscow: High School, P.377.
- Serebryakov I.G. (1978) Ekologicheskie gruppy i zhiznennyye formy rasteniy [Ecological groups and life forms of plants] Moscow, pp. 431-461.
- Takhtadzhyan A.L. (1987) Sistema magnoliofitov [Magnoliophyte system] Leningrad: Science, pp.439.
- Vasiliev A.E., Voronin N.S., Botany A.G. (1988) Morfologiya i anatomiya rasteniy [Morphology and anatomy of plants] Moscow: Education, pp. 447-450.

Литература

- Archibold O. Ecology of World Vegetation, London: Chapman and Hall (1995):510.
- Barkley T. Floristic studies in contemporary botany (Madroño, 2000): 253-258.
- Beketova A., Kaldybaev S., Yertayeva, Z. «Changes in the composition and properties of meadow solonchaks of the ili alatau foothill plain in the republic of Kazakhstan during a long postmeliorative period», Science Publications, Journal of Biological Sciences 17 (2017):4: 290-298.
- Bruce W., Forrest L. «Vascular Flora of the Deep fork river in Okmulgee», Creek and Okfuskee Counties, Oklahoma, Biological Survey and Series (2005): 6:15-29.
- Du Rietz G. «Life-forms of terrestrial flowering plants» Acta Phytogeographica Suecica 3(1) (1931): 95.
- Hudaberdi M., Nurbay A. The Features of the Vegetation and the Eco-Geography of the Taklamakan Desert in Xinjiang, China, Landschaftsentwicklung und Umweltforschung (2000): 121:52-61.
- Inelova Z., Nesterova S., Kokoreva I., Yerubayeva G. «Plant biodiversity in Aksay gorge of Trans-Ili Alatau», First European Symposium: Research, conservation and management of biodiversity in the European seashores (RCMBES) Primarsko, Bulgaria (2017):49.
- Kokoreva I. «Root systems of Crataegus L. in the Trans-Ili Alatau, Kazakhstan», Acta Phytogeographica Suecica, 81(1996):36-38.
- Michael H. «Xeromorphic» The Cambridge Illustrated Glossary of Botanical Terms, Clive King, Cambridge University Press (2001):156.
- Nesterova S., Kokoreva I., Inelova Z., Yerubayeva G. «Effect of recreational activities on the main plant communities of the Trans-Ili Alatau» 17-th International multidisciplinary scientific geoconference (SGEM), Issue 52. Ecology and Environmental Protection, Albena, Bulgaria (2017):289-296.
- Nesterova S.G., Inelova Z.A., Yerubayeva G. «The diversity of useful plants of Zailiysky Conservation and sustainable use of gene pool of plant world in Eurasia at the present stage» Anatay, Turkey (2016) :50-53.
- Ogar N. «Geographical and historical synthesis» The wild apple forests of the Tien Shan. International Carlo Scarpa Prize for Gardens (2016):36-42.
- Raunkier C. The life forms of plants and statistical plant geography (Oxford: Clarendon Press, 1934):632.
- Ray F., Susan E. Eichhorn Biology of plants (W. H. Freeman: ISBN: 0-87901-532-2, 2005):686.
- Sadyrova G., Inelova Z., Yerubayeva, G. «Endemics and subendemics species diversity of ketpen ridge flora» Journal of Biological Sciences 7(4) (2017):299-308.
- Байтенов М.С. Флора Казахстана. – Алматы: Ғылым, 2001. – Т. 1 – С.245-251.
- Васильев А.Е., Воронин Н.С., А.Г. Ботаника. Морфология и анатомия растений. – М.: Просвещение, 1988. – С. 447-450.
- Горышена Т.К. Экология растений. – М.: Высш. школа, 1979. – 362 с.
- Грудзинская Л.М., Гемеджиева Н.Г. Список лекарственных растений Казахстана. – Алматы, 2012. – 139 с.
- Голоскоков В.П. Иллюстрированный определитель растений Казахстана: книга: в 2-х т. – Алма-Ата: Наука, 1969. – Т.1. – С. 289-231.
- Конвенция о биологическом разнообразии: утв. ООН 9 июня 1992.
- Лебедева Н.В., Криволицкий Д.А., Пузаченко Ю. Г. География и мониторинг биоразнообразия. — М.: Научный и научно-методический центр, 2002. — 432 с.
- Лотова Л.И. Ботаника. Морфология и анатомия высших растений. – М.: Ком Книга, 2007. – С. 295-306.
- Проскуряков М.А. Хронологический анализ растений при изменении климата. – Алматы, 2012. – Т.18(1). – 228 с.
- Романова Э. П., Куракова Л. И., Ермаков Ю. Г. Природные ресурсы мира. Учеб. пособие. — М.: МГУ, 1993. — 304 с.
- Серебряков И.Г. Морфология вегетативных органов высших растений. – М.: Советская наука, 1952. – 390 с.
- Серебряков И.Г. Экологическая морфология растений. – М: Высшая школа, 1962. – 377с.
- Серебряков И.Г. Экологические группы и жизненные формы растений. – М., 1978. – С. 431-461
- Тахтаджян А.Л. Система магнолиофитов. – Л.: Наука, 1987. – 439 с.
- Черепанов С.К. Сосудистые растения СССР. – Л.: Наука, 1981. – 509 с.

Мамилев Н.Ш.¹, Муталипов Р.А.², Сутуева Л.Р.³, Конисбаев Т.Г.⁴

¹к.б.н., доцент, e-mail: mamilov@gmail.com

²магистрант, e-mail: mutalipov.rustam@mail.ru

³PhD-докторант, e-mail: s_leila_aktau@mail.ru

⁴магистр, младший научный сотрудник, e-mail: konysbaev.talgarnai@gmail.com
Казахский национальный университет имени аль-Фараби, Казахстан, г. Алматы

МОРФОЛОГИЧЕСКОЕ РАЗНООБРАЗИЕ САЗАНА *CYPRINUS CARPIO* В ЗАПАДНОЙ ЧАСТИ ОЗЕРА БАЛКАШ И КАПШАГАЙСКОМ ВОДОХРАНИЛИЩЕ

Негативное антропогенное воздействие на пресноводные экосистемы привело к уменьшению разнообразия и снижению уловов рыбы во всем мире. Рыбы являются одним из индикаторов состояния водных экосистем. В связи с сильным негативным антропогенным воздействием на бассейн оз. Балкаш и большим промысловым значением сазана *Cyprinus carpio* этот вид был выбран в качестве объекта исследования. Целью нашей работы являлось изучение внешнего морфологического разнообразия сазана из Капшагайского водохранилища и западной части озера Балкаш. Изучались наличие морфологических аномалий (фенодевиат), флуктуирующая асимметрия билатеральных признаков, изменчивость 30 пластических, 12 счетных признаков и расположение пор сенсорной системы на голове. Для оценки популяционного разнообразия использован метод главных компонент. Упитанность большинства рыб находится на хорошем уровне. Однако пределы варьирования этого показателя в каждом из водоемов оказались выше, чем в начале интенсивного антропогенного воздействия на водные экосистемы этого бассейна. В обоих водоемах гомеостаз индивидуального развития нарушен. Обе выборки сазана представлены сходными морфологическими типами с небольшим числом уклоняющихся форм. Выявлена большая частота фенодевиат у сазана из западной части оз. Балкаш. Это является результатом того, что адаптационные возможности вида не могут компенсировать негативное антропогенное воздействие на эту часть бассейна.

Ключевые слова: ихтиомониторинг, изменчивость, сазан, Балкашский бассейн, гомеостаз.

Mamilov N.Sh.¹, Mutalipov R.A.², Sutuyeva L.R.³, Konysbayev T.G.⁴

¹PhD, Candidate of Biological Sciences, assistant professor, e-mail: mamilov@gmail.com

²Master student, e-mail: mutalipov.rustam@mail.ru

³PhD-doctorate, e-mail: s_leila_aktau@mail.ru

⁴MSc, junior researcher, e-mail: konysbaev.talgarnai@gmail.com
Al-Farabi Kazakh National University, Kazakhstan, Almaty

Morphological diversity of carp *Cyprinus carpio* in the western part of the Balkhash Lake and Kapshagay water reservoir

Negative human impact on freshwater ecosystems lead to decreasing of diversity and fall down of fish catches around the world. Fishes are one of the biological indicators of state of aquatic ecosystems. And so, carp *Cyprinus carpio* from the Balkhash watershed was chosen for the investigation in respect to high level of human impact and big commercial importance of the fish here. Investigation of variability of external morphology of carp from the western part of the Balkhash Lake and the Kapshagay water reservoir had been done. Existence of external morphological abnormalities (malformations), fluctuating asymmetry of bilateral characteristics, variability of 30 morphometric and 12 meristic measures as well as distribution of pores of the head lateral line. Principal components analysis was applied to intra-population variability assessment. Many of the investigated fishes were in well condition, but individual

variability for both water bodies became larger than it was before strong human impact. Developmental homeostasis was disturbed in the both water bodies. The carp was presented generally with similar morphological forms in the western part of the Balkhash Lake and Kapshagay water reservoir samples of carps with a few specific forms. Big percent of external malformations was revealed in the sample of carp from the western part of the Balkhash Lake. That could be a result of lack of adaptation ability in conditions of strong negative human impact in this part of the lake.

Key words: ichthyomonitoring, variability, carp, Balkhash basin, homeostasis.

Мамилов Н.Ш.¹, Муталипов Р.А.², Сутуева А.Р.³, Конысбаев Т.Г.⁴

¹б.ғ.к., доцент, e-mail: mamilov@gmail.com

²магистрант, e-mail: mutalipov.rustam@mail.ru

³PhD-докторанты, e-mail: s_leila_aktau@mail.ru

⁴магистр, кіші ғылыми қызметкері, e-mail: konysbaev.talgarnai@gmail.com
 әл-Фараби атындағы Қазақ ұлттық университеті, Қазақстан, Алматы қ.

Балқаш көлінің батыс бөлігінде және Қапшағай су қоймасындағы сазан балығының *Syrpinus carpio* морфологиялық алуантүрлілігі

Тұщы су экожүйелеріне адамның жағымсыз әсері бүкіл әлемдік балықтардың азаюына және алуантүрліліктің төмендеуіне алып келеді. Балық – су экожүйелерінің жағдайының көрсеткіштерінің бірі болып табылады. Балқаш көлінің бассейніне және Сазан балығының *Syrpinus carpio* кәсіптік маңыздылығына теріс антропогендік әсері себеп болғандықтан, бұл түр зерттеу объектісі ретінде таңдалды. Біздің зерттеуіміздің мақсаты – Балқаш көлінің батыс бөлігіндегі және Қапшағай су қоймасындағы сазан балығының морфологиялық алуантүрлілігін зерттеу болып табылады. Балықтың морфологиялық ауытқулардың болуы (фенодевиат), билатеральды көрсеткіштері, 30 пластикалық және 12 санау белгілерінің өзгеріштіктері, бастағы сенсорлық жүйенің орналасуы зерттелді. Популяция санының алуантүрлілігін бағалау үшін негізгі компоненттік әдіс пайдаланылды. Көптеген балық түрлерінде қондылығы жақсы деңгейде. Алайда, су қоймалардың әрқайсысының өзгеру лимиттері, осы бассейндегі су экожүйелеріне қарқынды антропогендік әсердің басталуына қарағанда жоғары болды. Екі суқоймада да жеке дамудың гомеостазы бұзылған. Сазан балығының екі бірдей үлгілерінде морфологиялық белгілерінде кішкене ауытқулар кездеседі. Балқаш көлінің батыс бөлігінде сазан балығының фенодовиттерінің жиілігі жоғары. Бассейннің осы бөлігіндегі түрдің бейімделу мүмкіндіктері теріс антропогендік әсер нәтижесінде қалпына келе алмайды.

Түйін сөздер: ихтиомониторинг, өзгеріштік, сазан, Балқаш бассейні, гомеостаз.

Введение

Рыбы привлекают особое внимание исследователей, поскольку их внешний облик под воздействием особенностей конкретной среды обитания изменяется гораздо сильнее, чем большинства других видов животных. Это представляет большой интерес для разработки системы ранней диагностики загрязнения природных вод – до достижения уровня, представляющего угрозу благополучию человека (Norton et al., 1995: 287-304; Савваитова и др., 1985: 182-188; Решетников и др., 1999: 165-177; Чеботарева и др., 1999: 142-146; Попов, 2004: 507-512). Углубленное изучение особенностей изменчивости рыб в разнотипных водоемах позволяет выявлять новые виды, полнее изучать закономерности функционирования и контролировать состояние естественных экосистем (Munkittrick, Dixon, 1989:123-135; Motta et al., 1995: 11-20; Lexer, Fay, 2005: 893-900; Grabarkiewicz, Davis, 2008: 1 – 96).

Разнообразие синтезируемых и используемых человеком химических веществ настолько велико, что контроль содержания отдельных веществ в природных водах стал крайне дорогостоящим и во многих случаях малоэффективным. Поэтому для оценки состояния водной среды и благополучия рыбного населения были предложены различные показатели самих рыб (Савваитова и др., 1985: 182-188; Решетников и др., 1999: 165-177; Чеботарева и др., 1999: 142-146; Попов, 2004: 507-512; Shuter, 1990:145-166).

Несмотря на высокую степень фенотипической адаптации рыб, она носит фазовый характер – период относительно высокой устойчивости к токсикантам сменяется ее резким снижением и гибелью рыб. Сложившееся мнение о большой адаптационной пластичности рыб и их способности выносить большие токсические нагрузки противоречит многочисленным экспериментальным данным (Лукьяненко, 1983: 1-320; Попов, 2004: 507-512). Давно известно прямое селективное воздействие стрессовых состояний

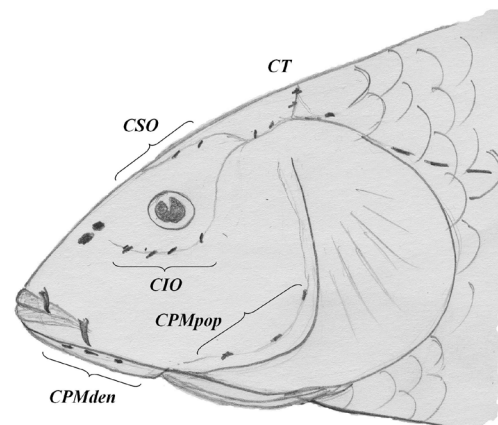
окружающей среды в связи с проблемой исчезновения видов, но при этом обычно не уделяется достаточного внимания возможностям поддержания гомеостаза популяциями и сообществами (Lexner, Fay, 2005: 893-900).

Целью нашей работы являлось изучение морфологического разнообразия сазана *Cyprinus carpio* Linnaeus, 1758 из Капшагайского водохранилища и западной части озера Балкаш. Выбор объекта исследования определяется интенсивным антропогенным воздействием на экосистемы Балкашского бассейна и большим значением сазана как промыслового вида рыб (Митрофанов и др., 1988: 231-279; Митрофанов, 1992: 372-411).

Материалы и методики

Отбор рыб для анализов был проведен в 2017 г. методом рандомизированных выборок из промысловых уловов в западной части оз. Балкаш и Капшагайском водохранилище. Единственным критерием был размер рыб – длиной тела от 300 до 500 мм. Рыбы меньшего размера в промысловые орудия лова попадать не должны, рыб большего размера неудобно фиксировать и хранить. Морфологический анализ рыб осуществлен в соответствии с руководством И.Ф. Правдина (Правдин, 1966:1-376). Для обозначения морфометрических признаков использованы распространенные в ихтиологических работах символы: L – общая длина тела в мм; lst – длина тела до хвостового плавника в мм; Q – масса тела в граммах; q – масса тела без внутренностей в граммах; Fulton – упитанность по Фултону; Clark – упитанность по Кларку; расстояние до спинного плавника (aD), постдорсальное расстояние (pD), расстояние до анального плавника (aA), расстояние до брюшного плавника (aV), расстояние до грудного плавника (aP), расстояние между грудными и брюшными плавниками (PV), расстояние между брюшными и анальным плавниками (VA), длина хвостового стебля (lca), наибольшая высота тела (H), наименьшая высота тела (h), длина головы (с), длина рыла (ao), диаметр глаза горизонтальный (oh), диаметр глаза вертикальный (ov), заглазничное расстояние (op), длина нижней челюсти (lmd), длина верхней челюсти (lmx), barbel 1 и barbel 2 – длина соответственно первого и второго усиков от переднего края рыла к краю рта, толщина верхней и нижней губы (lip T, lip B), высота головы через глаз (hco), высота головы у затылка (hc), межглазничное расстояние (io), длина спинного

плавника (lD), высота спинного плавника (hD), длина анального плавника (lA), высота анального плавника (hA), длина грудных плавников (lP), длина брюшных плавников (lV), длина верхней лопасти хвоста (lCs), длина средних лучей хвоста (lCm), длина нижней лопасти хвоста (lCi), количество чешуи в боковой линии, хвостовом стебле, над боковой линией и под ней – соответственно (l.l., sup., inf.); число лучей в спинном плавнике (D), в анальном, грудном, брюшном и хвостовом плавниках – соответственно A, P, V, C, число жаберных тычинок – Sp.br. и позвонков, включая Веберов аппарат (Vert.). Для обозначения отверстий сенсорной системы на голове костистых рыб были использованы следующие обозначения (рисунок 1): CIO – число боковых выходных отверстий подглазничной ветви сейсмодатчика; CSO – число отверстий в надглазнично-лобной области считали вместе с числом отверстий в теменной области (CT); CPMprop – число боковых выходных отверстий предкрышечно-нижнечелюстной ветви сейсмодатчика в предкрышечных костях слева и справа; CPMden – число боковых и терминальных выходных отверстий предкрышечно-нижнечелюстной ветви сейсмодатчика в нижнечелюстных костях слева и справа (Богуцкая, 1988:367-382; Пипоян, 2011:25-37).



CIO – число боковых выходных отверстий подглазничной ветви сейсмодатчика; CSO – число отверстий в надглазнично-лобной области; CPMprop – число боковых выходных отверстий предкрышечно-нижнечелюстной ветви сейсмодатчика в предкрышечных костях слева и справа; CPMden – число боковых и терминальных выходных отверстий предкрышечно-нижнечелюстной ветви сейсмодатчика в нижнечелюстных костях слева и справа; CT – число выходных отверстий сейсмодатчика в теменной области

Рисунок 1 – Обозначения ветвей сейсмодатчика на голове сазана

Доказано, что сравнение морфометрических данных, полученных разными авторами (операторами), неэффективно при изучении внутривидовых группировок (Решетников, Попова, 2015:114-131; Mina et al., 2005:284-294; Mironovskii, 2006: 178–189), поэтому при обработке использовались морфометрические данные, полученные вторым автором данной публикации.

Величину флуктуирующей асимметрии билатеральных внешних морфологических признаков (*Asm*) определяли по методике Захарова и др. (Захаров и др., 2000: 1-68). Для этого были использованы признаки: число чешуй в боковой линии, над и под ней; число лучей в парных плавниках, число жаберных тычинок, число сейсмочувствительных пор на нижней челюсти, жаберной предкрышке, подглазничной, надглазничной и теменной ветвях сейсмочувствительной системы.

Статистическую обработку данных проводили согласно руководствам Press W.H. et al. (1986: 1-818) и Г.Ф.Лакина (1990: 1-352), используя компьютерную программу Excel. Чтобы избежать влияния размеров рыб на результаты анализа, все морфометрические признаки были стандартизованы (Elliot et al., 1995: 202-220).

