

DOI: 10.31082/1728-452X-2019-208-209-10-11-94-100

УДК 57.082.5:579.841.93

СОХРАНЕНИЕ БИОРАЗНООБРАЗИЯ БИОБАНКА ОСОБО ОПАСНЫХ ИНФЕКЦИЙ В РЕСПУБЛИКЕ КАЗАХСТАН

Эльмира Ж. БЕГИМБАЕВА, <https://orcid.org/0000-0003-3662-5806>,
 Татьяна В. МЕКА-МЕЧЕНКО, <https://orcid.org/0000-0002-6322-006>,
 Уйнкуль А. ИЗБАЛОВА, <https://orcid.org/0000-0002-4616-8728>,
 Жанара Т. НУСИПЖАНОВА, <https://orcid.org/0000-0002-8524-9838>,
 Болатбек А. БАЙТУРСЫН, <https://orcid.org/0000-0002-9278-4353>,
 Мейржан С. НУРСЕЙТОВ, <https://orcid.org/0000-0003-1538-3705>,
 Сауле А. ИСКАКОВА, <https://orcid.org/0000-0002-7361-1836>

РГП на ПХВ «Национальный научный центр особо опасных инфекций имени М. Айкимбаева» МЗ РК, г. Алматы, Республика Казахстан



Бегимбаева Э.Ж.

Формирование и сохранение биоразнообразия в условиях биобанка особо опасных микроорганизмов производится в Центральной Референтной Лаборатории Национального научного центра особо опасных инфекций. Жизненный цикл и документирование биобанка автоматизированы в электронной системе контроля за патогенными микроорганизмами для анализа, инвентаризации, каталогизации и удовлетворения научных интересов его пользователей. Дифференцированное хранение в биобанке проводится с учетом видовой принадлежности, экологической, географической, фенотипической и генотипической вариации патогенов.

Цель. Проведение научного поиска литературных источников по функционированию биобанков в мире для сохранения биоразнообразия применительно к биобанку Национального научного центра особо опасных инфекций (ННЦООИ) для научных и практических целей.

Материал и методы. Проведен литературный обзор по базам данных Scopus, Thomson Reuter, Google Scholar. Глубина поиска 5 лет (2014-2018 гг.). Было найдено 362 источника, из них для последующего анализа было отобрано 40, кроме этого использовались нормативные документы.

Основанием для включения в исследование являлись ключевые слова: биобанк, коллекция микроорганизмов в разделах микробиология, инфекционные болезни, для исключения туберкулез, ВИЧ.

Результаты. Пополнение и сохранение видового состава микроорганизмов происходит *ex-situ* (вне природных очагов особо опасных инфекции) и консолидации биоматериалов и проб для окончательной идентификации в Центральной Референтной лаборатории ННЦООИ. В связи с процессами глобализации и развитием туризма, миграции повысился риск ввоза и распространения особо опасных инфекций в стране.

Вывод и обсуждение. Депозитарии особо опасных микроорганизмов формируют микробную коллекцию (биобанк), сохраняющую видовое и генетическое разнообразие микроорганизмов для научного потенциала согласно национальным и международным нормам.

Ключевые слова: биобанк, микробная коллекция, биоразнообразие, стратегия сохранения.

Для цитирования: Бегимбаева Э.Ж., Мека-Меченко Т.В., Избанова У.А., Нусипжанова Ж.Т., Байтурсын Б.А., Нурсейтов М.С., Исакова С.А. Сохранение биоразнообразия биобанка особо опасных инфекций в Республике Казахстан // Медицина (Алматы). - 2019. - №10-11 (208-209). - С. 94-100. DOI: 10.31082/1728-452X-2019-208-209-10-11-94-100

Т Ы Ж Ы Р Ы М

ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫНДА ЖЕКЕ ҚАУІПТІ ИНФЕКЦИЯЛАР БИОБАНКІНІҢ БИОТҮРЛІЛІГІН САҚТАУ

Эльмира Ж. БЕГИМБАЕВА, <https://orcid.org/0000-0003-3662-5806>,
 Татьяна В. МЕКА-МЕЧЕНКО, <https://orcid.org/0000-0002-6322-006>,
 Уйнкуль А. ИЗБАЛОВА, <https://orcid.org/0000-0002-4616-8728>,
 Жанара Т. НУСИПЖАНОВА, <https://orcid.org/0000-0002-8524-9838>,
 Болатбек А. БАЙТУРСЫН, <https://orcid.org/0000-0002-9278-4353>,
 Мейржан С. НУРСЕЙТОВ, <https://orcid.org/0000-0003-1538-3705>,
 Сауле А. ИСКАКОВА, <https://orcid.org/0000-0002-7361-1836>

Қазақстан Республикасы Денсаулық сақтау министрлігінің «М. Айқымбаев атындағы аса қауіпті инфекциялар ұлттық ғылыми орталығы» ШЖҚ РМК, Алматы қ., Қазақстан Республикасы

Аса қауіпті микробтарлар биобанкі жағдайында биоалуантүрлілікті қалыптастыру және сақтау аса қатерлі жұқпалар Ұлттық ғылыми орталығының Орталық референттік зертханасын-

Контакты: Бегимбаева Эльмира Жузбаевна, канд. мед. наук, заведующая лабораторией республиканской коллекции и депозитария возбудителей особо опасных инфекций, Национальный научный центр особо опасных инфекций им. М. Айқымбаева, 050054, г. Алматы, ул. Жахангера, 14, e-mail: ebeginbay@mail.ru

Contacts: Elmira Zh Begimbayeva, Candidate of Medical Sciences, Head of the Laboratory of the Republican Collection and Depository of especially dangerous infectious organisms, M. Aikimbayev's National Scientific Center of Especially Dangerous Infections, 050054, Almaty, Zhahanger Street 14, e-mail: ebeginbay@mail.ru

Поступила: 12.11.2019

Рецензент: Богун Александр Геннадьевич, кандидат биологических наук, ведущий научный сотрудник отдела коллекционных культур, ФБУН «Государственный научный центр прикладной микробиологии и биотехнологии» Роспотребнадзора, г. Москва.

да жүргізіледі. Аса қатерлі жұқпаларды талдау, түгендеу, каталогтау және оны пайдаланушылардың ғылыми мүдделерін қанағаттандыру үшін Биобанктің өмірлік циклі мен құжаттамасы автоматтандырылып, патогендік микроорганизмдерді электрондық басқару жүйесіне еңгізілген.

Биобанкте дифференциалды сақтау қоздырғыштардың түрлері, экологиялық, географиялық, фенотиптік және генотиптік өзгеруін ескере отырып жүзеге асырылады.

Мақсат. Ғылыми және практикалық мақсаттарда аса қатерлі жұқпалар Ұлттық ғылыми орталығының (АҚЖҰҒО) биобанкіне қатысты биоалуантүрлілікті сақтау бойынша әлемдегі биобанктердің қызметі туралы әдеби көздерге ғылыми іздеу жүргізу.

Материал және әдістері. Scopus, Thomson Reuter, Google Scholar мәліметтер базасына әдеби шолу өткізілді. Іздеу тереңдігі 5 жыл (2014-2018). 362 дерек көзі табылды, оның ішінде 40-ы кейінгі талдау үшін таңдалды, сонымен қатар нормативтік құжаттар пайдаланылды.

Зерттеуге қосу себептері мыналар болды: биобанк, микробиология бөліміндегі микроорганизмдер жиынтығы, жұқпалы аурулар және туберкулез, АИТВ инфекциясын қоспау үшін.

Нәтижелері және талқылауы. Микроорганизмдердің түрлік құрамын толықтыру және сақтау ex-situ (аса қатерлі инфекциялардың табиғи ошақтарынан тыс) және аса қатерлі жұқпалар Ұлттық ғылыми орталығының орталық референттік зертханасында биоматериалдар мен үлгілерді түпкілікті идентификациялау үшін шоғырландырылып жалғасады.

Жаһандану процестері және туризм мен көшу-қонуының дамуына байланысты елімізге аса қатерлі жұқпалардың әкелінуінің және таралуының қаупі артты.

Қорытынды. Ұлттық және халықаралық стандарттарға сәйкес ғылыми потенциал үшін аса қатерлі микроорганизмдердің депозитарийлері микроорганизмдердің түрлері мен генетикалық әртүрлілігін сақтай отырып, микробтар жиынтығын (биобанк) құрайды.

Негізгі сөздер: биобанк, микробтар жинағы, биоәртүрлілік, сақтау стратегиясы.

SUMMARY

PRESERVATION OF BIODIVERSITY OF THE BIOBANK OF ESPECIALLY DANGEROUS INFECTIONS IN THE REPUBLIC OF KAZAKHSTAN

Elmira Zh BEGIMBAYEVA, <https://orcid.org/0000-0003-3662-5806>,
Tatiana V MEKA-MECHENKO, <https://orcid.org/0000-0002-6322-006>,
Uinkul A IZBANOVA, <https://orcid.org/0000-0002-4616-8728>,
Zhanara T NUSIPZHANOVA, <https://orcid.org/0000-0002-8524-9838>,
Bolatbek A BAITURSYN, <https://orcid.org/0000-0002-9278-4353>,
Meirzhan S NURSEITOV, <https://orcid.org/0000-0003-1538-3705>,
Saule A ISKAKOVA, <https://orcid.org/0000-0002-7361-1836>

M. Aikimbayev's National Scientific Center of Especially Dangerous Infections of the MH RK, Almaty, Republic of Kazakhstan

The article presents data on formation and preservation of biodiversity in the conditions of biobank of especially dangerous microorganisms in the Central Reference Laboratory. Life cycle and documentation of the biobank are automated in the electronic system of control over pathogenic microorganisms for analysis, inventory, making a catalogue and satisfaction of scientific interests of its users. Differentiated storage in the biobank is carried out taking into account species, ecological, geographical, phenotypic and genotypic variation of pathogens.

The aim. Carrying out a scientific search of literary sources on the functioning of biobanks in the world for the conservation of biodiversity in the conditions of the biobank of the National scientific center of especially dangerous infections (NSCEDI) for scientific and practical purposes.