Для сравнения выборок использовали показатели T_{st} (Лакин, 1990: 1-352), «коэффициент различия» *CD* (Майр, 1971:1-454) и «дивергенция» – $d^2_{1,2}$ (Андреев, Решетников, 1977: 862-878). Популяционное разнообразие оценивали с помощью методов многомерного статистического анализа (метод главных компонент) согласно руководствам (Humphries et al., 1981: 291-308; Darroch, Mosimann, 1985: 241-252; Rohlf, Bookstein, 1988: 356-367; Legendre, Legendre, 2012: 1-990), используя пакет компьютерных программ «NTSYSpc» версия 2.02. Длину вектора во всех случаях принимали равной единице. Анализируемые данные предварительно стандартизовали, что позволило устранить различия, возникающие при вычислении собственных векторов по вариационно-ковариационным или корреляционным матрицам (Mina et al., 2001:241-252). Для пластических признаков широко принятой является интерпретация (Tisot, 1988:71-91), согласно которой первую главную компоненту рассматривают как характеризующую размер особи, а вторую и третью – как характеризующие форму тела. О том, какие признаки определяют различия в положении особей по оси ординат, можно судить по нагрузкам собственных векторов (Rohlf, Bookstein, 1988: 356-367; Legendre, Legendre, 2012: 1-990).

Результаты и обсуждение

Результаты статистической обработки морфобиологических данных представлены в таблице 1, их сравнение и нагрузки признаков на главные компоненты – в таблицах 2 и 3. Обе выборки представлены сходными по размеру особями, что делает корректным дальнейшее сравнение морфометрических признаков. Средние показатели упитанности сазана в выборках из оз.Балкаш и Капшагайского водохранилища выше средних многолетних показателей второй половины прошлого века для соответствующих водоемов (Митрофанов и др., 1988:231-279). Однако и пределы варьирования в каждом из водоемов оказались выше, чем в начале интенсивного антропогенного воздействия на водные экосистемы бассейна. Это может быть обусловлено двумя не исключаящими друг друга причинами: 1) увеличившейся гетерогенностью среды обитания и/или 2) индивидуальными особенностями реакции организмов на внешние воздействия. Увеличение значений показателя асимметрии внешних морфологических признаков *Asm* отражает возрастание нарушений гомеостаза индивидуального развития. Как пределы индивидуальной изменчивости, так и средние для выборок значения этого показателя у сазана из оз.Балкаш и Капшагайского водохранилища почти полностью совпадают. Средние значения *Asm* у сазана из обоих водоемов находятся на очень высоком уровне (>0.44 по Захаров и др., 2000:1-65), что свидетельствует о серьезных нарушениях функционирования организма в ранний период жизни. В выборке из Капшагайского водохранилища морфологических аномалий (фенодевиат) не наблюдалось. Высокий уровень и большое разнообразие фенодевиат были обнаружены в выборке сазана из западной части озера Балкаш: у одной рыбы был раздвоен второй усик, у одной рыбы редуцированы брюшные и левый грудной плавник, еще у одной рыбы был заметно короче спинной плавник, у четырех рыб наблюдалось нарушение рядов чешуй в результате появления дополнительных увеличенных или уменьшенных чешуй. Таким образом, в выборке из оз.Балкаш процент выявленных фенодевиат варьировал от 3 до 13 %, что также указывает на неблагоприятные условия развития рыб в этой части бассейна.

Ни по одному из изучавшихся морфологических показателей не выявлено различий подвидового уровня по критерию Э.Майра (Майр, 1971: 1-454) (таблица 2). Этот результат являет-

ся ожидаемым, поскольку в течение долгого времени после акклиматизации в Балкашском бассейне сазан мог свободно перемещаться по всем гидрологически связанным водоемам. Только после завершения строительства плотины Кап-

шагайской ГЭС миграции стали теоретически возможны только в одном направлении (Митрофанов и др., 1988:231-279). Практически такие миграции маловероятны в связи с отсутствием специального рыбоходного канала.

Таблица 1 – Морфобиологические показатели выборок сазана из западной части оз.Балкаш и Капшагайского водохранилища

Признаки	Балкаш, 2017 г., n=30				Капшагайское вдхр-ще, 2017 г., n=28			
	min	max	M	±s	min	max	M	±s
1	2	3	4	5	6	7	8	9
Абсолютные значения:								
L, mm	341	468	396.1	25.56	295	465	360.6	37.37
lst, mm	261	335	301.2	19.00	230	398	288.4	33.71
Q, g	586	990	740.5	114.90	535	1305	759.0	193.85
q, g	500	790	630.5	75.36	495	1165	699.8	172.25
Коэффициенты:								
Фультон	1.87	3.65	2.72	0.379	1.25	4.82	3.22	0.705
Кларк	1.73	3.12	2.33	0.345	1.18	4.41	2.97	0.642
Asm	0.22	0.78	0.46	0.151	0.22	0.78	0.48	0.157
Счетные признаки:								
ll	33	37	34.3	0.96	33	36	34.4	0.79
sup	5	7	6.2	0.46	6	7	6.3	0.47
inf	5	8	6.2	0.59	5	7	6.0	0.59
D	18	22	19.5	1.04	18	24	19.6	1.40
A	4	6	5.7	0.55	5	6	5.4	0.49
P	13	18	15.7	1.11	15	18	16.3	0.71
V	7	9	8.6	0.57	8	9	8.9	0.32
C	22	27	25.0	1.27	23	31	26.7	1.81
thD	16	30	20.5	2.78	13	28	20.2	4.13
thA	14	27	21.2	2.75	19	30	23.3	3.47
CPMden	5	8	6.6	0.77	2	9	5.7	2.03
CPMpop	9	17	12.8	2.16	0	18	13.4	3.61
CIO	14	30	21.5	3.90	0	28	21.0	7.01
CSO	6	19	12.8	3.63	0	17	10.1	5.15
spbr	21	27	23.7	1.54	19	25	22.6	1.58
vert	36	38	36.5	0.57	34	40	36.4	1.50
Мерные признаки в % от длины тела (lst):								
aD	47.4	55.9	51.5	1.93	41.5	63.0	53.5	3.930
pD	11.3	18.6	14.6	1.85	8.4	18.5	13.1	2.367
aP	24.7	29.5	27.2	1.16	22.1	31.3	28.0	1.988
aV	47.2	52.9	50.0	1.46	37.9	53.9	49.6	2.703
aA	73.8	83.0	78.0	2.23	59.3	81.7	77.8	4.002
lca	11.3	15.0	13.0	0.79	11.3	18.9	15.6	1.641
c	25.0	30.7	28.4	1.43	23.6	33.9	28.8	2.175

Признаки	Балхаш, 2017 г., n=30				Капшагайское вдхр-ще, 2017 г., n=28			
	min	max	M	±s	min	max	M	±s
1	2	3	4	5	6	7	8	9
ao	6.3	10.4	8.4	1.11	7.2	15.2	9.5	1.632
oh	3.6	5.5	4.4	0.46	3.3	4.9	4.2	0.395
ov	3.9	5.6	4.5	0.44	3.0	4.9	4.2	0.394
op	12.9	15.1	14.1	0.55	11.3	15.6	14.1	0.963
lmx	9.2	12.0	10.3	0.62	8.3	13.4	10.8	1.285
lmd	7.8	9.8	8.9	0.49	7.5	12.7	9.4	1.209
lip T	0.6	1.7	1.0	0.27	0.7	1.7	1.1	0.267
lip B	0.8	1.7	1.2	0.25	0.7	1.9	1.3	0.330
barbel 1	1.5	3.8	2.6	0.45	1.3	3.6	2.7	0.561
barbel 2	4.0	7.5	5.5	0.87	3.5	6.8	5.3	0.841
hco	14.1	17.4	15.5	0.79	12.8	20.4	17.0	1.663
hc	19.8	24.1	21.2	1.00	17.1	27.8	22.8	1.974
hmd	15.4	20.3	16.9	1.18	13.3	23.0	18.3	1.878
io	9.9	12.6	11.0	0.61	8.8	14.4	12.2	1.155
ID	37.6	46.7	42.2	2.33	30.9	48.1	42.8	3.270
hD	13.1	19.2	16.5	1.20	11.6	23.5	16.3	2.159
lA	7.5	10.7	9.3	0.89	7.3	11.8	10.2	1.107
hA	14.0	19.2	16.8	0.98	11.6	19.0	16.0	1.663
IP	19.7	23.9	21.6	1.13	14.6	23.4	20.1	1.789
IV	17.8	22.1	19.8	1.14	13.1	21.7	18.9	1.744
Cs	26.0	33.6	29.4	1.69	19.3	30.0	26.4	2.338
Ci	24.7	34.0	29.7	1.97	18.8	31.1	26.7	2.638
Cm	5.1	11.4	8.9	1.37	5.5	13.8	8.8	1.596

Достоверные различия средних значений между выборками сазана из оз.Балкаш и Капшагайского водохранилища наблюдаются в длине хвоста и хвостового стебля, положении и форме отдельных плавников, форме головы. У сазана из оз.Балкаш длиннее хвостовой стебель, а у сазана из Капшагайского водохранилища – больше лопасти хвостового плавника. При одинаковой средней длине головы ее высота в среднем несколько ниже у сазана из Капшагайского водохранилища. Эти признаки во многом определяют гидродинамические свойства рыб (Webb et al., 1996: 7-14; West-Eberhard, 2005: 610-618).

По счетным признакам достоверные различия ($P < 0.05$) между выборками сазана из оз.Балкаш и Капшагайского водохранилища обнаружены по числу лучей в анальном, хвостовом и парном плавниках, числу зубчиков на луче анального плавника, числу отверстий

сенсорной линии на нижней челюсти и сверху головы, числу жаберных тычинок (таблица 3). Состояние метамерных счетных признаков рыб (число позвонков, чешуй в боковой линии и др.) определяются как генотипом, так и условиями окружающей среды (Любицкая, Дорофеева, 1961: 497-509; Татарко, 1968: 425-439; Levin, 2010: 303-306). Остальные счётные признаки меньше, чем пластические, зависят от условий окружающей среды и определяются в основном генотипом. В целом полученные результаты анализа изменчивости счетных признаков согласуются с результатами анализа счетных признаков и показывают большое сходство сазана в оз.Балкаш и Капшагайском водохранилище. Отклонение отдельных особей (две рыбы на переднем плане) из балкашской выборки может быть обусловлено проявлением редких морф (генотипов) или же мутациями.

Таблица 2 – Сравнение выборок сазана и нагрузка на главные компоненты мерных признаков

Признаки	Сравнение выборок			Главные компоненты		
	d ²	CD	Tst	1	2	3
lst	0.58	0.24	1.82	0.3202	0.0262	0.1126
aD	0.75	0.36	2.60	-0.0168	0.4531	-0.2629
pD	0.01	0.36	2.79	коррелирует с длиной тела (r=0.83)		
aP	0.51	0.23	1.76	0.3211	0.0551	0.1179
aV	0.85	0.09	0.67	-0.0192	0.4204	-0.3063
aA	0.76	0.04	0.29	0.3204	0.0477	0.1198
lca	2.71	1.04	7.63	0.2320	0.1519	-0.0021
c	0.22	0.16	1.22	0.0222	-0.0791	-0.2009
ao	0.07	0.38	2.92	0.2554	0.2573	-0.0682
oh	0.07	0.21	1.64	-0.0738	0.1683	0.4437
ov	0.08	0.37	2.86	0.1071	-0.0227	-0.0630
op	0.70	0.00	0.02	0.1071	-0.0227	-0.0630
lmx	1.04	0.25	1.85	-0.0627	-0.0394	0.0737
lmd	1.62	0.32	2.26	0.1985	-0.0431	-0.1573
lip T	0.00	0.19	1.50	0.2450	0.0022	0.1182
lip B	0.13	0.10	0.79	-0.0159	0.0532	-0.0804
barbel 1	0.08	0.11	0.84	-0.0453	-0.0611	0.0269
barbel 2	0.00	0.13	1.03	0.2269	0.0167	0.0099
hco	0.04	0.61	4.42	-0.1059	-0.0853	0.0339
hc	0.13	0.54	3.95	0.3493	-0.0070	0.0361
hmd	0.00	0.48	3.61	-0.1030	-0.0688	0.0153
io	0.62	0.72	5.30	0.3272	0.0405	0.0961
ID	0.23	0.10	0.78	-0.0651	0.4251	-0.2424
hD	0.76	0.05	0.40	0.0630	-0.0395	-0.0770
lA	0.11	0.48	3.73	-0.0694	0.3984	0.1105
hA	0.40	0.29	2.21	0.1042	-0.1431	-0.2000
lP	0.05	0.50	3.80	-0.0491	0.2009	0.4166
lV	0.21	0.30	2.31	0.2211	-0.1016	-0.1191
Cs	0.53	0.74	5.67	-0.0482	0.1932	0.3739
Ci	0.36	0.67	5.10	0.2598	-0.0768	-0.0319
Cm	0.05	0.01	0.06	-0.0328	0.0344	0.0108

Графическое изображение результатов многомерного анализа разнообразия представлено на рисунке 2. По совокупности пластических признаков в обоих сравниваемых водоемах сазан представлен сходными морфотипами. Исключение составляют лишь фенотипы из оз. Балкаш.

Известно, что в Балкашском бассейне сазан является акклиматизированным видом, его местная популяция произошла от небольшого числа

основателей. В дальнейшем проводились неоднократные выпуски различных линий карпа из прудовых хозяйств, расположенных в этом бассейне (Митрофанов и др., 1988: 231-279; Дукравец, Митрофанов, 1992:6-44). В то же время численность сазана снизилась в связи с интенсивным промыслом (Митрофанов, 1992:372-411; Искеков, Тимирханов, 2009:1-182). В результате совместного действия загрязнения, неустойчивого гидрологического режима и промысла популяции сазан

на в оз.Балкаш и Капшагайском водохранилище оказались в состоянии, когда адаптационные возможности вида не могут компенсировать не-

гативное антропогенное воздействие, что приводит к нарушению гомеостаза раннего развития и появлению большого количества фенотипов.

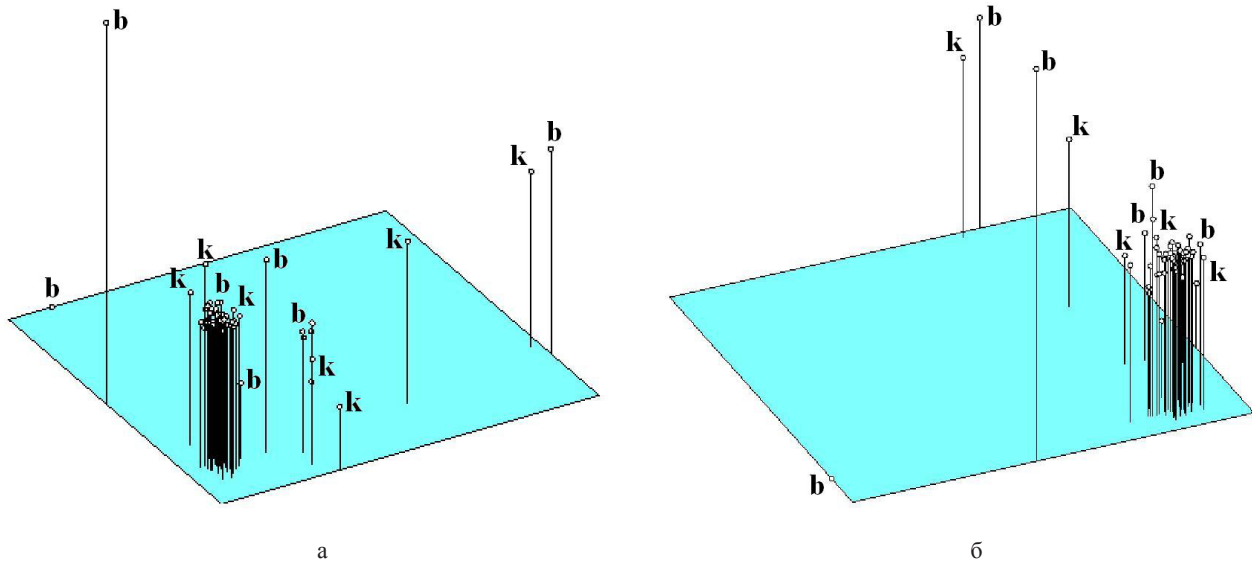


Рисунок 2 – Взаиморасположение особей сазана из оз.Балкаш и Капшагайского водохранилища: А – по совокупности пластических признаков, Б – по совокупности счетных признаков. Индексы показаны только для крайних особей: «b» – оз.Балкаш, «k» – Капшагайское водохранилище.

Таблица 3 – Сравнение выборок сазана и нагрузка на главные компоненты счетных признаков

Признаки	Сравнение выборок			Главные компоненты		
	d ²	CD	Tst	1	2	3
ll	0.07	0.02	0.16	0.0473	0.3038	0.2622
sup	0.00	0.14	1.05	0.1465	-0.1429	-0.0966
inf	0.00	0.11	0.83	-0.2454	0.0550	0.1901
D	0.18	0.02	0.17	-0.0764	-0.0147	-0.2201
A	0.06	0.29	2.15	0.0018	0.4563	-0.2332
P	0.60	0.31	2.31	0.2125	0.3933	-0.3229
V	1.08	0.36	2.67	0.0037	0.0514	-0.4544
C	0.21	0.56	4.14	-0.0941	0.2074	-0.4854
thD	0.33	0.05	0.33	-0.3211	-0.2899	-0.1696
thA	0.01	0.33	2.47	-0.2454	-0.3198	-0.2870
CPMden	1.98	0.32	2.15	-0.3682	0.1644	0.2102
CPMpop	0.55	0.10	0.76	-0.3121	0.3052	-0.0434
CIO	0.76	0.05	0.35	-0.4699	0.1532	0.0600
CSTpar	0.12	0.31	2.27	-0.3664	0.2237	0.1295
spbr	0.01	0.36	2.69	-0.0927	0.0354	-0.1619
vert	2.52	0.03	0.19	0.3105	0.3070	0.1810

Выводы

1. Большие значения показателя флуктуирующей асимметрии билатеральных признаков в выборках сазана из западной части озера Балкаш и Капшагайского водохранилища указывают на серьезные нарушения гомеостаза развития молоди.

2. В выборке сазана из западной части озера Балкаш выявлен высокий уровень фенотипической изменчивости.

3. В обеих частях Балкашского бассейна сазан представлен сходными морфотипами.

Работа выполнена в рамках проекта «Исследование цито- и эмбриотоксического эффекта воды и донных отложений озера Балкаш на промысловых рыб и амфибий» (грант МОН РК № АР 05132792, научный руководитель – д.б.н., проф. Т.М. Шалахметова).