Material and methods. Literary review of Scopus, Thomson Reuter, Google Scholar databases was conducted. The search depth is 5 years (2014-2015). A total of 362 sources were found, of which 40 were selected for further analysis and normative documents were used.

The reasons for inclusion in the study were keywords: biobank and collection of microorganisms in microbiology, infectious diseases, to exclude tuberculosis, HIV infection.

Results and discussion. The species composition of microorganisms is increased and preservation by ex situ (out of the natural foci of especially dangerous infections) and consolidation of biomaterials and samples for final identification at the Central Reference Laboratory of the NSCEDI. Globalization and the development of tourism, migration have increased the risk of importation of especially dangerous infections in the country.

Conclusions. Depositories of especially dangerous microorganisms form a microbial collection (biobank) that preserves the species and genetic diversity of microorganisms for scientific potential in accordance to the national and international standards.

Keywords: biobank, microbial collection, biodiversity, conservation strategies.

For reference: Begimbayeva EZh, Meka-Mechenko TV, Izbanova UA, Nusipzhanova ZT, Baitursyn BA, Nurseitov MS, Iskakova SA. Preservation of biodiversity of the biobank of especially dangerous infections in the Republic of Kazakhstan. *Meditisina (Almaty) = Medicine (Almaty)*. 2019;10-11 (208-209):94-100. (In Russ.). DOI: 10.31082/1728-452X-2019-208-209-10-11-94-100

Казахстан подписал Конвенцию о биологическом разнообразии в 2007 году и принял на себя обязательства сохранять генетическое разнообразие: *in situ* и *ex situ* [1]. Стратегия сохранения «*ex-situ*» означает сохранение компонентов биологического разнообразия вне их естественных мест обитания или сосредоточенность генетического микробного разнообразия в одном месте, в искусственно контролируемых условиях, например, микробное коллекционирование [2, 3].

Состояние растительного и животного биоразнообразия Республики Казахстан на видовом, генетическом, экосистемном уровне рассматривается фондом сохранения биоразнообразия, в частности Казахстанской ассоциацией сохранения биоразнообразия, и данная проблема широко обсуждается в статьях [4-7], внедряется в проектах, например, Мега проект «Ноев ковчег» [8], посвященный исследованию и сохранению биоразнообразия планеты. Составление полных и всеобъемлющих баз данных с наличием обширной коллекции имеет первостепенное значение для точной идентификации микроорганизмов [9].

Природная очаговость чумы в Казахстане впервые установлена после выделения культур чумного микроба от больших песчанок в Кызылкумах в 1924 году и на Устьюрте в 1926 году [10]. Сохранение биоразнообразия в природных очагах особо опасных инфекций изучается до настоящего времени.

Изменение сообществ млекопитающих и членистоногих зависит от влияния абиотических факторов, таких как солнечная активность, геомагнитная активность, среднегодовые значения температуры воздуха и осадков, влияющих на прогноз эпизоотологической и эпидемиологической обстановки по особо опасным инфекциям [11-16].

Ценность и значение биологического разнообразия для эволюции, и сохранение поддерживающих жизнь систем биосферы являются общей задачей всего человечества. Главным элементом жизни в системе биосферы являются микроорганизмы, т. к. сохранение микробного разнообразия и экологического баланса для устойчивого использования природных ресурсов [17].

Стратегия «Сохранение «*in-situ*» - сохранение экосистем и естественных мест обитания, поддержание и восстановление жизнеспособных популяций видов в их естественной среде, т.е. (в условиях живой природы) применимо и для возбудителей с природной очаговостью, например, для возбудителей чумы, туляремии и др.

Модель устойчивого развития *in-situ* применяется в противочумной службе с 1949 года и связана с целью мониторинга за природными очагами чумы, туляремии, а в настоящее время ККГЛ и других инфекций с соблюдением принципов невмешательства. Например, стратегия невмешательства обеспечивает поддержание популяции микроба в природе, в естественных резервуарах, носителях и переносчиках, сохраняя генетическую целостность и эволюционную изменчивость в целом.

Противочумная служба Республики Казахстан является уникальной моделью в стратегии управления генетического разнообразия возбудителей особо опасных микроор-

ганизмов как «*ex-situ*», так и *in-situ*». Роль противочумной службы в стратегии *in-situ* заключается в контроле состояния природных очагов особо опасных инфекций со сбором полной информации о фауне и флоре, видах носителей и переносчиков возбудителей ООИ с соблюдением принципа невмешательства для целей поддержания генетического разнообразия в экологической чумной триаде: носитель - переносчик - возбудитель. Противочумная служба регулирует сбор биологического материала из естественных мест обитания для целей сохранения, без повреждения экосистем и популяций видов, согласно требованиям по предупреждению инфекционных заболеваний (чума, холера) [18].

Биологическое разнообразие особо опасных микроорганизмов, мониторинг, сохранение и безопасное использование для научного потенциала должны соответствовать уставу ООН, принципам международного права и национальной юрисдикции РК [2, 3, 19].

Биобанк (Biobank) – юридическая структура, выполняющая функции по приобретению, хранению и деятельности по сбору, подготовке, консервации, тестированию, анализу и распределению определенного биологического материала, и соответствующей информации и данных. Микробная коллекция позволяет научному центру использовать микроорганизмы с соблюдением систематики, таксономии, идентификации в научных и производственных целях [20, 21].

Например: Проект RefSeq в Национальном центре биотехнологической информации (NCBI) поддерживает общедоступную базу данных аннотированных записей геномных, транскрипционных и белковых последовательностей (<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/refseq/>). В настоящее время в базе данных представлены последовательности более чем 55 000 организмов (>4800 вирусов, >40 000 прокариот и >10 000 эукариот; RefSeq выпуск 71) - от одной записи до полных геномов. Сотрудники NCBI курируют мониторинг вирусов, прокариот, эукариот, органелл, плазмид и целевые проекты, включая гены и последовательности других организмов [22].

Основанием для управления и сохранения видового, генетического разнообразия особо опасных микроорганизмов является постановление Правительства РК от 30 июля 2002 года за №850 «О республиканских коллекциях микроорганизмов», где КНЦКЗИ (ныне ННЦООИ) получил статус республиканской коллекции и республиканского депозитария по особо опасным микроорганизмам. В связи с чем главной целью является сохранение видового разнообразия особо опасных микроорганизмов в депозитарии МЗ РК.

В задачи депозитария входят формирование живых микробных коллекций (биобанк) особо опасных микроорганизмов *Y. pestis*, *B. anthracis*, *V. cholerae*, *F. tularensis*, *Brucella species* с сохранением экологического, генетического и видового разнообразия.

Цель - проведение научного поиска литературных источников по функционированию биобанков в мире для сохранения биоразнообразия применительно к биобанку Национального научного центра особо опасных инфекций для научных и практических целей.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

Для достижения поставленной цели был выполнен систематический поиск литературы в онлайн ресурсах. Проведен литературный обзор по базам данных Scopus, Thomson Reuter, Google Scholar. Глубина поиска 5 лет (2014-2015). Было найдено 362 источника, из них для последующего анализа было отобрано 40, также использовались нормативные документы.

Основанием для включения в исследование являлись ключевые слова: биобанк и коллекция микроорганизмов, опасные инфекции в разделах микробиология, инфекционные болезни.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Формирование живых микробных коллекций (биобанк) особо опасных микроорганизмов в ЦРЛ ННЦООИ МЗ РК проводится с соблюдением основных требований Всемирной федерации коллекции культур (WFCC) [23, 24] для сохранения жизнеспособности ООМ (особо опасные микроорганизмы), аутентичности и их чистоты, с использованием нескольких методов хранения: в метаболически активном (субкультивирование) и неактивном состоянии (лиофилизация и криоконсервация). Работа микробной коллекции по формированию биобанка особо опасных микроорганизмов идет в ногу со стратегией сохранения *ex-situ*. Ведется электронный мониторинг за работой биобанкинга для получения оперативной информации и доступности для пользователей, возможности постоянного учета и контроля за движением материала с централизованным управлением и обработкой данных.

Пополнение видового состава микроорганизмов происходит за счет поступления *in-situ* (из природных очагов особо опасных инфекций) и консолидации биоматериалов и проб для окончательной идентификации в ЦРЛ ННЦООИ. Глобализация и сопутствующие ей демографические процессы: эмиграция, туризм, мобильность населения вызывают увеличение случаев завоза особо опасных инфекций. Например, в 2017 году в Казахстане было зарегистрировано 3 случая лихорадки Денге, 5 случаев холеры и 3 случая малярии. В 2018 году в РК зарегистрировано 5 завозных случаев холеры из Индии, 18 - конго-крымской геморрагической лихорадки (3 из них с летальным исходом). На 1 ноября 2019 года зарегистрировано 2 случая холеры (из Индии), 9 случаев конго-крымской геморрагической лихорадки, 1 случай завозной из Узбекистана (из них 3 с летальным исходом), 5 случаев сибирской язвы [25].

Идентификация проб биоматериала на наличие особо опасных инфекций в условиях BSL-3 ЦРЛ позволяет проводить исследования с высококонтагиозными микроорганизмами, а современные методы (ПЦР, ИФА, биохимический анализатор) помогают в диагностике.