Литература

- Андреев В.Л., Решетников Ю.С. Исследование внутривидовой морфологической изменчивости сига *Coregonus lavaretus* (L.) методами многомерного статистического анализа // Вопросы ихтиологии. – 1977. – Т.17. – Вып. 5. – С.862-878.
- Богучка Н.Г. Топография каналов сейсмодатированной системы карповых рыб подсемейств Leuciscinae, Xenocyprininae и Cultrinae // Вопросы ихтиологии. – 1988. – Т. 28. – Вып. 3. – С.367-382.
- Дукравец Г.М., Митрофанов В.П. История акклиматизации рыб в Казахстане // Рыбы Казахстана. – Алма-Ата: Гылым, 1992. – Т.5. – С.6-44.
- 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.
- Исбеков К.Б., Тимирханов С.Р. Редкие рыбы озера Балхаш. – Алматы: LEM, 2009. – С.1-182.
- Лакин Г.Ф. Биометрия – М.: Высшая школа, 1990. – 352 с.
- Лукьяненко В.И. Общая ихтиотоксикология – М.: Агропромиздат, 1983. – 320 с.
- Любичка А.И., Дорофеева Е.А. Влияние видимого света, ультрафиолетовых лучей и температуры на метамерию тела рыб // Вопросы ихтиологии – 1961 – Т.1. – Вып.3 (20). – С.497-509.
- Майр Э. Принципы зоологической систематики. – М.: Мир, 1971. – 454 с.
- Митрофанов В.П. Промысел рыб в Казахстане // Рыбы Казахстана – Алма-Ата: Гылым, 1992. – Т.5. – С.372-411.
- Митрофанов В.П., Дукравец Г.М., Мельников В.А. Род *Cyprinus* Linné, 1758 – Сазан // Рыбы Казахстана. – Алма-Ата: Наука, 1988. – Т.3. – С.231-279.
- Пипоян С.Х. О таксономическом положении армянской плотвы (*Cyprinidae; Pisces*) // Биологический журнал Армении. – 2011. – 3(63). – С.25-37
- Попов П.А. О некоторых теоретических и практических аспектах ихтиомониторинга // Сибирский экологический журнал. – 2004. – Т.11, №4. – С.507-512.
- Правдин И.Ф. Руководство по изучению рыб. – М.: Пищевая промышленность, 1966. – 376 с.
- 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 морфопатологического анализа рыб // Успехи современной биологии. 1999. – №2. – С.165-177.
- Решетников Ю.С., Попова О.А. О методиках полевых ихтиологических исследований и точности полученных результатов // Водные биологические ресурсы. – Труды ВНИРО, 2015. – Т.156. – С.114-131.
- 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.
- Татарко К.И. Влияние температуры на меристические признаки рыб // Вопросы ихтиологии – 1968. – Т.8. – Вып.3(50). – С.425-439.
- Чеботарева Ю.В., Савоскул С.П., Пичугин М.Ю., Савваитова К.А., Максимов С.В. Характеристика аномалий в строении внешних и внутренних органов у рыб // Разнообразие рыб Таймыра. – М.: Наука, 1999. – С.142-146.
- Darroch J. N., Mosimann J.E. Canonical and principal components of shape // Biometrika – 1985 – Vol.72. – P.241-252.
- Elliott N.G., Haskard K., Kozlov J.A. Morphometric analysis of orange roughy (*Hoplostethus atlanticus*) off the continental slope of southern Australia // Journal of Fish Biology – 1995 – Vol.46. – P.202-220.
- Grabarkiewicz J.D., Davis W.S. An introduction to freshwater fishes as biological indicators – Washington: United States Environmental Protection Agency, 2008. – 96 p.
- Humphries J.M., Bookstein F.L., Chernoff, B., Smith, G.R., Elder, R.L., Poss, S.G. Multivariate discrimination by shape in relation to size // Systematic Zool. – 1981. –Vol.30. –P. 291-308.
- Legendre P., Legendre L. Numerical ecology – Elsevier, Amsterdam-Boston-London, 2012. – 990 p.
- Lexer C., Fay M.F. Adaptation to environmental stress: a rare or frequent driver of speciation? // Journal of Evolution Biology – 2005. – Vol.18. – P.893-900.
- Levin B.A. Drastic shift in the number of lateral line scales in the common roach *Rutilus rutilus* as a result of heterochronies: experimental data // J. Applied ichthyology – 2010. – Vol.26. – P.303-306.

Mina M.V., Mironovsky A.N., Golani D. Consequences and modes of morphological diversification of East African and Eurasian barbines (genera *Barbus*, *Varicorhinus* and *Capoeta*) with particular reference to *Barbus inermis* complex // *Environmental Biology of Fishes*. – 2001 – Vol.241. – P.241-252.

Mina M.V., Levin B.A., Mironovsky A.N. On the possibility of using character estimates obtained by different operators in morphometric studies of fishes // *J. Ichthyol.* – 2005. – Vol.45, No 4. – P.284-294.

Mironovskii A. N. Factors Determining the Comparability of Data Obtained by Estimation of Morphometric Characters in Fish // *Journal of Ichthyology* – 2006. – Vol.46, No 2. – P.178–189. DOI: 10.1134/S0032945206020056

Motta Ph.J., Norton S.E., Luczkovich J.J. Perspectives of ecomorphology of bony fishes // *Environ. Biol. Fish.* – 1995. – Vol.44. – P.11-20.

Munkittrick K., Dixon D. A holistic approach to ecosystem health assessment using fish population characteristics// *Hydrobiology* – 1989. – Vol. 188/189. – P.123-135.

Norton S.F., Luczkovich J.J., Motta Ph.J. The role of ecomorphological studies in the comparative biology of fishes // *Environ. Biol. Fish.* – 1995. – Vol.44. – P.287-304.

Press W. H., Flannery B. P., Teukolsky S. A., Vetterling W. T. Numerical recipes – Cambridge, New York, 1986. – 818 p.

Shuter B. Population-level indicators of stress // *American Fisheries Society Symposium*. – 1990. – Vol.8. – P.145-166.

Rohlf F.J., Bookstein F.L. A comment on shearing as a method for «size correction»// *Systematic Zool.* – 1988. – Vol. 36. – P.356-367.

Tissot B.N. Multivariate analysis// *Heterochrony in Evolution: a multidisciplinary approach*. Ed. M.L.McKinney. – N.Y.; L.: Plenum Press. 1988. – P.71-91.

Webb P.W., LaLiberte G.D., Schrank A.J. Does body and fin form affect the maneuverability of fish traversing vertical and horizontal slits? // *Environ. Biol. Fish.* – 1996. – Vol.46. – P.7-14

West-Eberhard M.J. Phenotypic accommodation: adaptive innovation due to developmental plasticity// *J. Exp. Zool.* – 2005. – Vol. 304B, No 6. – P.610-618.

References

Andreev V.L., Reshetnikov Yu.S. (1977). Issledovanie vnutrividovoy morfologicheskoy izmenchivosti siga *Coregonus lavaretus* (L.) metodami mnogomernogo statisticheskogo analiza [An investigation of interspecies morphological variability of the whitefish *Coregonus lavaretus* (L.) by the use of methods of multivariate statistics] *Voprosy ichtiologii*, vol. 17, no 5, pp.862-878.

Bogutskaya, N.G. (1988) Topografiya kanalov sejsmosensornoj sistemy karpovyh ryb podsemejstv Leuciscinae, Xenocyprininae i Cultrinae [Topography of canal of the sensor system of carps in subfamilies Leuciscinae, Xenocyprininae and Cultrinae] *Voprosy ichtiologii*, vol.28, no 3, pp.367-382.

Chebotareva, Yu.V., Savoskul, S.P., Pichugin, M.YU., Savvaitova, K.A., Maksimov, S.V. (1999) Harakteristika anomalij v stroenii vneshnih i vnutrennih organov u ryb [Characteristics of anomalies in external and inners of fishes. In *Raznoobrazie ryb Tajmyra*] – Moscow, Nauka, pp.142-146.

Darroch J. N., Mosimann J.E. (1985) Canonical and principal components of shape. *Biometrika*, vol.72, pp.241-252.

Doukravets G.M., Mitrofanov V.P. (1992) Istoriya akklimatizatsii ryb v Kazakhstane [History of fish acclimatization in Kazakhstan] in *Fishes of Kazakhstan Alma-Ata, Gylym*, vol.5, pp.6-44.

Elliott N.G., Haskard K., Kozlov J.A. (1995) Morphometric analysis of orange roughy (*Hoplostethus atlanticus*) off the continental slope of southern Australia. *Journal of Fish Biology*, vol. 46, pp.202-220.

Grabarkiewicz J.D., Davis W.S. (2008) An introduction to freshwater fishes as biological indicators. Washington: United States Environmental Protection Agency, pp. 1-96.

Humphries J.M., Bookstein F.L., Chernoff B., Smith G.R., Elder R.L., Poss S.G. (1981) Multivariate discrimination by shape in relation to size. *Systematic Zool.*, vol.30., pp. 291-308.

Isbekov K.B., Timirhanov S.R. (2009) Redkie ryby ozera Balhash [Rare fishes of the Balkhash Lake] *Almaty: LEM*, pp.1-182.

Lakin G.F. (1990) *Biometriya*. Moscow, Vysshaya shkola, 1990.

Legendre P., Legendre L. (2012) *Numerical ecology* – Elsevier, Amsterdam-Boston-London, pp.1-990.

Levin B.A. (2010) Drastic shift in the number of lateral line scales in the common roach *Rutilus rutilus* as a result of heterochronies: experimental data. *J Applied ichthyology*, vol.26, pp.303-306.

Lexer C., Fay M.F. (2005) Adaptation to environmental stress: a rare or frequent driver of speciation? *Journal of Evolution Biology*, vol.18, pp.893-900.

Luk'yanenko V.I. (1983) *Obshchaya ihtiotoksikologiya* [General ichthyotoxicology]. Moscow, Agropromizdat, 1983.

Liubitskaya A.I., Dorofeeva E.A. (1961) Visible light, ultraviolet and temperature impact on the fish metamery. *J Ichthyol.* vol.1, no 3(20), pp. 497-509.

Mayr E. (1971) *Principles of Systematic Zoology*. Moscow, Mir.

Mina M.V., Levin B.A., Mironovsky A.N. (2005) On the possibility of using character estimates obtained by different operators in morphometric studies of fishes. *J. Ichthyol.*, vol. 45, no4, pp. 284-294.

Mitrofanov V.P. (1992) Promysel ryb v Kazakhstane [Fishery in Kazakhstan. In *Fishes of Kazakhstan.*], Alma-Ata, Gylym, vol.5, pp. 372-411.

Mitrofanov V.P., Doukravets G.M., Mel'nikov V.A. (1988) Rod *Cyprinus* Linné, 1758 – Sazan [Genus *Cyprinus* Linné, 1758 – common carp. In *Fishes of Kazakhstan*] *Alma-Ata, Nauka*, vol.3, pp.231-279.

- Mina M.V., Mironovsky A.N., Golani D. (2001) Consequences and modes of morphological diversification of East African and Eurasian barbins (genera *Barbus*, *Varicorhinus* and *Capoeta*) with particular reference to *Barbus inermis* complex. *Environmental Biology of Fishes*, vol. 241, pp.241-252.
- Mironovskii A. N. (2006) Factors Determining the Comparability of Data Obtained by Estimation of Morphometric Characters in Fish. *Journal of Ichthyology*, vol.46, No 2, pp.178–189. DOI: 10.1134/S0032945206020056
- Motta Ph.J., Norton S.E., Luczkovich J.J. (1995) Perspectives of ecomorphology of bony fishes. *Environ Biol Fish* vol.44, pp.11-20
- Munkittrick K., Dixon D. (1989) A holistic approach to ecosystem health assessment using fish population characteristics. *Hydrobiology*, vol.188/189, pp.123-135.
- Norton S.F., Luczkovich J.J., Motta Ph.J. (1995) The role of ecomorphological studies in the comparative biology of fishes. *Environ Biol Fish*, vol.44, pp.287-304.
- Pipoyan S.H. (2011) O taksonomicheskom polozhenii armyanskoj plotvy (Cyprinidae; Pisces)» [On taxonomy of Armenian roach (Cyprinidae; Pisces)]. *Biologicheskij zhurnal Armenii*, no3(63), pp.25-37.
- Popov P.A. (2004) O nekotoryh teoreticheskikh i prakticheskikh aspektah ihtiomonitringa [On some theoretical and practical aspects of ichthyomonitoring]. *Sibirskij ehkologicheskij zhurnal*, vol.11, no 4, pp.507-512.
- Pravdin I.F. (1966) *Rukovodstvo po izucheniyu ryb* [Handbook on the techniques in fish studies]. Moscow: Pischevaya promyshlennost, pp.1-376.
- Press W.H., Flannery B.P., Teukolsky S.A., Vetterling W.T. (1986) *Numerical recipes* – Cambridge. New York, pp.1-818.
- Reshetnikov Yu.S., Popova O.A., Kashulin N.A., Lukin A.A., Amundsen P.-A., Staldivik F. (1999) Ocenka blagopoluchiya rybnoj chasti vodnogo soobshchestva po rezul'tatam morfopatologicheskogo analiza ryb [An evaluation of fish wellbeing based on results of morphothological analysis] *Uspekhi sovremennoj biologii*, no 2, pp.165-177.
- Reshetnikov Yu.S., Popova O.A. (2015) About field ichthyological methods and errors in our conclusions. *Water biological resources*, vol.156, pp.114-131.
- Savvaitova K.A., Chebotareva Yu.V., Pichugin M.Yu., Maksimov S.V. (1995) Anomalii v stroenii ryb kak pokazatel' sostoyaniya prirodnoj sredy [Abnormalities in fishes as indicator of environment state] *Voprosy ichthiologii*, vol.35, no 2, pp.182-188.
- Shuter B. (1990) Population-level indicators of stress. *American Fisheries Society Symposium*, vol.8, pp.145-166.
- Rohlf F.J., Bookstein F.L. (1988) A comment on shearing as a method for «size correction». *Systematic Zool.* vol.36, pp.356-367.
- Tatarko K.I. (1968) Temperature impact on the meristic characters of fishes. *J Ichthyol.*, vol. 8, no 3(50), pp. 425-439.
- Tissot B.N. (1988) Multivariate analysis. In: *Heterochrony in Evolution: a multidisciplinary approach*. Ed. M.L.McKinney. N.Y.; L.: Plenum Press, pp. 71-91.
- Webb P.W., LaLiberte G.D., Schrank A.J. (1996) Does body and fin form affect the maneuverability of fish traversing vertical and horizontal slits? *Environ Biol Fish*, vol.46, pp.7-14.
- West-Eberhard M.J. (2005) Phenotypic accommodation: adaptive innovation due to developmental plasticity. *J Exp. Zool.*, vol. 304B, no 6, pp. 610-618.
- Zakharov V.M., Baranov A.S., Borisov V.I., Valeckij A.V., Kryazheva N.G., Chstyakova E.K., Chubinshvili A.T. (2000) *Zdorov'e sredy: metodika ocenki* [Environment health: a method of evaluation] Moscow, Centr ehkologicheskoy politiki Rossii, pp.1-68.

**Sutuyeva L.R.¹, Shalakhmetova T.M.², Trudeau V.L.³,
Kolumbayeva S.Zh.⁴, Lovinskaya A.V.⁵**

¹PhD-student, e-mail: s_leila_aktou@mail.ru

²D.Bi.Sci., professor, e-mail: tamara.shalakhmetova@kaznu.kz

⁴D.Bi.Sci., professor, e-mail: saule.kolumbayeva@kaznu.kz

⁵PhD, lecturer, e-mail: lovinskaya.anna@kaznu.kz

Al-Farabi Kazakh National University, Kazakhstan, Almaty

³PhD, professor, Department of Biology, University of Ottawa,
Canada, Ottawa, e-mail: vancetrudeau@gmail.com

**GROWTH AND DEVELOPMENT
OF THE GREEN TOAD (*BUFO VIRIDIS*) FROM THE WATER BODIES
OF THE OIL PRODUCING REGIONS OF KAZAKHSTAN**

Environmental pollution with oil and petroleum products leads to a decrease in animal biodiversity and human diseases. Due to the intense pollution of Kazakhstan's water bodies located on the territory of oil producing regions, the purpose of this study was to study the effect of different concentrations of oil on the growth and development of the green toad (*Bufo viridis*). This species of anuran amphibians is widespread in Kazakhstan, which is especially important given the aridity of the lands of the oil-producing regions. A chronic exposure to the concentrations of oil hydrocarbons found in the water of the reservoirs of the Aktobe, Atyrau and Mangistau regions on the tadpoles of the green toad (*Bufo viridis*) was carried out. The results of the study revealed suppression of growth (size and weight) and a developmental delay in tadpoles from experimental groups. To determine the reasons for the slowdown in growth and development, the content of lipid peroxidation products (LHO and MDA) and the activity of antioxidant defense enzymes in the liver of tadpoles of the green toad (*Bufo viridis*) were studied. It has been shown that the production of LHO and MDA increases after exposure of the tadpoles to oil hydrocarbons, while the activity of antioxidant enzymes, on the contrary, decreases, which indicates enhanced oxidative stress in the liver of the treated tadpoles. Thus, exposure to oil hydrocarbons in concentrations found in the water bodies of the oil producing regions of Kazakhstan suppresses the growth and development of the green toad (*Bufo viridis*), one of the reasons of which is the increase of oxidative stress.

Key words: water soluble fraction of oil, *Bufo viridis*, growth, development, oxidative stress, lipid peroxidation, antioxidant enzymes.

Сутуева Л.Р.¹, Шалахметова Т.М.², Трюдо В.Л.³,
Колумбаева С.Ж.⁴, Ловинская А.В.⁵

¹PhD-докторанты, e-mail: s_leila_aktou@mail.ru

²б.ғ.д., профессор, e-mail: tamara.shalakhmetova@kaznu.kz

⁴б.ғ.д., профессор, e-mail: saule.kolumbayeva@kaznu.kz

⁵PhD, e-mail: lovinskaya.anna@kaznu.kz

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

³PhD, Биология факультетінің профессоры, Оттава Университеті,
Канада, Оттава қ., e-mail: vancetrudeau@gmail.com

**Қазақстанның мұнай өңдейтін өңірлерінің суқоймаларында
мекендейтін жасыл құрбақаның (*Bufo viridis*) өсуі және дамуы**

Қоршаған ортаның мұнаймен және мұнай өнімдерімен ластануы жануарлардың алуан-түрлілігінің азаюы мен адамдардың ауруына әкеледі. Мұнай өндіретін аймақтарда орналасқан Қазақстан суқоймаларының қарқынды ластануына байланысты біздің зерттеуіміздің мақсаты

түрлі мөлшердегі мұнайдың жасыл құрбақаның (*Bufo viridis*) өсуі мен дамуына әсері. Құйрықсыз амфибияның бұл түрі Қазақстан аумағында кеңінен тараған, бұл әсіресе мұнай өндіретін аймақтардың әсерінің құрғақтығын ескергенде өте маңызды. Ақтөбе, Атырау және Маңғыстау суқоймаларында кездескен концентрацияларының мұнай көмірсутектері арқылы жасыл құрбақа (*Bufo viridis*) итшабақтарына созылмалы әсер етті. Зерттеулер нәтижесі сынамалық топтағы итшабақтардың даму қарқынының төмендеуі (ұзындығы және салмағы) және өсуінің басылып қалғанын көрсетті. Дамуы және өсуінің баяулауының себебін түсіну мақсатында жасыл құрбақа (*Bufo viridis*) итшабақтарының бауырындағы липидтердің гидроперекисі және малон диальдегиді (ЛГП және МДА) мен антиоксиданттық қорғау ферменттердің белсенділігі зерттелді. Зерттеулер нәтижесінде ЛГП және МДА өнімдері мұнай көмірсутектерінің әсерінен өседі, ал антиоксиданттық ферменттердің белсенділігі керісінше төмендейді, бұл жағдай зерттелген итшабақтардың бауырындағы оксидативті күйзелістің күшейгенін көрсетеді. Осылайша Қазақстанның мұнай өндіретін аймақтарындағы суқоймаларынан табылған концентрацияларындағы мұнай көмірсутектері жасыл құрбақаның (*Bufo viridis*) өсуі мен дамуының тежелуіне әкелетін себебі оксидативті күйзелістің өрбуі болып табылады.

Түйін сөздер: мұнайдың суда еритін фракциясы, *Bufo viridis*, өсуі, дамуы, оксидативті күйзеліс, липидтердің тотықпен қышқылдандыруы, антиоксидантты ферменттер.