При формировании коллекции биобанка ННЦООИ основным является представительство отобранных для хранения штаммов, отражающих динамику эпизоотического и эпидемиологического процессов и должно быть основой для научного изучения фенотипических и генотипических свойств возбудителей *Y. pestis*, *B. anthracis*,

V. cholerae, *F. tularensis*, *Brucella spp.* Критериями отбора штаммов в коллекцию являются его таксономические, функциональные признаки и использование в биотехнологии для производства препаратов для профилактики ООИ. Без использования информационных технологий эта задача является весьма трудоемкой, поскольку часто возникают проблемы с анализом данных среди большого количества уже имеющихся в наличии представителей вида. Для целей цифровизации используется электронная система контроля за патогенными микроорганизмами (СКПМ), обеспечивающая комплексное хранение информации о каждом штамме: название рода, вида, подвида; автор(ы), описавший(ие), вид (подвид), и год публикации; описание основных свойств штамма; места получения штамма, № образца; хронология движения образца штамма; географическое местоположение выделения – очаг, автономный очаг, шифр первичного района, названия административных единиц (городов, районов, поселков); среда и температура культивирования, методы хранения и консервации. Таким образом, во время одного цикла может быть проанализирован весь коллекционный фонд. Поиск информации осуществляется с помощью запросов. Запрос отбирает записи, удовлетворяющие условиям поиска, паспортным данным. Система контроля патогенных микроорганизмов является ключевым инструментом контроля биобанка и источником необходимой информации для формирования коллекции *Y. pestis*, *B. anthracis*, *V. cholerae*, *F. tularensis*, *Brucella spp.* в Республиканской коллекции ЦРЛ ННЦООИ МЗ РК. В жизненном цикле биобанка или технологической схеме движения штаммов: стандартизация приема, регистрации, документации, изучения, методы хранения, используются технологические и программно-информационные технологии. Автоматизация процессов для анализа, отбора, инвентаризации, каталогизации и движения биобанка необходимы для прозрачности и преемственности деятельности биобанка и удовлетворения научных интересов пользователей биобанка.

Экологическое, генетическое и видовое разнообразие особо опасных микроорганизмов биобанка в настоящее время учитывает такие показатели: очаг, автономный очаг, носитель, типичность или атипичность штамма, групповая и индивидуальная дифференциация популяций основного носителя, экологической доминанты, особенности генотипического и фенотипического комплекса соответствующего вида возбудителя. Например, каждый автономный очаг чумы состоит из системы локальных популяций основных носителей, основных переносчиков и соответствующих им популяций чумного микроба.

Биоценоз, состоящий из локальных популяций основного носителя, основного переносчика и популяции возбудителя чумы, представляет собой единицу природного очага чумы, независимо от вида носителей и региона локализации очага. Изучение общих закономерностей механизма энзоотии чумы, динамики эпизоотического процесса, уровня вирулентности циркулирующих популяций чумного микроба невозможно без исследования экологи-

ческих и иммуно-физиологических параметров взаимодействия локальных популяций носителей, переносчиков и возбудителей чумы.

ВЫВОДЫ

Дифференцированное хранение в биобанке штаммов возбудителей особо опасных инфекций *Y. pestis*, *B. anthracis*, *V. cholerae*, *F. tularensis*, *Brucella spp.* производится с учетом эколого-географических и видовых особенностей, экологической доминанты, фенотипических особенностей, эпидемичности и генотипической вариации патогенов.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Модель устойчивого развития *in-situ* применяется в противочумной службе с 1949 года и связана с мониторингом за природными очагами чумы, туляремии, ККГЛ с соблюдением принципов невмешательства и регламентирования деятельностью организации.

Депозитарий особо опасных микроорганизмов формирует микробную коллекцию (биобанк), сохраняющую видовое и генетическое разнообразие микроорганизмов для научного потенциала согласно национальным и международным нормам.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 Постановление Правительства Республики Казахстан от 6 декабря 2007 года № 1194 Закона Республики Казахстан «О ратификации Картахенского протокола по биобезопасности к Конвенции о биологическом разнообразии». <https://zakon.uchet.kz/rus/docs/P070001194>, <https://www.cbd.int/doc/legal/cartagena-protocol-ru.pdf>
- 2 “Kazakhstan-2050” Strategy (2012) II. Ten global challenges for the XXI century. Sixth challenge - the exhaustion of natural resources. Astana, 14 December. Source: http://online.zakon.kz/Document/?doc_id=31305418&mode=p
- 3 Hugerth Luisa W., Andersson Anders F. Analysing microbial community composition through amplicon sequencing: from sampling to hypothesis testing // *Front. Microbiol.* - 04 September 2017. <https://doi.org/10.3389/fmicb.2017.01561>
- 4 THE 1992 UNITED NATIONS CONVENTION ON BIOLOGICAL DIVERSITY. https://www.researchgate.net/publication/26610639_The_1992_United_Nations_Convention_on_Biological_Diversity
- 5 Погоньшев Д.А., Погоньшева И.А., Сторчак Т.В. Система охраны природных территорий и сохранение биоразнообразия в странах Евросоюза (аналитический обзор) // Изучение взаимосвязи окружающей среды и здоровья человека с использованием опыта Европейского союза: материалы научно-практического семинара. - Нижневартовск: Изд. центр «Наука и практика». - 2018. - 92 с.
- 6 Gemejiyeva N.G., Grudzinskaya L.M. Current State and Prospects for Studies on the Diversity of Medicinal Flora in Kazakhstan. In: *Vegetation of Central Asia and Environs*. Editors: Egamberdieva D., Öztürk M. Springer, Cham. 2018. - P. 239-262. https://doi.org/10.1007/978-3-319-99728-5_9
- 7 Лебедева Н.В., Криволюцкий Д.А. Раздел I. Биологическое разнообразие и методы его оценки. В кн.: География и мониторинг биоразнообразия. - М.: Издательство Научного и учебно-методического центра, 2002. - 432 с. // http://www.nature.air.ru/biodiversity/book3_1.html
- 8 Калякин М.В., Серегин А.П., Соловченко А.Е., Каменский П.А., Садовничий В.А. Проект «Ноев ковчег»: промежуточные итоги и перспективы развития классических коллекций // *Acta naturae*. - 2018. - Том 10, №4 (39). - С. 49-58
- 9 Peter Lasch, Tara Wahab, Sandra Weil, Bernadett Pályi,

Прозрачность исследования

Исследование не имело спонсорской поддержки. Авторы несут полную ответственность за предоставление окончательной версии рукописи в печать.

Декларация о финансовых и других взаимоотношениях

Авторы не получали гонорар за статью.

Вклад авторов

Бегимбаева Эльмира Жуазбаевна, Избанова Уйнкуль А., Нусипжанова Жанара Т., Байтурсын Болатбек А., Нурсейтов Мейржан С., Исакова Сауле А., Мека-Меченко Татьяна Владимировна - разработка концепции и дизайна исследования; получение, анализ и обработка данных; написание первого варианта статьи; окончательное утверждение статьи для печати.

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Статья выполнена в рамках научно-технической программы «Разработка научных основ единой для Республики Казахстан системы мониторинга, диагностики и микробного коллекционирования возбудителей особо опасных, «возвращающихся», вновь возникающих и завозных инфекций», сроки реализации программы (2018-2020 гг.). Шифр программы О.0819.

REFERENCES

- 1 *Postanovlenie Pravitelstva Respubliki Kazakhstan ot 6 dekabria 2007 goda № 1194 Zakona Respubliki Kazakhstan «O ratifikatsii Kartakhenskogo protokola po biobezopasnosti k Konventsii o biologicheskom raznoobrazii»*. [Decree of the Government of the Republic of Kazakhstan dated December 6, 2007 No. 1194 of the Law of the Republic of Kazakhstan “On Ratification of the Cartagena Protocol on Biosafety to the Convention on Biological Diversity”]. Available from: <https://zakon.uchet.kz/rus/docs/P070001194>, <https://www.cbd.int/doc/legal/cartagena-protocol-ru.pdf>
- 2 “Kazakhstan-2050” Strategy (2012) II. Ten global challenges for the HHI century. Sixth challenge - the exhaustion of natural resources. Astana, 14 December. Source: Available from: http://online.zakon.kz/Document/?doc_id=31305418&mode=p
- 3 Hugerth Luisa W, Andersson Anders F. Analysing microbial community composition through amplicon sequencing: from sampling to hypothesis testing. *Front. Microbiol.* 04 September 2017. <https://doi.org/10.3389/fmicb.2017.01561>
- 4 Convention on Biological Diversity (1992) United Nations, 30 pp. Available from: https://www.researchgate.net/publication/26610639_The_1992_United_Nations_Convention_on_Biological_Diversity
- 5 Pogonyishev DA, Pogonyisheva IA, Storchak TV. The system of protection of natural territories and the conservation of biodiversity in the EU countries (analytical review). In: *Izuchenie vzaimosvazi okruzhaiushchei sredy i zdorovia cheloveka s ispolzovaniem opyta Evropeiskogo soi- uza: materialy nauchno-prakticheskogo seminar*. [The study of the relationship between the environment and human health using the experience of the European Union: materials of a scientific and practical seminar]. Nizhnevartovsk: Izd. tsentr «Nauka i praktika»; 2018. 92 p.
- 6 Gemejiyeva NG, Grudzinskaya LM. Current State and Prospects for Studies on the Diversity of Medicinal Flora in Kazakhstan / *Vegetation of Central Asia and Environs*. Editors: Egamberdieva D., Öztürk M. Springer, Cham. 2018. P. 239-262. https://doi.org/10.1007/978-3-319-99728-5_9
- 7 Lebedeva NV, Krivoluckij DA. *Razdel I. Biologicheskoe raznoobrazie i metody ego otsenki*. [Section I. Biological diversity and methods for its assessment]. M.: Publishing House of the Scientific and Educational Center; 2002. 432 p. // http://www.nature.air.ru/biodiversity/book3_1.html
- 8 Kalyakin MV, Seregin AP, Solovchenko AE, Kamenskij PA, Sadovnichij V. A. “Noah's Ark” project: interim results and outlook for classic collection development. *Acta naturae = Acta naturae*. 2018;10,4(39):S49-58 (In Russ.)