Сутуева А.Р.¹, Шалахметова Т.М.², Трюдо В.А.³,
Колумбаева С.Ж.⁴, Ловинская А.В.⁵

¹PhD-докторант, e-mail: s_leila_aktau@mail.ru

²д.б.н., профессор, e-mail: tamara.shalakhmetova@kaznu.kz

⁴д.б.н., профессор, e-mail: saule.kolumbayeva@kaznu.kz

³PhD, e-mail: lovinskaya.anna@kaznu.kz

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

³PhD, профессор факультета биологии Университета г. Оттавы,
Канада, г. Оттава, email: vancetrudeau@gmail.com

Рост и развитие зеленой жабы (*Bufo viridis*) из водоемов нефтедобывающих регионов Казахстана

Загрязнение окружающей среды нефтью и нефтепродуктами приводит к снижению биоразнообразия животных и заболеваниям человека. В связи с интенсивным загрязнением водоемов Казахстана, находящихся на территории нефтедобывающих регионов, целью настоящего исследования явилось изучение влияния различных концентраций нефти на рост и развитие зеленой жабы (*Bufo viridis*). Данный вид бесхвостых амфибий широко распространен на территории Казахстана, что особенно важно, учитывая аридность земель нефтедобывающих регионов. Было проведено хроническое воздействие углеводородами нефти на головастиков зеленой жабы (*Bufo viridis*) в концентрациях, обнаруженных в водоемах Актюбинской, Атырауской и Мангистауской областей. Результаты исследования выявили подавление роста (размер и вес) и снижение темпов развития головастиков в опытных группах. Для выяснения причин замедления роста и развития было изучено содержание продуктов перекисного окисления липидов (ГПЛ и МДА) и активность ферментов антиоксидантной системы защиты в печени головастиков зеленой жабы (*Bufo viridis*). Было показано, что продукция ГПЛ и МДА повышается при воздействии углеводородами нефти, в то время как активность антиоксидантных ферментов, напротив, снижается, что указывает на усиленный оксидативный стресс в печени исследованных головастиков. Таким образом, воздействие углеводородов нефти в концентрациях, обнаруженных в водоемах нефтедобывающих регионов Казахстана, вызывает подавление роста и развитие зеленой жабы (*Bufo viridis*), одной из причин которого является усиление оксидативного стресса.

Ключевые слова: водорастворимая фракция нефти, *Bufo viridis*, рост, развитие, оксидативный стресс, перекисное окисление липидов, антиоксидантные ферменты.

Introduction

Pollution of the environment by oil and oil products is one of the main problems in the world. In Kazakhstan, where oil production is one of the main branches of the economy, vast territories are actively involved in the development of oil and gas fields. Herewith, the bulk of oil and gas

producing enterprises are concentrated in the west of the country: in the Aktobe, Atyrau and Mangistau regions. The result of the increased anthropogenic load is the deterioration of the ecological situation in the oil producing regions (Askarova 2014: 456).

The number of animal populations and biodiversity is negatively affected by intensive pollution of the environment with oil and oil

products (Kolesnikov 2011: 19). The most effective method for assessing the response of living organisms to environmental pollution is biological monitoring of terrestrial and aquatic ecosystems, including bioindication and biotesting. Amphibians are particularly sensitive organisms-bioindicators due to the biphasic lifestyle and developmental features, the early stages of which pass in the water, and the later ones are associated with the transition of young individuals to land. (Gutleb 1999: 1-14; NAVFAC 2004: 26). In Kazakhstan, one of the most widespread species of amphibians is the green toad (*Bufo viridis*), since it inhabits a variety of biotopes from the forest-steppe to the desert. This feature is of particular importance for bioindication of the oil-producing regions of the country, since most of the territories where oil production is located belong to the arid zones.

Normal passage of early individual development of amphibians determines the formation of systems and various functions of the organism, defining survival and other qualities of larvae (Simon 2011: 141-145). Many researchers note the relationship between the frequency of teratogenic phenomena and the degree of anthropogenic impact on the environment (Saka 2004: 1065-1073; Melvin 2012: 178-183; Melvin 2013: 22-27; Falfushynska 2015: 172-173; Cheng 2017: 3096-3102). Due to their low level of tolerance the amphibian larvae are extremely susceptible to low concentrations of chemical compounds. The impact of these substances is expressed not only in the appearance of developmental defects, but also in the modification of a number of cytological, morphophysiological and biochemical parameters (Salin 2012: 864; Salvaterra 2013: 191). The response to the toxic effects of xenobiotics is based on oxidative stress (Falfushynska 2008: 1100). In conditions of increased oxidative stress or enhanced formation of active forms of oxygen, the functioning of the enzymes of the antioxidant system and, as a consequence, the formation and accumulation of oxidative damages may occur, which accompanies a number of pathophysiological phenomena (Pigeolet 1990: 285). The use of change in enzyme activity of the antioxidant system as biomarkers helps to confirm the effects of anthropogenic action at the biochemical level (Venturino 2005: 338). For example, it was shown that morphological disturbances accompanied by changes in the work of the antioxidant system are observed in tadpoles exposed to petroleum products (Amaeze 2014: 4256; Wu 2017: 103).

Thus, the purpose of this work was to study the growth and development of the green toad

(*Bufo viridis*) from various water bodies of the oil producing regions of Kazakhstan.

Materials and methods

Collection of material was carried out during expeditions to the Temir river (Aktobe region), Uil river (Atyrau region) and the coast of the Caspian Sea (Mangistau region). Here, the eggs of the green toad (*Bufo viridis*) were collected, the water parameters (temperature, pH, dissolved oxygen content) were measured and water samples were taken from the collection sites for further chemical analysis. The eggs were delivered to the laboratory and placed separately in accordance with the reservoir from which it was taken in 50 L aquariums with pure aerated dechlorinated water with a temperature maintained within 21-25°C. The eggs were incubated for 5 days under the conditions described until the hatching of tadpoles. Next, after tadpoles reached Gosner stage 25 they were moved to 18 L aquaria (15 tadpoles per each), filled with 15 liters of pure aerated dechlorinated water. The tadpoles were divided into 4 groups, each consisting of 45 tadpoles in total: 1) control (pure water); 2) Temir river (Aktobe region); 3) Uil river (Atyrau region); 4) the coast of the Caspian Sea (Mangistau region). Tadpoles were fed daily with boiled lettuces and aquarium fish food *ad libitum*, and excess food and feces were removed every day. To determine the content of oil hydrocarbons in water from the studied water bodies, the water samples were analyzed using the method of gas chromatography-mass spectrometry (GC/MS) in accordance with GOST 31953-2012 (GOST 31953-2012: 1-18). Water-soluble fraction of crude oil (WSFO) was added into the aquaria with *B. viridis* tadpoles at the concentrations corresponding to the results of GC/MS for each natural reservoir (Temir river, Uil river, Caspian sea). Every 2 days following 80% water change the corresponding concentration of the WSFO was added into aquaria. The preparation of the water-soluble oil fraction was carried out according to Anderson J.W. et al. (Anderson 1974: 75-88) taking into account the recommendations of Singer et al. (Singer 2000: 1007-1016).

The weighing and morphometric measurements of *B. viridis* tadpoles were carried out on the first day of the experiment and every 2 weeks thereafter until the tadpoles reached metamorphic climax, when all 4 limbs appear and metamorphosis begins (Gosner stage 42). The tadpoles that reached the Gosner stage 42 were euthanized in a buffered solution of MS-222 (3-aminobenzoic acid ethyl

ester, Sigma-Aldrich), weighed, photographed using a stereoscopic microscope Motic DM 143 (China) to measure the morphometric parameters, and the liver was sampled for further biochemical research.

In the liver of tadpoles, the content of lipid hydroperoxides was determined by a method based on measuring the light absorption of conjugated diene structures of lipid hydroperoxides in the 232-234 nm region (Gavrilov 1983: 23-25). The content of malonic dialdehyde was determined by the method with thiobarbituric acid (Pradnya 2006: 262-265). The activity of superoxide dismutase (SOD) was determined by measuring the red-formazan precipitation reaction during the reduction of nitroblue tetrazolium and superoxide radicals generated by xanthine oxidase (Guengerich 1994: 1259-1313). The catalase activity was determined by the method of H. Luck (Guengerich 1994: 1259-1313).

Results and discussion

The results of the chemical analysis of water samples from the reservoirs in which the eggs were collected by GC/MS are shown in table 1.

Table 1 – Results of quantitative determination of oil concentrations in water samples

№	Sample	Concentration of total oil content in water samples, mg/L
1	Tengiz river (Aktobe region)	0,52
2	Uil river (Atyrau region)	0,38
3	Caspian sea coast (Mangistau region)	1,07

As can be seen from the table 1, the greatest content of oil hydrocarbons (HC) was found in water samples taken from the coastal sections of the Caspian Sea. It should be noted that in all three reservoirs, an excess of maximum permitted concentration (MPC) of petroleum products in water used for fishery purposes (0.05 mg / l) (Obobschennyi perechen' predel'no dopustimyh koncentracii 1990: 11) was detected. The concentration of petroleum products exceeded the MPC by 10-fold in the Tengiz river, 7-fold in the Uil river, and 21-fold in the Caspian Sea.

To assess the effect of oil hydrocarbons on the growth and development of *B. viridis*, the follow-

ing parameters were studied: the change in full body length, weight, and rate of development (development time from stage 25 to stage 42) of tadpoles during a chronic experiment.

The results of measurements of the full body length and weight of *B. viridis* tadpoles are shown in figure 1 and 2. Analysis of the change in full body length during 3 months of chronic exposure to WSFO showed that the presence of oil hydrocarbons in water suppresses the growth of *B. viridis* tadpoles. Herewith, the tadpoles that had the smallest body length at the end of the experiment were those exposed to WSFO in the concentration found in the coastal waters of the Caspian Sea (1.07 mg/L): the tadpoles were 1.4-fold smaller ($p < 0.01$) than the those of control group. Similarly, the weight of the body of tadpoles exposed to different concentrations of oil HC (0.38 mg/L, 0.52 mg/L, and 1.07 mg/L) was 1.3-fold, 1.8-fold and 2.1-fold lower, respectively ($p < 0.01$).

The developmental rate was assessed according to the time required for *B. viridis* tadpoles to undergo developmental stages from Gosner 25 (free swimming and feeding stage), to stage 42 (metamorphic climax, onset of metamorphosis) (figure 3). As shown in figure 3, tadpoles of experimental groups developed more slowly than those in the control group. The tadpoles of the control groups passed the stages 25-42 for 82 ± 3 days, while tadpoles exposed to 0.38 mg/L, 0.52 mg/L and 1.07 mg/L, required 97 ± 5 , 105 ± 4 , 116 ± 6 days, respectively.

The decrease in the rate of development, accompanied by the suppression of the growth of amphibian tadpoles, has been noted by many researchers (Eriyamremu 2008: 284-290; Brunelli 2009: 135-142; Gürkan 2015: 153-163). This reaction is caused by intoxication with heavy metals, pesticides, petroleum hydrocarbons and other xenobiotics. Thus, disruption of growth and development of amphibian tadpoles is an important indicator of environmental pollution. However, it is necessary to identify the cause of such violations.

To identify the causes of suppression of growth and development, the content of primary and secondary LPO products, as well as the state of the antioxidant defense system in the liver of *B. viridis* tadpoles were studied (figures 4 and 5). As can be seen from fig. 4, in the liver of *B. viridis* tadpoles exposed to oil hydrocarbons, enhanced production of lipid hydroperoxides (LHO) and malonic dialdehyde (MDA) occurs. The content of LHO in the liver of tadpoles

exposed to WSFO at concentrations of 0.38 mg/L, 0.52 mg/L, and 1.07 mg/L was 17%, 44% and 80% higher, respectively ($p < 0.01$). The level of

MDA in the liver of tadpoles exposed to the same concentrations was also increased by 23%, 36% and 68%, respectively ($p < 0.01$).

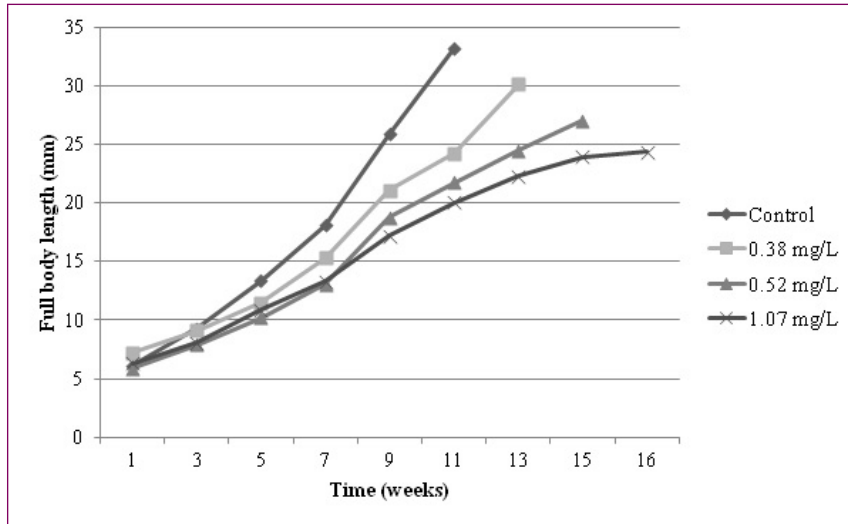


Figure 1 – Change in full body length of *B. viridis* tadpoles during chronic exposure to different concentrations of the WSFO. All data presented are statistically significantly differ from control ($p < 0.01$)

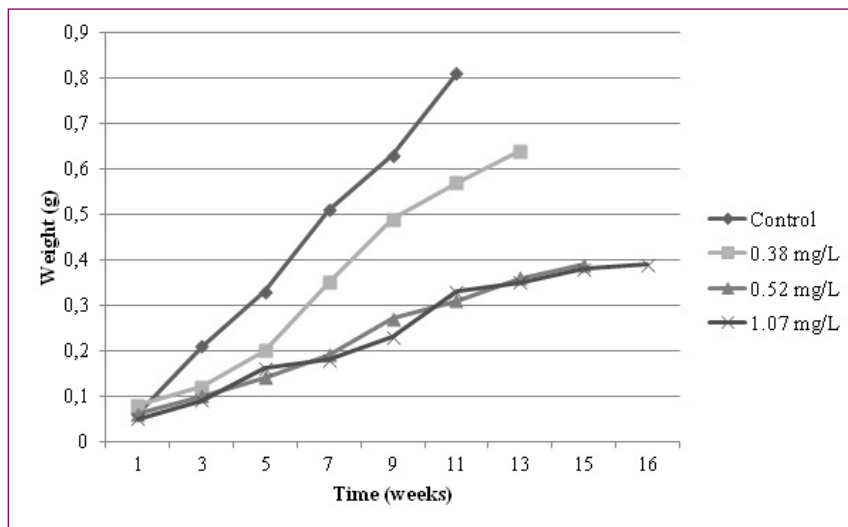


Figure 2 – Change in body weight of *B. viridis* tadpoles during chronic exposure to different concentrations of the WSFO. All data presented are statistically significantly differ from control ($p < 0.01$)

The level of LPO processes is normally regulated by endogenous antioxidants and the activity of antioxidant enzymes. In case of insufficient protection, the process of peroxidation becomes uncontrolled, and leads to the accumulation of reactive oxygen species and free radicals and the

development of pathological processes in cells, primarily the destruction of internal membranes (Wu 2017: 102).

The state of the antioxidant system of tadpoles of *B. viridis* after 3 months of exposure to different concentrations of WSFO was assessed by the

activity of key antioxidant enzymes, superoxide dismutase and catalase in the liver (figure 5). Superoxide dismutase performs inactivation of oxygen radicals, which can arise during biological reactions of electron transport or under the action of

metals with variable valence, toxic substances, and radiation. Catalase is a heme enzyme that catalyzes the hydrogen peroxide decomposition reaction, with the formation of water and molecular oxygen (Eriyamremu 2008: 285).

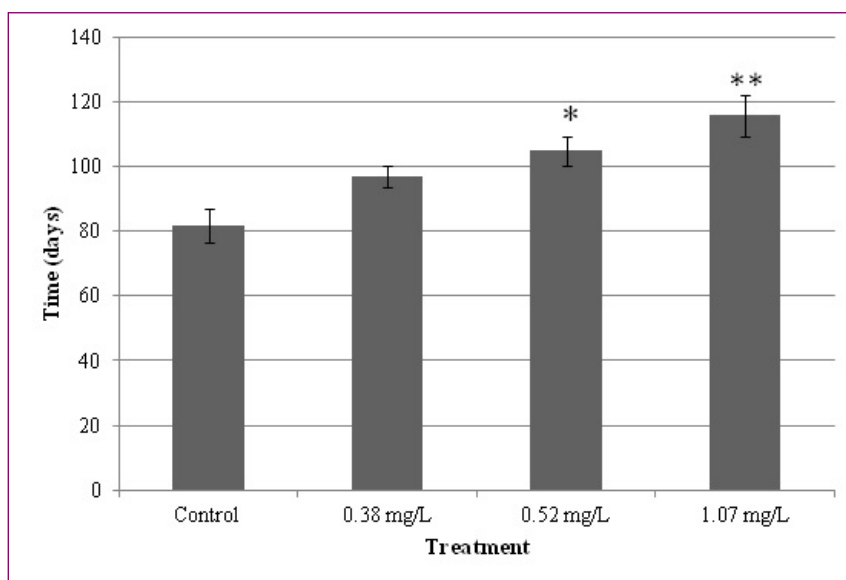


Figure 3 – The time of development of *B. viridis* tadpoles from Gosner stage 25 to stage 42 during chronic exposure to various concentrations of the WSFO. * $P \leq 0,05$; ** $P \leq 0,01$

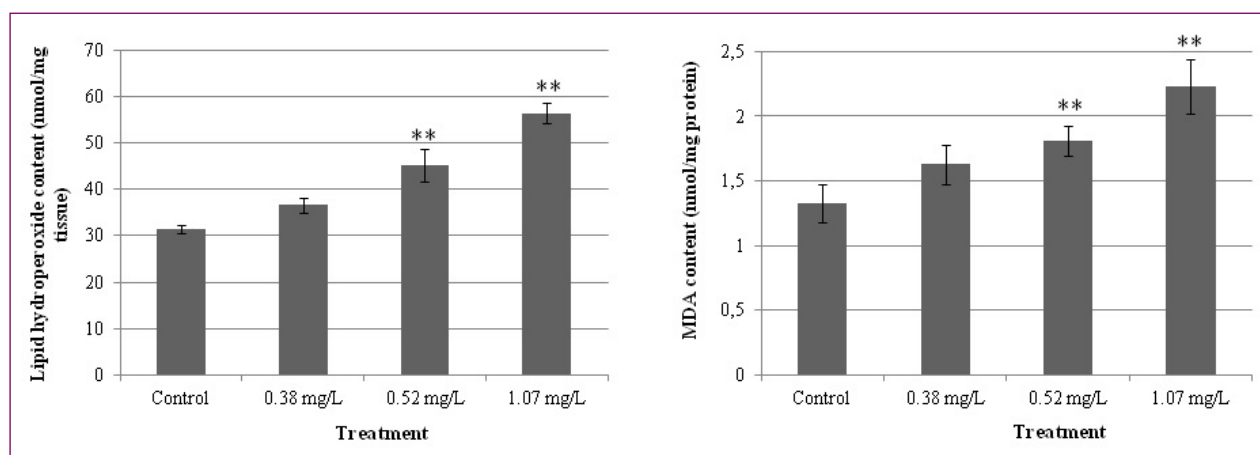


Figure 4 – The content of LHO and MDA in the liver of *B. viridis* tadpoles after chronic exposure to various concentrations of the WSFO. ** $P \leq 0,01$

The results of biochemical analysis of SOD activity showed a decrease in the activity of this enzyme in the liver of *B. viridis* tadpoles exposed to the three concentrations of WSFO (0.38 mg/L, 0.52 mg/L and 1.07 mg/L) by 17% ($p < 0,05$), 29%

($p < 0,01$) and 43% ($p < 0,01$), respectively. The activity of CAT was also reduced by 23% ($p < 0,05$), 33% ($p < 0,01$) and 49% ($p < 0,01$) after chronic exposure to 0.38 mg/L, 0.52 mg/L and 1.07 mg/L of WSFO, respectively.

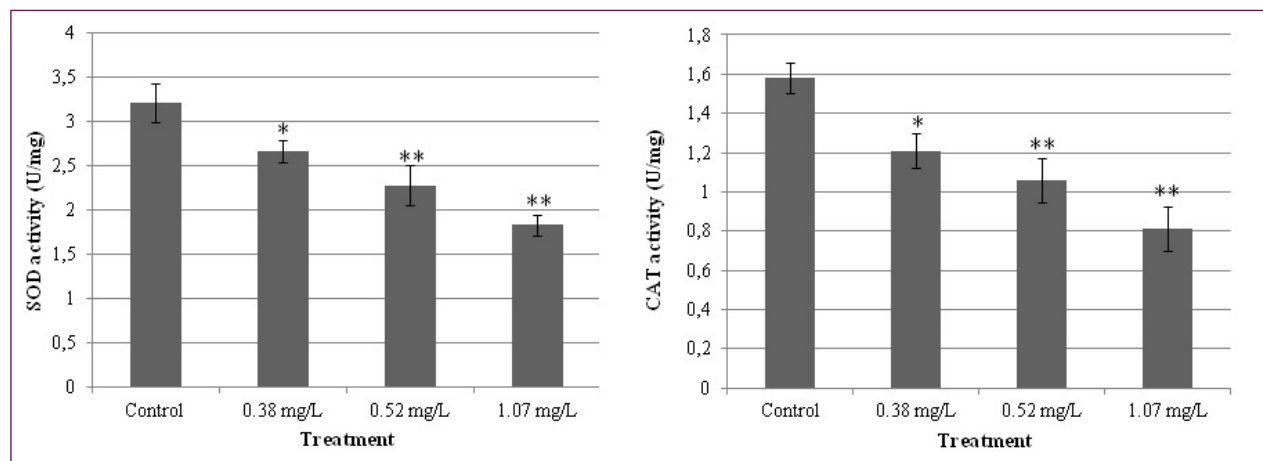


Figure 5 – Активность СОД и КАТ в печени головастика *B. viridis* после 3 месяцев воздействия различных концентраций ВРФН * $P \leq 0,05$; ** $P \leq 0,01$

One of the reasons for the suppression of the antioxidant defense system (decrease in the activity of SOD and catalase) in *B. viridis* tadpoles may be the accumulation of reactive oxygen species and toxic peroxide products (lipid peroxides, aldehydes, ketones and other products) as a result of the toxic effect of oil HC. In addition, a high level of LPO products and a decreased activity of antioxidant enzymes may indicate the damage and death of liver cells (Costa 2008: 160; Burraco 2016: 471). It should be noted that in the study of the size, weight and growth rate, as well as the biochemical parameters of the liver of the *B. viridis* tadpoles, the dose-dependent character of the disruptions of the investigated endpoints was observed. This may indicate a correlation between the changes in the biochemical functions of the cells and the external morphological manifestations observed in our study.

Conclusion

Thus, it was shown that the chronic impact of crude oil hydrocarbons in the concentrations found in the water bodies of the oil producing regions of Kazakhstan adversely affects the developmental rate, and size and weight of *B. viridis* tadpoles. The increased oxidative stress can be a cause of suppression of growth and development, as evidenced by increased accumulation of lipid peroxidation products and reduced activity of antioxidant defense enzymes in the livers of the tadpoles studied.

Acknowledgements

This work was supported by the Ministry of Education and Science of the Republic of Kazakhstan under Grant No. AP05132792

Литература

- Askarova A.M., Mussagaliyeva N.A. The ecological situation in contaminated areas of oil and gas exploration in Atyrau region. // Procedia – Social and Behavioral Sciences. – 2014. – Vol. 120. – P. 455–459.
- Kolesnikov S. I., Spivakova N. A., Vezdeneeva L. S., Kuznetsova Yu. S., Kazeev K. Sh. Modeling the effect of chemical pollution on biological properties of hydromorphic solonchaks in the dry steppe zone of southern Russia. // Arid Ecosystems. – 2011. – Vol. 17. – P. 18–22.
- Gutleb A.C., Appelman J., Bronkhorst M.C., van den Berg J.H.J., Spenkelink A., Brouwer A., Murk A.J. Delayed effects of pre- and early-life time exposure to polychlorinated biphenyls on tadpoles of two amphibian species (*Xenopus laevis* and *Rana temporaria*). // Environmental Toxicology and Pharmacology. – 1999. – Vol. 8. – P. 1–14.
- NAVFAC, Naval Facilities Engineering Command. Development of a Standardized Approach for Assessing Potential Risks to Amphibians Exposed to Sediment and Hyrdic Soils. // Technical Report. – 2004, 340 p.
- Simon, E., Puky M., Braunn M., Tothmeresz B. Frogs and Toads as Biological Indicators in Enviromental Assessment. // Frogs: Biology, Ecology and Uses. – 2011. – Vol. 1. – P. 141–50.
- Saka M. Developmental Toxicity of P,p'-dichlorodiphenyltrichloroethane, 2,4,6-Trinitrotoluene, Their Metabolites, and Benzo[a]pyrene in *Xenopus Laevis* Embryos. // Environmental Toxicology and Chemistry. – 2004. – Vol. 23. – P. 1065–1073. <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/15095906>.

Melvin S.D., Lanctôt C.M., Craig P.M., Moon T.W., Peru K.M., Headley J.V., Trudeau V.L. Effects of Naphthenic Acid Exposure on Development and Liver Metabolic Processes in Anuran Tadpoles. // *Environmental Pollution*. – 2013. – Vol. 177. – P. 22–27. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2013.02.003>.

Melvin S.D., Trudeau V.L. Growth, Development and Incidence of Deformities in Amphibian Larvae Exposed as Embryos to Naphthenic Acid Concentrations Detected in the Canadian Oil Sands Region. // *Environmental Pollution*. – 2012. – Vol. 167. – P. 178–183. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2012.04.002>.

Falfushynska H., Gnatyshyna L., Fedoruk O., Mitina N., Zaichenko A., Stoliar O., Stoika R. Hepatic Metallothioneins in Molecular Responses to Cobalt, Zinc, and Their Nanoscale Polymeric Composites in Frog *Rana ridibunda*. // *Comparative Biochemistry and Physiology Part C: Toxicology and Pharmacology*. – 2015. – Vol. 172–173. Elsevier B.V. – P. 45–56. <https://doi.org/10.1016/j.cbpc.2015.04.006>.

Cheng C., Di S., Li C., Zhang W., Diao J., Zhou Z. Enantioselective Bioaccumulation, Tissue Distribution, and Toxic Effects of Myclobutanil Enantiomers in Pelophylax Nigromaculatus Tadpole. // *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. – 2017. – Vol. 65. – P. 3096–3102. <https://doi.org/10.1021/acs.jafc.7b00086>.

Salin K., Luquet E., Rey B., Roussel D., Voituron Y. Alteration of Mitochondrial Efficiency Affects Oxidative Balance, Development and Growth in Frog (*Rana temporaria*) Tadpoles. // *Journal of Experimental Biology*. – 2012. – Vol. 215. – P. 863–869. <https://doi.org/10.1242/jeb.062745>.

Salvaterra T., Alves M.G., I. Domingues R.P., Rasteiro M. G., Carvalho R.A., A. Soares M.V.M., Lopes I. Biochemical and Metabolic Effects of a Short-Term Exposure to Nanoparticles of Titanium Silicate in Tadpoles of Pelophylax perezi (Seoane). // *Aquatic Toxicology*. – 2013. – Vol. 128–129. – Elsevier B.V. – P. 190–192. <https://doi.org/10.1016/j.aquatox.2012.12.014>.

Falfushynska H., Loumbourdis N., Romanchuk L., Stolyar O. Validation of Oxidative Stress Responses in Two Populations of Frogs from Western Ukraine. // *Chemosphere*. – 2008. – Vol. 73. – Elsevier Ltd. – P. 1096–1101. <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2008.07.060>.

Pigeolet E., Corbisier P., Houbion A., Lambert D., Michiels C., Raes M., Denise M. Z., Remacle J. Glutathione Peroxidase, Superoxide Dismutase, and Catalase Inactivation by Peroxides and Oxygen Derived Free Radicals. // *Mechanisms of Ageing and Development*. – 1990. – Vol. 51. – P. 283–297. [https://doi.org/10.1016/0047-6374\(90\)90078-T](https://doi.org/10.1016/0047-6374(90)90078-T).

Venturino A., de D'Angelo A.M.P. Biochemical Targets of Xenobiotics: Biomarkers in Amphibian Ecotoxicology. // *Applied Herpetology*. – 2005. – Vol. 2. – P. 335–353. doi:10.1163/1570754054507433.

Amaeze N. H., Onadeko A., Nwosu C. C. Comparative acute toxicity and oxidative stress responses in tadpoles of *Bufo regularis* exposed to refined petroleum products, unused and spent engine oils. // *American Journal of Biotechnology*. – 2014. – Vol. 13. – P. 4251–4258.

Wu C., Zhang Y., Chai L., Wang H. Oxidative Stress, Endocrine Disruption, and Malformation of *Bufo gargarizans* Embryo Exposed to Sub-Lethal Cadmium Concentrations. // *Environmental Toxicology and Pharmacology*. – 2017. – Vol. 49. – Elsevier B.V. – P. 97–104. doi:10.1016/j.etap.2016.12.005.

ГОСТ 31953-2012 Вода. Определение нефтепродуктов методом газовой хроматографии. 18 с.

Anderson J. W., Neff J.M., Cox B.A., Tatem H.E., Hightower G.M. Characteristics of Dispersions and Water-Soluble Extracts of Crude and Refined Oils and Their Toxicity to Estuarine Crustaceans and Fish. // *Marine Biology*. – 1974. – Vol. 27. – P. 75–88. doi:10.1007/BF00394763.

Singer M.M., D. Bragin A.G.E., Clark J.R., Coelho G.M., Sowby M.L., Tjeerdema R.S. Standardization of the Preparation and Quantitation of Water-Accommodated Fractions of Petroleum for Toxicity Testing. // *Marine Pollution Bulletin*. – 2000. – Vol. 40. – P. 1007–1016. doi:10.1016/S0025-326X(00)00045-X.

Гаврилов В.Б. Спектрофотометрическое определение содержания гидроперекисей липидов в плазме крови. – Лаб. Дело, 1983. – С. 23–25.

Pradnya S. W., Serai P.S., Iyer K.R. Isolation and catalytic competence of different animal liver microsomal fractions prepared by calcium-aggregation method. // *Indian journal of pharmaceutical sciences*. – 2006. – Vol. 68. – P. 262–265.

Guengerich F.P., Hayes A.W (eds). Analysis and characterization of enzymes. – In: Principles and methods of toxicology. – 3rd Edn. – Raven Press, New York, 1994. – P. 1259–1313.

Обобщенный перечень предельно допустимых концентраций (ПДК) вредных веществ для воды рыбохозяйственных водоемов. – М., 1990. – 14 с.

Eriyamremu, G E, Osagie V E, Omoregie S E, Omofoma C O. Alterations in Glutathione Reductase, Superoxide Dismutase, and Lipid Peroxidation of Tadpoles (*Xenopus laevis*) Exposed to Bonny Light Crude Oil and Its Fractions. // *Ecotoxicology and Environmental Safety*. – 2008. – Vol. 71. – P. 284–290. doi:10.1016/j.ecoenv.2007.08.009.

Brunelli E., Bernabò I., Berg C., Lundstedt-Enkel K., Bonacci A., Tripepi S. Environmentally Relevant Concentrations of Endosulfan Impair Development, Metamorphosis and Behaviour in *Bufo bufo* Tadpoles». // *Aquatic Toxicology*. – 2009. – Vol. 91. – P. 135–42. doi:10.1016/j.aquatox.2008.09.006.

Gürkan M., Hayretdağ S.. Acute Toxicity of Maneb in the Tadpoles of Common and Green Toad. // *Arhiv Za Higijenu Rada I Toksikologiju*. – 2015. – Vol. 66. – P. 189–95. doi:10.1515/aiht-2015-66-2642.

Costa M.J, Monteiro D.A., Oliveira-Neto A.L., Rantin F.T., Kalinin A.L. Oxidative Stress Biomarkers and Heart Function in Bullfrog Tadpoles Exposed to Roundup Original®. // *Ecotoxicology*. – 2008. – Vol. 17. – P. 153–163. doi:10.1007/s10646-007-0178-5.

Burraco P., Gomez-Mestre I. Physiological Stress Responses in Amphibian Larvae to Multiple Stressors Reveal Marked Anthropogenic Effects Even below Lethal Levels. // *Physiological and Biochemical Zoology*. – 2016. – Vol. 89. – P. 462–472. doi:10.1086/688737.

References

- Askarova A. M., Mussagaliyeva N. A. (2014) The ecological situation in contaminated areas of oil and gas exploration in Atyrau region. *Procedia – Social and Behavioral Sciences*, vol. 120, pp. 455 – 459.
- Kolesnikov S. I., Spivakova N. A., Vezdeneeva L. S., Kuznetsova Yu. S., Kazeev K. Sh. (2011) Modeling the effect of chemical pollution on biological properties of hydromorphic solonchaks in the dry steppe zone of southern Russia. *Arid Ecosystems*, vol. 17, pp. 18–22.
- Gutleb A.C., Appelman J., Bronkhorst M.C., van den Berg J.H.J., Spenkelink A., Brouwer A., Murk A.J. (1999) Delayed effects of pre- and early-life time exposure to polychlorinated biphenyls on tadpoles of two amphibian species (*Xenopus laevis* and *Rana temporaria*). *Environmental Toxicology and Pharmacology*, vol. 8, pp. 1–14
- NAVFAC, Naval Facilities Engineering Command. (2004) Development of a Standardized Approach for Assessing Potential Risks to Amphibians Exposed to Sediment and Hyrdic Soils. Technical Report, 340 p.
- Simon, E., Puky M., Braunn M., Tothmeresz B. (2011) Frogs and Toads as Biological Indicators in Enviromental Assessment. *Frogs: Biology, Ecology and Uses*, vol. 1, pp. 141–150.
- Saka M. (2004) Developmental Toxicity of P,p'-dichlorodiphenyltrichloroethane, 2,4,6-Trinitrotoluene, Their Metabolites, and Benzo[a]pyrene in *Xenopus Laevis* Embryos. *Environmental Toxicology and Chemistry*, vol. 23, pp. 1065–1073. <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/15095906>.
- Melvin S.D., Trudeau V.L. (2012) Growth, Development and Incidence of Deformities in Amphibian Larvae Exposed as Embryos to Naphthenic Acid Concentrations Detected in the Canadian Oil Sands Region. *Environmental Pollution*, vol. 167, pp. 178–183. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2012.04.002>.
- Melvin S.D., Lanctôt C.M., Craig P.M., Moon T.W., Peru K.M., Headley J.V., Trudeau V.L. (2013) Effects of Naphthenic Acid Exposure on Development and Liver Metabolic Processes in Anuran Tadpoles. *Environmental Pollution*, vol. 177, pp. 22–27. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2013.02.003>.
- Falfushynska H., Gnatyshyna L., Fedoruk O., Mitina N., Zaichenko A., Stoliar O., Stoika R. (2015) Hepatic Metallothioneins in Molecular Responses to Cobalt, Zinc, and Their Nanoscale Polymeric Composites in Frog *Rana Ridibunda*. *Comparative Biochemistry and Physiology Part – C: Toxicology and Pharmacology*, vol. 172–173. Elsevier B.V., pp. 45–56. <https://doi.org/10.1016/j.cbpc.2015.04.006>.
- Cheng C., Di S., Li C., Zhang W., Diao J., Zhou Z. (2017): Enantioselective Bioaccumulation, Tissue Distribution, and Toxic Effects of Myclobutanil Enantiomers in Pelophylax Nigromaculatus Tadpole. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, vol. 65, pp. 3096–3102. <https://doi.org/10.1021/acs.jafc.7b00086>.
- Salin K., Luquet E., Rey B., Roussel D., Voituron Y. (2012) Alteration of Mitochondrial Efficiency Affects Oxidative Balance, Development and Growth in Frog (*Rana Temporaria*) Tadpoles . *Journal of Experimental Biology*, vol. 215, pp. 863–869. <https://doi.org/10.1242/jeb.062745>.
- Salvaterra T., Alves M.G., I. Domingues R.P., Rasteiro M. G., Carvalho R.A., A. Soares M.V.M., Lopes I. (2013) Biochemical and Metabolic Effects of a Short-Term Exposure to Nanoparticles of Titanium Silicate in Tadpoles of Pelophylax Perezi (Seoane). *Aquatic Toxicology*, vol. 128–129. Elsevier B.V., pp. 190–192. <https://doi.org/10.1016/j.aquatox.2012.12.014>.
- Falfushinska H., Loumbourdis N., Romanchuk L., Stolyar O. (2008) Validation of Oxidative Stress Responses in Two Populations of Frogs from Western Ukraine. *Chemosphere*, vol. 73, Elsevier Ltd., pp. 1096–1101. <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2008.07.060>.
- Pigeolet E., Corbisier P., Houbion A., Lambert D., Michiels C., Raes M., Denise M. Z., Remacle J.. (1990) Glutathione Peroxidase, Superoxide Dismutase, and Catalase Inactivation by Peroxides and Oxygen Derived Free Radicals. *Mechanisms of Ageing and Development*, vol. 51, pp. 283–297. [https://doi.org/10.1016/0047-6374\(90\)90078-T](https://doi.org/10.1016/0047-6374(90)90078-T).
- Venturino A., de D'Angelo A.M.P. (2005) Biochemical Targets of Xenobiotics: Biomarkers in Amphibian Ecotoxicology. *Applied Herpetology*, vol. 2, pp. 335–353. doi:10.1163/1570754054507433.
- Amazez N. H., Onadeko A., Nwosu C. C. (2014) Comparative acute toxicity and oxidative stress responses in tadpoles of *Bufo regularis* exposed to refined petroleum products, unused and spent engine oils. *American Journal of Biotechnology*, vol. 13, pp. 4251-4258.
- Wu C., Zhang Y., Chai L., Wang H. «Oxidative Stress, Endocrine Disruption, and Malformation of *Bufo Gargarizans* Embryo Exposed to Sub-Lethal Cadmium Concentrations». *Environmental Toxicology and Pharmacology*. 49 (2017). Elsevier B.V.: 97–104. doi:10.1016/j.etap.2016.12.005.
- GOST 31953-2012 (2012) Voda. Opređenje nefteproductov metodom gazovoi hromatografii [ГОСТ 31953-2012 Water. Determination of petroleum products using the method of gas chromatography]. 18 p. (in Russian)
- Anderson J. W., Neff J.M., Cox B.A., Tatem H.E., Hightower G.M. (1974) Characteristics of Dispersions and Water-Soluble Extracts of Crude and Refined Oils and Their Toxicity to Estuarine Crustaceans and Fish. *Marine Biology*, vol. 27, pp. 75–88. doi:10.1007/BF00394763.
- Singer M.M., D. Bragin A.G.E., Clark J.R., Coelho G.M., Sowby M.L., Tjeerdema R.S. (2000) Standardization of the Preparation and Quantitation of Water-Accommodated Fractions of Petroleum for Toxicity Testing. *Marine Pollution Bulletin*, vol. 40, pp. 1007–1016. doi:10.1016/S0025-326X(00)00045-X.
- Gavrilov V.B., Mishkorudnaya M.I. (1983) Spektrofotometricheskoe opredelenie sodержaniya gidroperekisey lipidov v plazme krovi [Spectrophotometric determination of lipid hydroperoxides content in blood plasma] *Lab. Delo*, pp. 23-25. (in Russian)
- Pradnya S. W., Serai P.S., Iyer K.R. (2006) Isolation and catalytic competence of different animal liver microsomal fractions prepared by calcium-aggregation method. *Indian Journal of Pharmaceutical Sciences*, vol. 68, pp. 262-265.