Herbert Tomaso, Sabine Zange, et al. Identification of Highly Pathogenic Microorganisms by Matrix-Assisted Laser Desorption Ionization–Time of Flight Mass Spectrometry: Results of an Interlaboratory Ring Trial // *Journal of Clinical Microbiology*. - Jul 2015. - Vol. 53(8). - P. 2632-2640; DOI: 10.1128/JCM.00813-15

10 Мека-Меченко Т.В. Микробиологический и молекулярно-генетический мониторинг возбудителя чумы из природных очагов разного типа: автореф. дис. ... д-ра мед. наук: 03.00.07 - Алматы, 2010. - 42 с. <https://kaznmu.kz/rus/03-00-07->

11 Избанова У.А., Куница Т.Н., Лухнова Л.Ю. Достижения в области специфической профилактики туляремии // *Медицина (Алматы)*. - 2016. - №10 (172). - С. 49-50

12 Аубакиров С.А. Экологические основы природной очаговости и пути совершенствования эпидемиологического надзора в среднеазиатском пустынном очаге чумы. http://nauka.kz/page.php?page_id=107&lang=1&month_to=12&year_to=2016&page=343

13 Заздравных И.А., Литвина Л.А. Чума и её актуальность сегодня // Проблемы биологии и биотехнологии. В сб. трудов конф. научного общества студентов и аспирантов биолого-технологического факультета Новосибирский государственный аграрный университет, 12-16 декабря 2016 г. - Новосибирск: Изд. центр «Золотой колос», 2017. - С. 142-144

14 Соловьев В.О. Природные процессы прошлого как основа прогнозирования. - Харьков, 2014. - 119 с. [б. и.]

15 Аймаханов Б.К., Куница Т.Н., Бурделов Л.А., Мека-Меченко В.Г., и др. Анализ эпизоотолого-эпидемиологической ситуации по чуме в Атырауской области // *Медицинский журнал Западного Казахстана*. - 2017. - Т. 4 (56). - С. 4-13

16 Дубянский В.М., Куличенко А.Н., Семенко О.В. и др. Совершенствование эпидемиологического надзора за инфекционными болезнями с использованием геоинформационных систем // *Журнал микробиологии, эпидемиологии и иммунобиологии*. - 2014. - №1. - С. 85-91

17 Сохранение ex situ разнообразия макромицетов России. https://www.rfbr.ru/rffi/ru/project_search/o_236564

18 Приказ Министра национальной экономики Республики Казахстан от 25 февраля 2015 года № 131 «Санитарно-эпидемиологические требования к организации и проведению санитарно-противоэпидемических (профилактических) мероприятий по предупреждению инфекционных заболеваний (чума, холера)». https://online.zakon.kz/Document/?doc_id=34733178

19 Показатели по биологическому разнообразию, не включенные в Руководство//ЕЭК ООН комитет по экологической политике конференция европейских статистиков. <https://www.unece.org/fileadmin/DAM/stats/documents/ece/ces/ge.33/2011/mtg2/Add.Indicators.Biodiversity.Ru.pdf>

20 Международный стандарт ISO 20387: 2018 Biotechnology - Biobanking - General requirements for biobanking. <https://www.iso.org/standard/67888.html>

21 Проект 26. Коллекция морских микроорганизмов Тихоокеанского института биоорганической химии Дальневосточного отделения РАН, как основа для морской микробной биотехнологии. <http://www.fegi.ru/primorye/doctor/preparat/26.htm>

22 Nuala A. O'Leary, Mathew W. Wright, J. Rodney Brister, Stacy Ciufu, Diana Haddad, Rich McVeigh, Bhanu Rajput, Barbara Robertse, et al. Reference sequence (RefSeq) database at NCBI: current status, taxonomic expansion, and functional annotation // *Nucleic Acids Research*. - 4 January 2016. - Vol. 44, Issue D1. - P. D733–D745. <https://doi.org/10.1093/nar/gkv1189>

23 European Culture Collection's Organization (ECCO). Nagoya protocol for 'collection holders', Brussels 6 July 2017. <https://www.eccosite.org/nagoya-protocol-for-collection-holders-brussels-6-july-2017/>

24 Lesley Bell-Sakyia, Alistair Darbyb, Matthew Baylisac, Benjamin L. Makepeacea. The Tick Cell Biobank: A global resource for in vitro research on ticks, other arthropods and the pathogens they transmit // *Ticks and Tick-borne Diseases*. - July 2018. - Vol. 9, Issue 5. - P. 1364-1371. <https://doi.org/10.1016/j.ttbdis.2018.05.015>

9 Peter Lasch, Tara Wahab, Sandra Weil, Bernadett Palyi, Herbert Tomaso, Sabine Zange, et al. Identification of Highly Pathogenic Microorganisms by Matrix-Assisted Laser Desorption Ionization–Time of Flight Mass Spectrometry: Results of an Interlaboratory Ring Trial. *Journal of Clinical Microbiology*. Jul 2015; 53(8):2632-2640. DOI: 10.1128/JCM.00813-15

10 Meka-Mechenko TV. Mikrobiologicheskij i molekulyarno-geneticheskij monitoring vozbuditelya chумы iz prirodných ochagov raznogo tipa: dis... d-ra med. nauk: 03.00.07. Almaty, 2010. 47 p. Available from: <https://kaznmu.kz/rus/03-00-07->

11 Izbanova UA, Kunica TN, Luhnova LYu. Achievements in the field of specific prophylaxis of tularemia. *Meditisina (Almaty) = Medicina (Almaty)*. 2016;10(172):49-50 (In Russ.)