Guengerich F.P., Hayes A.W (eds). (1994) Analysis and characterization of enzymes. In: Principles and methods of toxicology. 3rd Edn., Raven Press, New York. pp. 1259–1313.

Obobshchennyi perechen' predel'no dopustimyh koncentracii (PDK) vrednyh veschestv dlya vody rybohozyaistvennyh vodoemov (1990) [A generalized list of maximum permissible concentrations (MPC) of harmful substances for the water of fishery water bodies] M.: 14 p. (in Russian)

Eriyamremu, G.E, Osagie V.E, Omoregie S.E, Omofoma C.O. (2008) Alterations in Glutathione Reductase, Superoxide Dismutase, and Lipid Peroxidation of Tadpoles (*Xenopus Laevis*) Exposed to Bonny Light Crude Oil and Its Fractions». *Ecotoxicology and Environmental Safety*, vol. 71, pp. 284–290. doi:10.1016/j.ecoenv.2007.08.009.

Brunelli E., Bernabò I., Berg C., Lundstedt-Enkel K., Bonacci A., Tripepi S. (2009) Environmentally Relevant Concentrations of Endosulfan Impair Development, Metamorphosis and Behaviour in *Bufo Bufo* Tadpoles. *Aquatic Toxicology*, vol. 91, pp. 135–142. doi:10.1016/j.aquatox.2008.09.006.

Gürkan M., Hayrettaş S. (2015) Acute Toxicity of Maneb in the Tadpoles of Common and Green Toad. *Arhiv Za Higijenu Rada I Toksikologiju*, vol. 66, pp. 189–195. doi:10.1515/aiht-2015-66-2642.

Costa M.J, Monteiro D.A., Oliveira-Neto A.L., Rantin F.T., Kalinin A.L. (2008) Oxidative Stress Biomarkers and Heart Function in Bullfrog Tadpoles Exposed to Roundup Original®. *Ecotoxicology*, vol. 17, pp. 153–163. doi:10.1007/s10646-007-0178-5.

Burraco P., Gomez-Mestre I. (2016) Physiological Stress Responses in Amphibian Larvae to Multiple Stressors Reveal Marked Anthropogenic Effects Even below Lethal Levels. *Physiological and Biochemical Zoology*, vol. 89, pp. 462–472. doi:10.1086/688737.

**Zayadan B.¹, Ussebayeva A.², Bolatkhan K.³, Akmukhanova N.⁴,
Kossalbayev B.⁵, Baizhigitova A.⁶, Los D.⁷**

¹Doctor of biological sciences, professor, e-mail: zbolatkhan@gmail.com

²PhD, e-mail: aizhan.userbaeva@gmail.com

³PhD, e-mail: kenge83@mail.ru

⁴Candidate of Biological Sciences, asting associate professor, e-mail: akmukhanova.nurziya@gmail.com

⁵PhD student, e-mail: kossalbayev.bekzhan@gmail.com

⁶2nd year master student, e-mail: aizhanbay999@gmail.com

al-Farabi Kazakh National University, Kazakhstan, Almaty

⁷Doctor of biological sciences, professor, director

of K.A. Timiryazev Institute of Plant Physiology RAS,

Russia, Moscow, e-mail: losnet@mail.ru

**SCREENING OF ISOLATED AND COLLECTION STRAINS
OF CYANOBACTERIA ON PRODUCTIVITY
FOR DETERMINING THEIR BIOTECHNOLOGICAL POTENTIAL**

Cyanobacteria produce a wide range of metabolites, such as proteins, carbohydrates, carotenoids, vitamins and lipids which can be used as potential food sources for human and animals, in pharmaceutical and cosmetic industries and also as energy source. It is known that the technology of using cyanobacteria as fuel raw materials makes one of the central places among the approaches of modern alternative energy. To date, the possibility of using cyanobacteria in wastewater treatment with the further use of biomass for obtaining biodiesel fuel is being considered. For their application in biotechnology the strain screening for producers is needed. Prospectivity of types and species for use in biotechnology is firstly determined by their productivity. The article presents data of screening of collection and isolated strains of cyanobacteria: *Cyanobacterium* sp. B-1200, *Cyanobacterium aponium* IPPAS B-1201, *Synechococcus elongatus* 7942, *Anabaena variabilis* R-I-5 and *Nostoc calcicola* RI-3. Comparative analysis of constant fluorescence indices, cell growth rate and accumulation of dry weight in cyanobacteria was carried out. Thus, as a result of investigations, the greatest optical density was noted in *Anabaena variabilis* R-I-5 strains (1,191) and *Cyanobacterium* sp. B-1200 (1,281). Fluorescence indices also confirmed the high photosynthetic activity of cyanobacteria *Cyanobacterium* sp. B-1200 (26101 rel.un.) and *Anabaena variabilis* R-I-5 (25054 rel.un). Also, investigated strains *Anabaena variabilis* R-I-5 and *Cyanobacterium aponium* IPPAS B-1201 were characterized by relatively high biomass accumulation – 1,19 g/l и 1,36 g/l correspondingly. According to obtained data, it was established that cyanobacteria *Cyanobacterium* sp. B-1200 and *Anabaena variabilis* R-I-5 have a relatively high values of growth rate, fluorescence and biomass yield which determine their high productivity. Thus, in the result of screening strains *Cyanobacterium stanieri* B-1 and *Anabaena variabilis* R-I-5 were selected for further investigations of their physiological and biochemical properties with the purpose to determine potential producers of valuable metabolites for biotechnology.

Key words: screening, cyanobacteria, biomass, fluorescence, biotechnological potential.

Заядан Б.¹, Усербаева А.², Болатхан К.³, Акмұханова Н.⁴,
Қосалбаев Б.⁵, Байжигитова А.⁶, Лось Д.⁷

¹биология ғылымдарының докторы, профессор, e-mail: zbolatkhan@gmail.com

²PhD, e-mail: aizhan.userbaeva@gmail.com

³PhD, e-mail: kenge83@mail.ru

⁴биология ғылымдарының кандидаты, доцент м.а., e-mail: akmukhanova.nurziya@gmail.com

⁵PhD докторанты, e-mail: kossalbayev.bekzhan@gmail.com

⁶2-курс магистранты, e-mail: aizhanbay999@gmail.com

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

⁷биология ғылымдарының докторы, профессор, PFA К.А. Тимирязева атындағы өсімдіктер физиологиясы институтының директоры, Ресей, Мәскеу қ., e-mail: losnet@mail.ru

Биотехнологиядағы потенциалын анықтау мақсатында цианобактериялардың бөлініп алынған және коллекциялық штамдарын өнімділігі бойынша сұрыптау

Цианобактериялар белоктар, көмірсулар, каротиноидтар, витаминдер және липидтер тәрізді кең спектрлі метаболиттерді өндіреді және оларды адамдар мен жануарларға қорек ретінде, фармацевтикалық және косметикалық өндірістерде, сонымен қатар энергия көзі ретінде пайдалануға болады. Белгілі болғандай, цианобактерияларды жанармай шикізаты ретінде қолдану технологиясы қазіргі таңдағы баламалы энергия көздерін пайдалану жолдарының арасында негізгі болып саналатын белгілі орындардың бірін алады. Бүгінгі таңда цианобактериялардың түрлерін ағын суларды қолдана отырып, оның биомассасынан биодизельді отын алу мақсатында пайдалану жұмыстары қарастырылуда. Оларды биотехнологияда пайдалану үшін өндірістік штамдарға сұрыптау жүргізілуі қажет. Биотехнологияда қолданылатын штамдар мен түрлердің маңыздылығы, бірінші кезекте, олардың өнімділігіне тікелей байланысты. Мақалада цианобактериялардың бөлініп алынған және коллекциялық штамдарын (*Cyanobacterium* sp. B-1200, *Cyanobacterium aronium* IPPAS B-1201, *Synechococcus elongatus* 7942, *Anabaena variabilis* R-I-5 және *Nostoc calicicola* RI-3) сұрыптау жұмыстарының нәтижелері келтірілді: Зерттелген цианобактериялардың тұрақты флуоресценциясының салыстырмалы көрсеткіштеріне, клеткалардың өсу жылдамдықтарына және құрғақ салмағының жинақталуына талдау жасалынды. Осы тұрғыда, ең жоғары оптикалық тығыздық *Anabaena variabilis* R-I-5 (1,191) және *Cyanobacterium* sp. B-1200 (1,281) штамдарында анықталды. Флуоресценция көрсеткіші бойынша *Cyanobacterium* sp. B-1200 (26101 сал.бірл) және *Anabaena variabilis* R-I-5 (25054 сал.бірл) цианобактерияларының жоғары фотосинтездік қарқындылығы тіркелді. Сонымен қатар, зерттелген *Anabaena variabilis* R-I-5 және *Cyanobacterium aronium* IPPAS B-1201 штамдарында салыстырмалы тұрғыда жоғары биомасса алынды – 1,19 г/л және 1,36 г/л. Алынған нәтижелер бойынша, *Cyanobacterium* sp. B-1200 және *Anabaena variabilis* R-I-5 цианобактерия штамдарының өнімділігін көрсететін өсу қарқындылығы, флуоресценция және биомасса жинақталуы бойынша жоғары көрсеткіштерге ие екені анықталды. Осы тұрғыда, сұрыптау нәтижесі бойынша биотехнологияда бағалы метаболиттердің әлеуетті өндірушілерін анықтау мақсатында физиолого-биохимиялық қасиеттерін келешекте зерттеу үшін *Cyanobacterium stanieri* B-1 және *Anabaena variabilis* R-I-5 штамдары сұрыптап алынды.

Түйін сөздер: сұрыптау, цианобактериялар, биомасса, флуоресценция, биотехнологиялық потенциал.

Заядан Б.¹, Усербаева А.², Болатхан К.³, Акмұханова Н.⁴,
Қосалбаев Б.⁵, Байжигитова А.⁶, Лось Д.⁷

¹доктор биологических наук, профессор, e-mail: zbolatkhan@gmail.com

²PhD, e-mail: aizhan.userbaeva@gmail.com

³PhD, e-mail: kenge83@mail.ru

⁴кандидат биологических наук, и.о. доцента, e-mail: akmukhanova.nurziya@gmail.com

⁵PhD докторант, e-mail: kossalbayev.bekzhan@gmail.com

⁶магистрант 2-го курса, e-mail: aizhanbay999@gmail.com

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

⁷доктор биологических наук, профессор, директор Института физиологии растений им. К.А. Тимирязева РАН, Россия, г. Москва, e-mail: losnet@mail.ru

Скрининг выделенных и коллекционных штаммов цианобактерий по продуктивности с целью определения их биотехнологического потенциала

Цианобактерии продуцируют широкий спектр метаболитов, таких как белки, углеводы, каротиноиды, витамины и липиды, которые могут использоваться в качестве источников пищи для людей и животных, в фармацевтических и косметических производствах, а также в качестве источника энергии. Как известно, технология использования цианобактерий в

качестве топливного сырья занимает одно из центральных мест среди подходов современной альтернативной энергетики. На сегодняшний день рассматривается возможность использования штаммов цианобактерий в очистке сточных вод с дальнейшим использованием биомассы для получения биодизельного топлива. Для использования их в биотехнологии требуется скрининг штаммов – продуцентов. Перспективность штаммов и видов для использования в биотехнологии определяется, в первую очередь, их продуктивностью. В статье приведены данные скрининга коллекционных и выделенных штаммов цианобактерий: *Cyanobacterium* sp. B-1200, *Cyanobacterium aronium* IPPAS B-1201, *Synechococcus elongatus* 7942, *Anabaena variabilis* R-I-5 и *Nostoc caldicola* RI-3. Проведен сравнительный анализ показателей постоянной флуоресценции, скорости роста клеток и накопление сухого веса у исследуемых цианобактерий. Так, в результате исследований наибольшая оптическая плотность была отмечена у штаммов *Anabaena variabilis* R-I-5 (1,191) и *Cyanobacterium* sp. B-1200 (1,281). Показатели флуоресценции также подтвердили высокую фотосинтетическую активность цианобактерий *Cyanobacterium* sp. B-1200 (26101 отн. ед) и *Anabaena variabilis* R-I-5 (25054 отн.ед). Также исследуемые штаммы *Anabaena variabilis* R-I-5 и *Cyanobacterium aronium* IPPAS B-1201 характеризовались относительно высоким накоплением биомассы – 1,19 г/л и 1,36 г/л соответственно. Согласно полученным данным, установлено, что цианобактерии *Cyanobacterium* sp. B-1200 и *Anabaena variabilis* R-I-5 имеют относительно высокие показатели по скорости роста, флуоресценции и выходу биомассы, которые определяют их высокую продуктивность. Таким образом, в результате скрининга были отобраны штаммы *Cyanobacterium stanieri* B-1 и *Anabaena variabilis* R-I-5 для дальнейших исследований их физиолого-биохимических свойств с целью определения потенциальных производителей ценных метаболитов для биотехнологии.

Ключевые слова: скрининг, цианобактерии, биомасса, флуоресценция, биотехнологический потенциал.

Introduction

Cyanobacteria are promising model objects for studying various biological processes. According to the structure of the cell membrane and the organization of the genome cyanobacteria belong to the gram-negative bacteria, then the structure of the photosynthetic apparatus and the ability for oxygenic photosynthesis bring them closer to the higher plants. At the moment, cyanobacteria together with *Escherichia coli* or *Bacillus subtilis* are considered as one of the more actively studied groups of microorganisms (Zavarzin, 2001:923; Kotani, 1994:304).

Thus, cyanobacteria produce a wide range of metabolites, such as proteins, carbohydrates, carotenoids, vitamins and lipids, which can be used as food sources for humans and animals, in pharmaceutical and cosmetic industries, and as an energy source (Ducat, 2011:99; Sarsekeyeva, 2015:329). Due to the limitation of fossil fuel reserves and negative impact of its combustion products on the environment and climate, it became necessary to create «new» energy based on non-traditional renewable energy sources. Hydrogen is considered as the most promising high-energy environmentally friendly energy carrier (Serebryakova, 2001:99; Tamagnini, 2002:13; Dutta, 2005:36; Rupprecht, 2006:445). To date, the production of hydrogen by existing technologies is associated with the use of traditional energy carriers and, consequently, the formation of greenhouse gases and environmentally hazardous waste.

Thus, cyanobacteria which are capable to photosynthetic conversion of sunlight into H_2 could become a biohydrogen generator. The light-dependent formation of hydrogen by these microorganisms is sufficiently well studied and attracts attention due to the fact that both solar energy and the substrate-water are actually inexhaustible and renewable, as well as the non-toxicity of the byproduct – oxygen (Schutz, 2004:354; Prince, 2005:28). One of the most widely used types of biofuel is biodiesel. Biodiesel is usually obtained from oil crops, such as rape, soybean, sunflower and palm. At the same time, large land plots are allocated for the production of raw materials for biodiesel, often using increased doses of plant protection chemicals. This leads to biodegradation of soils and a decrease in the quality of soils. It is known that the technology of using cyanobacteria as fuel raw materials makes one of the central places among the approaches of modern alternative energy. Cyanobacteria are characterized by plastic metabolism and ability to adopt to various conditions of environment, they are potential producers of variety of useful compounds including fatty acids which can be used for biodiesel production. (Li, 2008:817). The creation of a new technology for the production of biodiesel from the biomass of cyanobacteria actively producing fatty acids is considered as very promising and of great interest for the development of alternative energy in the world now (Chisti, 2007:253; Al-Thani, 2012:431; Ruffing, 2012:2197; Naik, 2010:581). Along with this, many

species of cyanobacteria are able to grow in wastewater due to their ability to use organic carbon, inorganic nitrogen and phosphorus in excess contained in wastewater (Cabanelas, 2012:432; El-Sheekh, 2005:362; Martins, 2011:247). Cultivation of cyanobacteria is used for biological treatment of wastewater for two main reasons: first, the release of free oxygen by these microorganisms is of great importance in the enrichment of wastewater and the promotion of aerobic degradation processes. Secondly, cultivation on wastewater leads to the accumulation of valuable biological compounds, including lipids in the biomass of cyanobacteria. Laboratory studies have shown the possibility of moderate biomass production and high productivity of cyanobacterial lipids grown in wastewater (Mehrabadi, 2015:209; Ación, 2016:9015). One way to investigate the possibility of algae to decompose organic pollutants is to cultivate cells in the presence of contaminants. To date, the possibility of using cyanobacteria in wastewater treatment with the further use of biomass for bioenergy is being considered. Cultivation of cyanobacteria in wastewater can be a promising approach for the production of biodiesel. This integration is economically viable and environmentally friendly technology for sustainable production of cyanobacterial biofuels, since a huge amount of water and nutrients (for example, nitrogen and phosphorus can be reused by cyanobacteria for growth during cultivation in wastewater) (Kharayat, 2012:84; Olguín, 2012:1042; Wang, 2016:493).

The purpose of this study was to screen isolated and collection strains of cyanobacteria by productivity with the purpose to determine their biotechnological potential.

Materials and methods of research

As a material for research cyanobacteria from the phototrophic microorganisms collection of al-Farabi KazNU were used: *Cyanobacterium* sp. B-1200, *Cyanobacterium aponium* IPPAS B-1201, *Synechococcus elongatus* 7942 and filamentous strains *Anabaena variabilis* R-I-5 and *Nostoc caldicola* RI-3 isolated from the rice soils of Baghlan Province of Afghanistan.

For conducting experiment cells of investigated cyanobacteria were grown in laboratory luminostat continuously in 250 ml vessels with glass bubblers at 27°C temperature under artificial light with 300 $\mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$ light intensity and aeration by sterile gas and air mixture enriched by 1% CO_2 (Vladimirova 1962: 21). Aeration was supplied with the help of air compressor BOYU air-pump S-4000B (China). CO_2

concentration was regulated by rotamer RMA-0,063 G (Russia). All experimental strains were grown on BG-11 (Semenenko, 1991:52). Constant fluorescence of chlorophyll a (F_0) in cells of investigated strains (Goltsev, 2014:125) was measured with the help of fluorimeter AquaPen AP 100 (Czech Republic). Growth of cyanobacteria cultures was controlled with the help of spectrophotometer PD – 303UV (Japan) according to the change of optical density of cell suspension at wave length $\lambda = 750$ nm (OD_{750}). The rate of growth of cultures of cyanobacteria was calculated from the increase in the number of cells in experimental vessels according to equation (Sirenko, 1975:248):

$$k = \frac{1}{t} \ln \frac{N_t}{N_0}$$

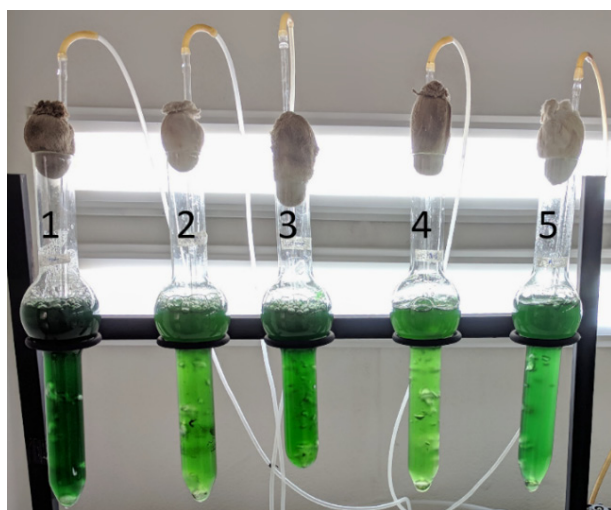
N_0 – initial number of cells; N_t – number of cells after t time.

Determination of dry weight was carried out in two stages. At the first stage, the total dry weight (cyanobacteria + salts) was determined. For this, cells were precipitated with a 5810R centrifuge (Eppendorf, Germany) at a rotation speed of 5000 rpm. / min. Culture was dried at 80°C during 3 days. After evaporation and drying of the material, the plates were again weighed on the anatomical weights and the total weight was determined in terms of the total weight (g / l). On the second stage, the dry residue was purified with a small amount of distilled water. After complete dissolution of the salt, the solution was mixed and together with the insoluble substance was placed in a measuring tube, where the distilled water was adjusted to the volume of the entire volume of the sample on the first stage and then subjected to centrifugation. After centrifuging supernatant was taken away by the same way as for dry weight determination and the dry weight of salt was determined in investigated sample(g/l). Statistical processing of experimental data was carried out in the 2013 Excel program.

Results of investigation and their discussion

The high growth rates, relative easiness of genetic manipulation, small sizes of genomes (Kaneko, 1996:182) make cyanobacteria a suitable model objects for the studying of various physiological processes and metabolic pathways in photosynthetic cells. Thus, cyanobacteria present a great interest both for fundamental and for practical researches. Currently, cyanobacteria attract the attention of many researchers and entrepreneurs a variety of metabolites, some of which can be used

in the fuel industry (Da Rós, 2013:2070; Kiaei, 2015:240). Thus, for the use of cyanobacteria in bioenergetics screening of strains – producers is required. Prospectivity of types and species for use in biotechnology is determined, firstly by their productivity. The most important indicators of the productivity of phototrophic microorganisms include the growth rate, photosynthetic activity and yield of dry biomass. In connection with this the screening of collection and isolated strains of cyanobacteria on productivity was carried out. The objects of investigation were collection strains *Cyanobacterium* sp. B-1200, *Cyanobacterium aponium* IPPAS B-1201, *Synechococcus elongatus* 7942 and isolated strains *Anabaena variabilis* R-I-5 and *Nostoc caldicola* RI-3. Screening of the experimental cultures of cyanobacteria was carried out based on the results of a comparative analysis of the productivity, which included the determination of growth rate, fluorescence and dry weight. The initial optical density in all cases was 0.03. The change in the optical density of the cells of the experimental strains was measured to every day. The active growth from the first day of cultivation was detected on *Cyanobacterium* sp. B-1200 strain. The results could be assessed visually by the color and density of the cell suspension of the grown strains (Figure 1).



Designations: 1 – *Cyanobacterium* sp. B-1200;
2 – *Nostoc caldicola* RI-3; 3 – *Anabaena variabilis* R-I-5;
4 – *Cyanobacterium aponium* IPPAS B-1201;
5 – *Synechococcus elongatus* 7942.

Figure 1 – Growth of experimental cultures of cyanobacteria in laboratory conditions

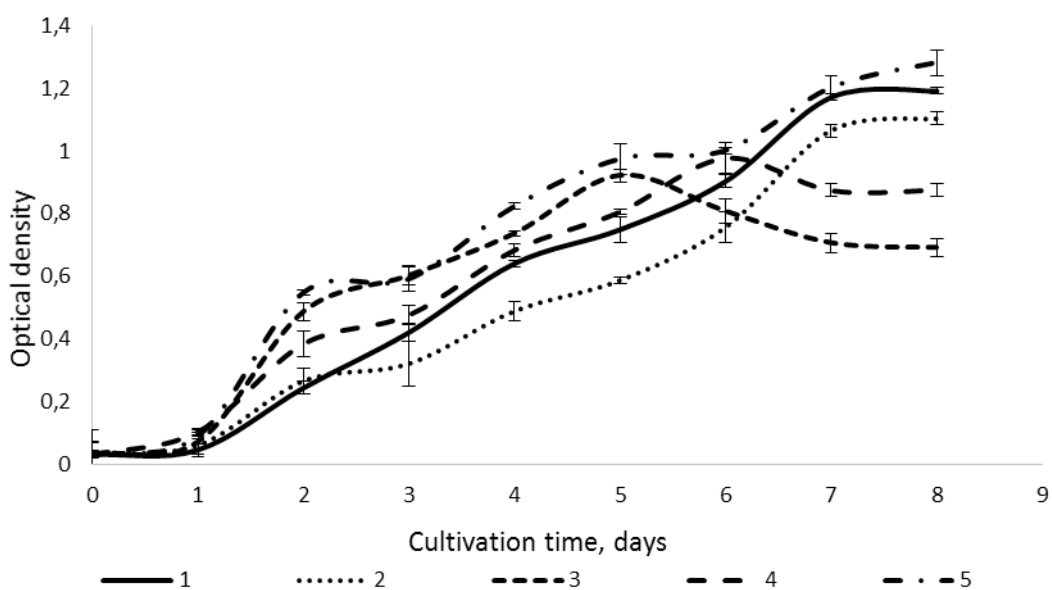
Results of experiments on growth of studied strains of cyanobacteria showed that during 8 days the exponential growth of strains *Anabaena variabilis* R-I-5, *Nostoc caldicola* RI-3 and *Cyanobacterium* sp. B-1200, then the decrease of growth activity was detected. Wherein, maximum cell density of *Anabaena variabilis* R-I-5 and *Nostoc caldicola* RI-3 was made up 1,191 and 1.103 correspondingly, strain *Cyanobacterium* sp. B-1200 – 1.281. While strains *Cyanobacterium aponium* IPPAS B-1201 and *Synechococcus elongatus* 7942 this value was 0.921 and 0.977 respectively, which indicates a relatively low growth rate. It should be noted that *Cyanobacterium aponium* IPPAS B-1201 and *Synechococcus elongatus* 7942 pass to the stationary phase already on the 6th-7th day of cultivation and by the end of the seventh day – the phase of death. Growth curves of strains *Cyanobacterium* sp. B-1200, *Anabaena variabilis* R-I-5, *Nostoc caldicola* RI-3, *Cyanobacterium aponium* IPPAS B-1201 and *Synechococcus elongatus* 7942 are shown in Figure 2.

As it shown on Figure 2, cells of *Cyanobacterium* sp. B-1200, *Anabaena variabilis* R-I-5 and *Nostoc caldicola* RI-3 are characterized by more linear growth comparing to *Cyanobacterium aponium* IPPAS B-1201 and *Synechococcus elongatus* 7942. Similar results were obtained during determination of growth rate coefficients. The calculated data on growth rate coefficients for cyanobacteria are presented in Figure 3.

As it shown on Figure 3, the highest rate of growth was observed in strains *Cyanobacterium* sp. B-1200 and *Anabaena variabilis* R-I-5 and composed 0.47 and 0.46 correspondingly.

In addition to the optical density of the studied cultures, constant fluorescence is used to determine the concentration of cyanobacteria in the suspension and to estimate their growth rate – F_0 (Matorin, 2010:48). The measurement of F_0 was carried out in all studied strains during 8 days of cultivation. Results of measurements are shown of Figure 4.

According to data of experiments, the greatest photosynthetic activity is manifested in cyanobacteria *Cyanobacterium* sp. B-1200 and *Anabaena variabilis* R-I-5 and compose 26101 and 25054 relative units respectively. While in the remaining collection strains the maximum values of this parameter were within 12775-21310 relative units, and due to this the slowing down of their growth appeared already on the 6th-7th day of cultivation.



Designations: 1 – *Anabaena variabilis* R-I-5; 2 – *Nostoc caldicola* RI-3; 3 – *Cyanobacterium aponium* IPPAS B-1201; 4 – *Synechococcus elongatus* 7942; 5 – *Cyanobacterium* sp. B-1200.

Figure 2 – Growth curves of cells of collection and isolated strains of cyanobacteria

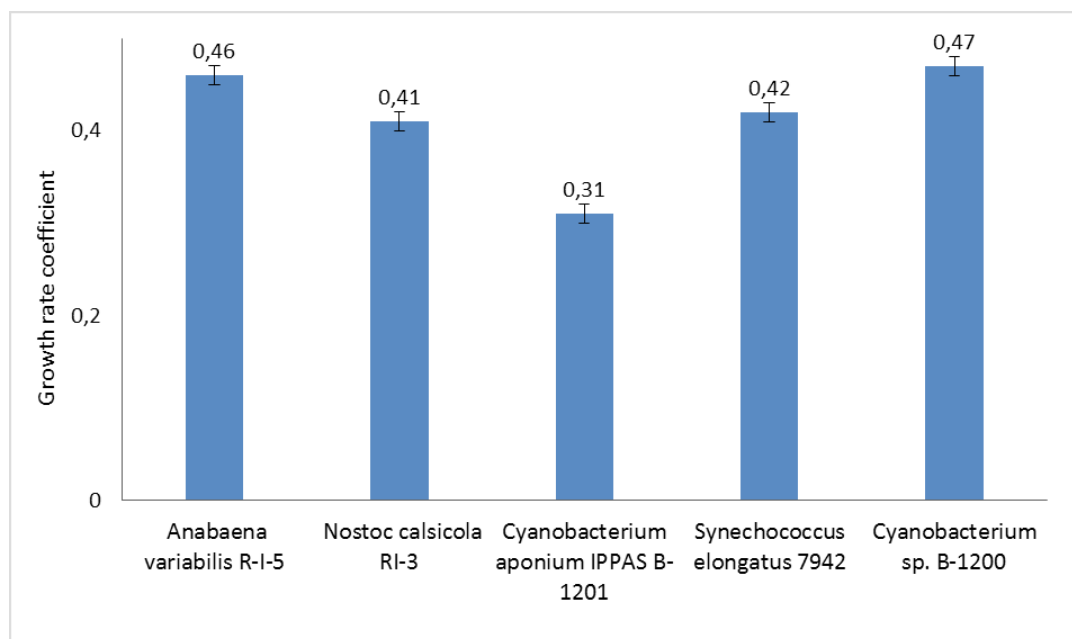
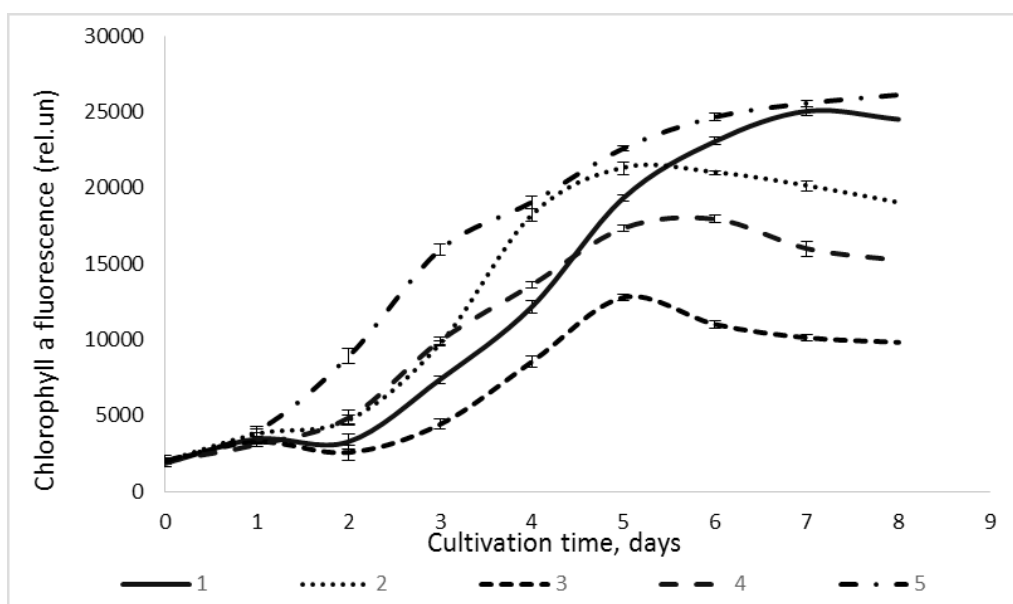


Figure 3 – Cell growth rate coefficients of collection and isolated strains of cyanobacteria

The ability of cyanobacteria to photosynthesis, as well as belonging to prokaryotes, the possibility of cultivation on media containing only mineral elements in the base, all these features make it possible to obtain more biomass (Georgianna, 2012:331). In this regard, we have determined the biomass of the experimental

strains of cyanobacteria. After 8 days of cultivation, the accumulation of dry matter was determined in the cells of all tested strains. For this purpose dense culture suspension were concentrated with the help of centrifuge and dried at 80°C during 3 days. Results obtained in the experiment are shown on Figure 5.



Designations: 1 – *Anabaena variabilis* R-I-5; 2 – *Nostoc caldicola* RI-3; 3 – *Cyanobacterium aponium* IPPAS B-1201; 4 – *Synechococcus elongatus* 7942; 5 – *Cyanobacterium* sp. B-1200.

Figure 4 – Curve of constant fluorescence (F_0) of collection strains of cyanobacteria

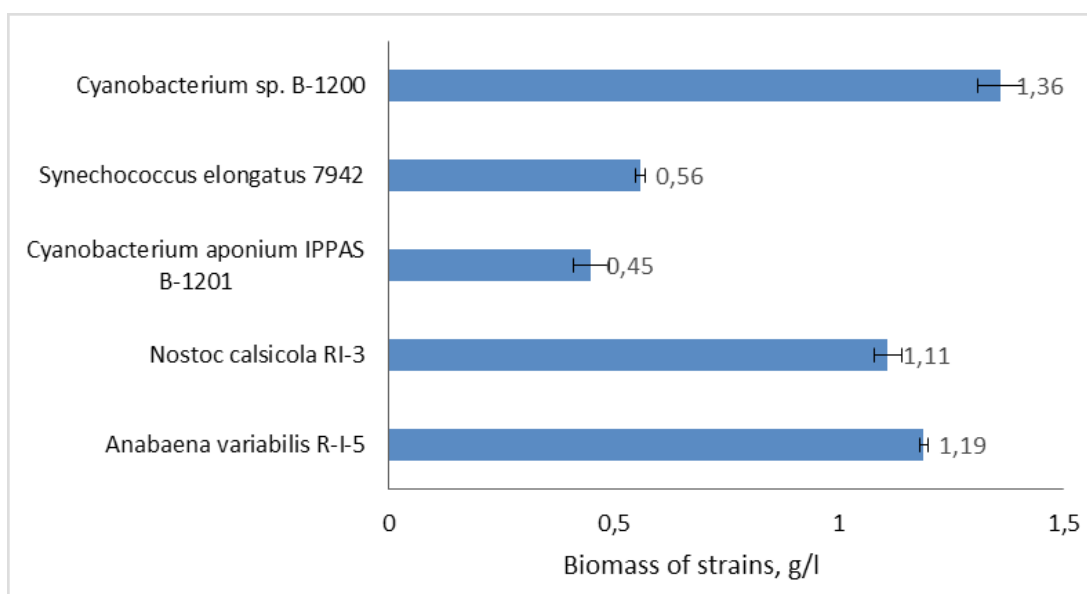


Figure 5 – Accumulation of biomass on the 8th day of cultivation of cells of collection and isolated cyanobacteria strains

Average values of dry biomass accumulation was for culture *Cyanobacterium* sp. B-1200 – 1,36 g/l, for strain *Anabaena variabilis* R-I-5 – 1,19 g/l, for the strain *Nostoc caldicola* RI-3 – 1,11 g/l, for strain *Cyanobacterium aponium* IPPAS B-1201 – 0,45 g/l and for *Synechococcus elongatus* 7942 – 0,56 g/l.

As it shown on Figure 5 the relatively high biomass accumulation was detected in *Cyanobacterium* sp. B-1200 – 1,36 g/l, *Anabaena variabilis* R-I-5 – 1,19 g/l.

It was detected that cyanobacteria *Cyanobacterium* sp. B-1200 and *Anabaena*

variabilis R-I-5 have the highest indices for the rate of growth, fluorescence and biomass yield which determine their high productivity. Thus, in the result of screening strains *Cyanobacterium stanieri* B-1 and *Anabaena variabilis* R-I-5 were selected for following investigations of their physiological and biochemical properties with the purpose to determine potential producers of valuable metabolites for biotechnology.

Acknowledgments

This study was supported by the Ministry of Education and Science of the Republic of Kazakhstan in the framework of the project: «Development of waste-free technology of wastewater treatment and carbon dioxide utilization based on cyanobacteria for potential biodiesel production». 2018-2020 (grant AP05131218)

References

- Заварзин Г.А. Становление биосферы. – М.: Вестник РАН, 2001. – Т. 71, № 11. – С. 988–1001.
- Kotani H., Kaneko T., Matsubayashi T., Sato S., Sugiura M., and Tabata S. A physical map of the genome of a unicellular cyanobacterium *Synechocystis* sp. strain PCC 6803 // *DNA Research*. – 1994.-Vol.1. –P. 303–307.
- Ducat D.C., Way J.C., Silver P.A. Engineering cyanobacteria to generate high-value products // *Trends Biotechnol.* – 2011. – Vol.29 – P. 95–103.
- Серебрякова Л.Т., Трошина О.Ю., Шереметьева М.Е. Продукция молекулярного водорода одноклеточной цианобактерией *Gloeocapsa alpicola* // *От современной фундаментальной биологии к новым наукоемким технологиям.* – 2001. – С. 98-99.
- Tamagnini P., Axelsson R., Lind berg P. et al. Hydrogenases and hydrogen metabolism of canobacteria // *Microbiol. Mol. Biol. Rev.* – 2002. – Vol.66, No 1. – P. 1-20.
- Dutta D., De D., Chaudhuri S., Bhattacharya S.K. Hydrogen production by cyanobacteria // *Microbial Cell Factories.* – 2005. – Vol. 4. – P. 36.
- Rupprecht J., Hankamer B., Mussgnung J.H., Ananyev G., Dismukes C., Kruse O. Perspectives and advances of biological H₂ production in microorganisms // *Appl. Microbiol. Biotechnol.* – 2006. – Vol. 72. – P. 442- 449.
- Schutz K., Happe T., Troshina O., et al. Cyanobacterial H₂ production – a comparative analysis // *Planta.* – 2004. – Vol. 218, No 3 – P. 350-359.
- Prince R.C., Ksheshgi H.S. The photobiological production of hydrogen: potential efficiency and effectiveness as a renewable fuel // *Critical Rev. Microbiol.* – 2005. – Vol. 31, No 1. – P. 19-31.
- Li Y., Horsman M., Wu N., Lan C.Q., Dubois-Calero N. Biofuels from microalgae // *Biotechnol. Prog.* – 2008. – Vol. 24. – P. 815-820.
- Chisti Y. Biodiesel from microalgae // *Biotechnology Advances.* – 2007. – Vol. 25. – P. 94–306.
- Al-Thani R.F, Potts M., «Cyanobacteria, oil—and cyanofuel?» // *Ecology of cyanobacteria II: their diversity in space and time* – 2012. – P. 427–440.
- Ruffing A.M., Howland D.T. Physiological Effects of Free Fatty Acid Production in Genetically Engineered *Synechococcus elongatus* PCC 7942 // *Biotechnology and Bioengineering.* – 2012. – Vol.109, No 9. – P. 2190–2199.
- Naik S.N., Goud V.V., Rout P.K., Dalai A.K. Production of first and second-generation biofuels: a comprehensive review // *Renewable & Sustainable Energy Reviews.* – 2010. – Vol.14. – P. 578–597.
- Cabanelas I. T., Ruiz J., Arbib Z., Chinalia F. A., Garrido-Perez C., Rogalla F., et al. Comparing the use of different domestic wastewaters for coupling microalgal production and nutrient removal // *Bioresour. Technol.* – 2013. – Vol.131. – P. 429–436.
- El-Sheekh M.M., El-Shouny W.A., Osman M.E.H., et al. Growth and heavy metals removal efficiency of *Nostoc muscorum* and *Anabaena subcylindrica* in sewage and industrial wastewater effluents // *Environ Toxicol.* – 2005. – Vol.19. – P. 357–365.
- Martins J., Peixe L., Vasconcelos V.M. Unraveling cyanobacteria ecology in wastewater treatment plants // *Microb Ecol.* – 2011. – Vol.62, No 2. – P. 241-256.
- Mehrabadi A., Craggs R., Farid M.M. Wastewater treatment high rate algal ponds (WWT HRAP) for low-cost biofuel production // *Bioresour Technol.* – 2015. – Vol. 184. – P.202–214.
- Acién F.G., Gómez-Serrano C., Morales-Amaral M.M., Fernández-Sevilla J.M., Molina-Grima E. Wastewater treatment using microalgae: how realistic a contribution might it be to significant urban wastewater treatment? // *Appl Microbiol Biotechnol.* – 2016. – Vol.100. – P. 9013–9022.
- Kharayat Y. Distillery wastewater: bioremediation approaches // *J Integrat Environ Sci.* – 2012. – Vol. 9. – P. 69–91.
- Olguín E.J. Dual purpose microalgae-bacteria-based systems that treat wastewater and produce biodiesel and chemical products // *Biorefinery. Biotechnol Adv.* – 2012 – Vol.30. – P.1031–1046.
- Wang Y., Ho S.H., Cheng C.L., Guo W.Q., Nagarajan D., Ren N.Q., Lee D.J., Chang J.S. Perspectives on the feasibility of using microalgae for industrial wastewater treatment. // *Bioresour Technol.* – 2016. – Vol.222. – P. 485–497.
- Владимирова М.Г., Семененко В.Е. Интенсивная культура одноклеточных водорослей. – М.: АН СССР, 1962. – 60 с.
- Семененко В.Е. Каталог культур микроводорослей в коллекциях СССР. (ред.) – М.: Изд-во РАН, 1991. – 228 с.

Гольцев В.Н., Кузманова А.М., Каладжи М.Х., Аллахбердиев И.С. Переменная и замедленная флуоресценция хлорофилла а – теоретические основы и практическое приложение в исследовании растений. – М. Ижевск: институт компьютерных исследований, 2014. – 220 с.

Сиренко Л.А., Сакевич А.И. и др. Методы физиолого-биохимического исследования водорослей в гидробиологической практике. – Киев: Наукова думка, 1975. – 248 с.

Kaneko T., Sato S., Kotani H., Tanaka A., Asamizu E., Nakamura Y., Miyajima N., Hirose M., Sugiura M., Sasamoto S., Kimura T., Hosouchi T., Matsuno A., Muraki A., Nakazaki N., Naruo K., Okumura S., Shimpo S., Takeuchi C., Wada T., Watanabe A., Yamada M., Yasuda M., Tabata S. Sequence Analysis of the Genome of the Unicellular Cyanobacterium *Synechocystis* sp. Strain PCC6803. II. Sequence Determination of the Entire Genome and Assignment of Potential Protein-Coding Regions (Supplement) // *DNA Res.* – 1996. – Vol. 3. – P. 185-209.

Da Rós P.C., Silva C.S., Silva-Stenico M.E., Fiore M.F. and De Castro H.F. Assessment of Chemical and Physico-Chemical Properties of Cyanobacterial Lipids for Biodiesel Production // *Mar. Drugs.* – 2013. – Vol.11. – P. 2365-2381

Kiaei E., et al. Screening of Cyanobacterial Strains as a Smart Choice for Biodiesel // *J. Appl. Environ. Biol. Sci.* – 2015. – Vol. 5, No 8. – P. 236-245.

Маторин Д.Н., Осипов В.А., Яковлева О.В., Погосян С.И. Определение состояния растений и водорослей по флуоресценции хлорофилла: Учебн.-метод.пособие. – М.: МАКС Пресс, 2010. – 116 с.

Georgianna D.R., Mayfield S.P. Exploiting diversity and synthetic biology for the production of algal biofuels // *Nature.* – 2012. – Vol. 488. – P. 329–335.

References

- Zavarzin G.A. (2001) Stanovlenie biosfery [Biosphere formation], M.: Vestnik RAS, vol. 71, no 11, pp. 988–1001.
- Kotani H., Kaneko T., Matsubayashi T., Sato S., Sugiura M., and Tabata S. (1994) A physical map of the genome of a unicellular cyanobacterium *Synechocystis* sp. strain PCC 6803, *DNA Research.*, vol.1, pp. 303–307.
- Ducat D.C., Way J.C., Silver P.A. (2011) Engineering cyanobacteria to generate high-value products, *Trends Biotechnol.*, vol.29, pp. 95–103.
- Sarsekeyeva F., Zayadan B.K., Usserbaeva A., Bedbenov V.S., Sinetova M.A., Los D.A., (2015) Cyanofuels: biofuels from cyanobacteria: Reality and perspectives, *Photosynth. Res.*, vol.125, no 1-2, pp. 329-340.
- Serebryakova L.T., Troshina O.U., Sheremeteva M.E. (2001) Produkciya molekulyarnogo vodoroda odnokletchnoy cyanobacterii *Gloeocapsa alpicola* [The production of molecular hydrogen by the unicellular cyanobacteria *Gloeocapsa alpicola*]. *Ot sovremennoy fundamentalnoy biologii k novym naukoemkim tehnologiyam* [From modern fundamental biology to new science-intensive technologies], pp. 98-99.
- Tamagnini P., Axelsson R., Lindberg P. et al. (2002) Hydrogenases and hydrogen metabolism of cyanobacteria, *Microbiol. Mol. Biol. Rev.* vol. 66, no 1, pp. 1-20.
- Dutta D., De D., Chaudhuri S., Bhattacharya S.K. (2005) Hydrogen production by cyanobacteria, *Microbial Cell Factories*, vol. 4, pp. 36.
- Rupprecht J., Hankamer B., Mussgnung J.H., Ananyev G., Dismukes C., Kruse O. (2006) Perspectives and advances of biological H₂ production in microorganisms, *Appl. Microbiol. Biotechnol.*, vol. 72, pp. 442- 449.
- Schutz K., Happe T., Troshina O. et al. (2004) Cyanobacterial H₂ production – a comparative analysis, *Planta.*, vol. 218, no 3, pp. 350-359.
- Prince R.C., Kheshgi H.S. (2005) The photobiological production of hydrogen: potential efficiency and effectiveness as a renewable fuel, *Critical Rev. Microbiol.*, vol. 31, no 1, pp. 19-31.
- Li Y., Horsman M., Wu N., Lan C.Q., Dubois-Calero N. (2008) Biofuels from microalgae, *Biotechnol. Prog.*, vol. 24, pp. 815-820.
- Chisti Y. (2007) Biodiesel from microalgae, *Biotechnology Advances*, vol. 25, pp. 94–306.
- Al-Thani R.F, Potts M., (2012) Cyanobacteria, oil—and cyanofuel? Ecology of cyanobacteria II: their diversity in space and time, ed. Brian A. Whitton, pp. 427–440.
- Ruffing A.M., Howland D.T (2012) Physiological Effects of Free Fatty Acid Production in Genetically Engineered *Synechococcus elongatus* PCC 7942, *Biotechnology and Bioengineering*, vol.109, no 9, pp. 2190–2199.
- Naik S.N., Goud V.V., Rout P.K., Dalai A.K. (2010) Production of first and second-generation biofuels: a comprehensive review, *Renewable & Sustainable Energy Reviews*, vol.14, pp. 578–597.
- Cabanelas I. T., Ruiz J., Arbib Z., Chinalia F. A., Garrido-Perez C., Rogalla F., et al. (2013). Comparing the use of different domestic wastewaters for coupling microalgal production and nutrient removal, *Bioresour. Technol.*, vol. 131, pp. 429–436.
- El-Sheekh M.M., El-Shouny W.A., Osman M.E.H., et al (2005) Growth and heavy metals removal efficiency of *Nostoc muscorum* and *Anabaena subcylindrica* in sewage and industrial wastewater effluents, *Environ Toxicol.*, vol.9, pp. 357–365.
- Martins J., Peixe L., Vasconcelos V.M. (2011) Unraveling cyanobacteria ecology in wastewater treatment plants, *Microb Ecol.*, vol.62, no 2, pp.241-256.
- Mehrabadi A., Craggs R., Farid M.M. (2015) Wastewater treatment high rate algal ponds (WWT HRAP) for low-cost biofuel production, *Bioresour Technol.*, vol.184, pp.202–214.
- Ación F.G., Gómez-Serrano C., Morales-Amaral M.M., Fernández-Sevilla J.M., Molina-Grima E. (2016) Wastewater treatment using microalgae: how realistic a contribution might it be to significant urban wastewater treatment? *Appl Microbiol Biotechnol.*, vol.100, pp. 9013–9022.

Kharayat Y. (2012) Distillery wastewater: bioremediation approaches, *J Integrat Environ Sci.*, vol.9, pp. 69–91.

Olguín E.J. (2012) Dual purpose microalgae-bacteria-based systems that treat wastewater and produce biodiesel and chemical products within a Biorefinery, *Biotechnol Adv.*, vol.30, pp.1031–1046.

Wang Y., Ho S.H., Cheng C.L., Guo W.Q., Nagarajan D., Ren N.Q., Lee D.J., Chang J.S. (2016) Perspectives on the feasibility of using microalgae for industrial wastewater treatment, *Bioresour Technol.*, vol. 222, pp. 485–497.

Vladimirova M.G., Semenenko V.E. (1962) *Intensivnaya kultura odnokletochnyh vodorosley* [Intensive culture of unicellular algae], M.: USSR Academy of Sciences, 60 p.

Semenenko V.E. (1991) *Katalog kultur mikrovodorosley v kollekcijah SSSR* [Catalog of microalgae in CCCP collections], Moscow: RAS Publishing House, 228 p.

Golcev V.N., Kuzmanova A. M., Kalagi M.H., Allahberdiev I.S. (2014) *Peremennaya i zamedlennaya fluorescenciya hlorofilla a – teoriticheskie osnovy i prakticheskoe prilozhenie v issledovanii rastenii* [The variable and delayed fluorescence of chlorophyll a is a theoretical basis and a practical application in the study of plants], M. Izhevsk: Institute of Computer Research, 220 p.

Sirenko L.A., Sakevich A.I., et al. (1975) *Metody fiziologo-biohimicheskogo issledovaniya vodorosley v gidrobiologicheskoy praktike* [Methods of physiological and biochemical study of algae in hydrobiological practice], Kiev: Scientific thought, pp. 248.

Kaneko T., Sato S., Kotani H., Tanaka A., Asamizu E., Nakamura Y., Miyajima N., Hirotsawa M., Sugiura M., Sasamoto S., Kimura T., Hosouchi T., Matsuno A., Muraki A., Nakazaki N., Naruo K., Okumura S., Shimpo S., Takeuchi C., Wada T., Watanabe A., Yamada M., Yasuda M., Tabata S. (1996) Sequence Analysis of the Genome of the Unicellular Cyanobacterium *Synechocystis* sp. Strain PCC6803. II. Sequence Determination of the Entire Genome and Assignment of Potential Protein-Coding Regions (Supplement), *DNA Res.*, vol. 3, pp. 185-209.

Da Rós P.C., Silva C.S., Silva-Stenico M.E., Fiore M.F. and De Castro H.F. (2013) Assessment of Chemical and Physico-Chemical Properties of Cyanobacterial Lipids for Biodiesel Production, *Mar. Drugs.*, vol.11, pp. 2365-2381

Kiaei E., et al. (2015) Screening of Cyanobacterial Strains as a Smart Choice for Biodiesel, *J. Appl. Environ. Biol. Sci.*, vol. 5, no 8, pp.236-245.

Маторин Д.Н., Осипов В.А., Яковлева Т.В., Погосян С.И. *Определение состояния растений и водорослей по флуоресценции хлорофилла: Учебн.-метод.пособие.-М.: МАКС Пресс, 2010.-116с.*

Georgianna D.R., Mayfield S.P. (2012) Exploiting diversity and synthetic biology for the production of algal biofuels, *Nature*, vol. 488, pp. 329–335.

МАЗМҰНЫ–СОДЕРЖАНИЕ

Шолу мақалалары – Обзорные статьи

Джусупова Д.Б., Сайлаубекова П.Н.

Современные тенденции переработки электронных отходов как эффективный путь защиты окружающей среды4

1-бөлім	Раздел 1
Қоршаған ортаны қорғау және қоршаған ортаға антропогендік факторлардың әсері	Воздействие на окружающую среду антропогенных факторов и защита окружающей среды

Бияшева З.М., Глеубергенова М.Ж., Шайзадинова А.М.

Генетические эффекты радона и его дочерних продуктов распада в краткосрочных тест-системах

Drosophila melanogaster.....16

Нурмаханова А.С., Утешиова С., Домакбаева А., Кенжебаева Ш.К., Атабаева С.Д., Асрандина С.Ш., Алыбаева Р.А.

Тұзды жағдайлардың (NaCl) соя өсімдігінің (*Glucine max*) параметрлеріне және салыстырмалы су мөлшерімен

жапырақтарының фотосинтез пигменттерінің мөлшеріне әсері26

Маусумбаева А., Акмуллаева А., Шалабаева Қ., Кабдрахманова А., Жексенбаева М., Еркін Г.

Тұрақты органикалық ластағыштардың адам денсаулығына әсері39

2-бөлім	Раздел 2
Қоршаған орта ластаушыларының биотаға және тұрғындар денсаулығына әсерін бағалау	Оценка действия загрязнителей окружающей среды на биоту и здоровье населения

Tastambek K.T., Akimbekov N.Sh., Qiao Xiaohui, Token A.I., Zhubanova A.A.

Investigation of physico-chemical and microbial properties of lignite samples.....52

Ismailova E.T., Sadanov A.K., Shemshura O.N., Iskandarova K.A., Sobiczewski P., Molzhigitova A.E.

Antibiotic activity of actinomycetes of the genus *Streptomyces* against the causative agent of the fire blight of fruit crops61

Акмуханова Н.Р., Заядан Б.К., Садвакасова А.К., Бауенова М.О., Кирбаева Д. К., Карабекова А.Н.

Альгофлора и биологическая оценка Кольсайских озёр69

Шокатаева Д.Х., Савицкая И.С., Кистаубаева А.С., Абдулжанова М.А., Талипова А.Б.

Структурные и механические свойства бактериальной целлюлозы, полученной при культивировании продуцента

на средах с производственными отходами80

3-бөлім	Раздел 3
Биологиялық алуантүрлілікті сақтаудың өзекті мәселелері	Актуальные проблемы сохранения биологического разнообразия

Inelova Z., Nesterova S., Seitkadyr K., Zaparina Ye., Gallamova G.

Environmental analysis of gorge Remizovka Trans-Ili Alatau92

Мамитов Н.Ш., Муталипов Р.А., Сутуева Л.Р., Коньсыбаев Т.Г.

Морфологическое разнообразие сазана *Surpinus carpio* в западной части озера Балкаш и

Капшагайском водохранилище100

Sutuyeva L.R., Shalakhmetova T.M., Trudeau V.L., Kolumbayeva S.Zh., Lovinskaya A.V.

Growth and development of the green toad (*Bufo viridis*) from the water bodies of the oil producing regions of Kazakhstan.....111

Zayadan B., Ussebayeva A., Bolatkhan K., Akmukhanova N., Kossalbayev B., Baizhigitova A., Los D.

Screening of isolated and collection strains of cyanobacteria on productivity for determining their biotechnological potential....121

CONTENTS

Review articles

- Dzhusupova D.B., Sailaubekova P.N.*
Modern trends in the processing of electronic waste as an effective way of protecting the environment 4

Section 1 Environmental impact of anthropogenic factors and environmental protection

- Biyasheva Z.M., Tleubergenova M.Zh., Shaizadinova A.M.*
Genetic effects of radon and its daughter decay products in short-term *Drosophila melanogaster* test-systems 16
- Nurmahanova A.S., Uteshova S., Domakbayeva A., Kenzhebayeva Sh.R., Atabayeva S.D., Asrandina S., Alybayeva R.A.*
The effect of salinity (NaCl) on growth parameters and the relative water content, on the content of photosynthetic pigments in the leaves of soybean (*Glycine max*) 26
- Maussumbayeva A., Akmullayeva A., Zhalabaeva K., Kabdrakhmanova A., Zheksenbaeva M., Erkin G.*
Impact of persistent organic pollutants on human health 39

Section 2 Assessment of environmental pollution on biota and health

- Tastambek K.T., Akimbekov N.Sh., Qiao Xiaohui, Token A.I., Zhubanova A.A.*
Investigation of physico-chemical and microbial properties of lignite samples 52
- Ismailova E.T., Sadanov A.K., Shemshura O.N., Iskandarova K.A., Sobiczewski P., Molzhigitova A.E.*
Antibiotic activity of actinomycetes of the genus *Streptomyces* against the causative agent of the fire blight of fruit crops 61
- Akmukhanova N.R., Zayadan B.K., Sadvakasova A.K., Bauyenova M.O., Kirbaeva D.K., Karabekova A.N.*
Algal flora and biological assessment of Kolsai lakes 69
- Shokatayeva D.H., Savitskaya I.S., Kistaubaeva A.S., Abdulzhanova M.A., Talipova A.B.*
Structural and mechanical properties of bacterial cellulose obtained by cultivation of a producer strain on media with industrial wastes 80

Section 3 Actual problems of biodiversity conservation

- Inelova Z., Nesterova S., Seitkadyr K., Zapparina Ye., Gallamova G.*
Environmental analysis of gorge Remizovka Trans-Ili Alatau 92
- Mamilov N.Sh., Mutalipov R.A., Sutuyeva L.R., Konysbayev T.G.*
Morphological diversity of carp *Cyprinus carpio* in the western part of the Balkhash Lake and Kapshagay water reservoir 100
- Sutuyeva L.R., Shalakhmetova T.M., Trudeau V.L., Kolumbayeva S.Zh., Lovinskaya A.V.*
Growth and development of the green toad (*Bufo viridis*) from the water bodies of the oil producing regions of Kazakhstan 111
- Zayadan B., Ussebayeva A., Bolatkhan K., Akmukhanova N., Kossalbayev B., Baizhigitova A., Los D.*
Screening of isolated and collection strains of cyanobacteria on productivity for determining their biotechnological potential... 121