12 Aubakirov SA. *Ekologicheskie osnovy prirodnoj ochagovosti i puti sovershenstvovaniya epidemiologicheskogo nadzora v sredneaziatskom pustynnom ochage chумы* [Ecological basis of natural foci and ways to improve epidemiological surveillance in the Central Asian desert foci of plague]. Available from: http://nauka.kz/page.php?page_id=107&lang=1&month_to=12&year_to=2016&page=343

13 Zazdravnyh IA, Litvina LA. Plague and its relevance today // Problems of biology and biotechnology. In: *Sb. trudov konf. nauchnogo obshchestva studentov i aspirantov biologo-tehnologicheskogo fakulteta Novosibirskij gosudarstvennyj agrarnyj universitet, 12-16 dekabrya 2016 g.* [In the proceedings of the conference of the scientific society of students and graduate students of the Faculty of Biology and Technology of the Novosibirsk State Agrarian University, December 12-16, 2016] Novosibirsk: Publishing House Center "Golden Ear", 2017. 142-144 p.

14 Solovev VO. Prirodnye protsessy proshlogo kak osnova prognozirovaniia. [Natural processes of the past as a basis for forecasting]. Harkov: 2014. 119 p. [b. i.]

15 Ajmahanov BK, Kunica TN, Burdelov LA, Meka-Mechenko VG, et al. Analysis of the epizootic and epidemiological situation of plague in Atyrau region. *Meditinskii zhurnal Zapadnogo Kazakhstan = Medical Journal of Western Kazakhstan*. 2017;4(56):4-13 (In Russ.)

16 Dubyanskij VM, Kulichenko AN, Semenko OV, et al. Improving the surveillance of infectious diseases using geographic information systems. *Zhurnal mikrobiologii, epidemiologii i immunobiologii = Journal of Microbiology, Epidemiology and Immunobiology*. 2014;1:85-91 (In Russ.)

17 Sokhranenie ex situ raznoobraziia makromitsetov Rossii [Preservation of ex situ diversity of macromycetes of Russia]. Available from: https://www.rfbr.ru/rffi/ru/project_search/o_236564

18 Prikaz Ministra natsionalnoi ekonomiki Respubliki Kazakhstan ot 25 fevralia 2015 goda № 131 «Sanitarно-epidemiologicheskie trebovaniia k organizatsii i provedeniiu sanitarno-protivoepidemicheskikh (profilakticheskikh) meropriiatii po preduprezhdeniiu infektsionnykh zabolevanii (chuma, kholera)». [Order of the Minister of National Economy of the Republic of Kazakhstan dated February 25, 2015 No. 131 "Sanitary and epidemiological requirements for the organization and conduct of sanitary and anti-epidemic (preventive) measures to prevent infectious diseases (plague, cholera)"]. Available from: https://online.zakon.kz/Document/?doc_id=34733178

19 Pokazateli po biologicheskomu raznoobrazii, ne vkluchennye v Rukovodstvo//EEK OON komitet po ekologicheskoi politike konferentsiia evropeiskikh statistikov. [Indicators on biological diversity not included in the Guide 131 UNECE Committee on Environmental Policy Conference of European Statisticians]. Available from: <https://www.unece.org/fileadmin/DAM/stats/documents/ece/ces/ge.33/2011/mtg2/Add.Indicators.Biodiversity.Ru.pdf>

20 Mezhdunarodnyj standart ISO 20387: 2018 Biotechnology - Biobanking - General requirements for biobanking 20. [International standard ISO 20387: 2018 Biotechnology - Biobanking - General requirements for biobanking]. Available from: <https://www.iso.org/standard/67888.html>

21 Proekt 26. Kolleksiia morskikh mikroorganizmov Tikhookeanskogo instituta bioorganicheskoi khimii Dalnevostochnogo otdeleniia RAN, kak osnova dlia morskoi mikrobnoi biotekhnologii. [Project 26. Collection of marine microorganisms of the Pacific Institute of Bioorganic Chemistry of the Far Eastern Branch of the Russian Academy of Sciences, as a basis for marine microbial biotechnology]. Available from: <http://www.fegi.ru/primorye/doctor/preparat/26.htm>

22 Nuala A O'Leary, Mathew W Wright, J Rodney Brister, Stacy Ciufu, Diana Haddad, Rich McVeigh, Bhanu Rajput, Barbara Robertse, et al. Reference sequence (RefSeq) database at NCBI: current status, taxonomic expansion, and functional annotation. *Nucleic*

- 25 Международное общество инфекционных заболеваний. International Society for Infectious Diseases Promed. Статистика заболеваний по миру. BO3 <https://www.promedmail.org/>
- 26 Chowell, Gerardo; Viboud, Cecile; Simonsen, Lone; with co-authors. Characterizing the reproduction number of epidemics with early subexponential growth dynamics // *Journal of the royal society interface*. - 2016. - Vol. 13(123). - № paper: 20160659
- 27 Kalyakin M.V., Seregin A.P., Solovchenko A.E. et al. "Noah's Ark" Project: Interim Results and Outlook for Classic Collection Development // *Acta Naturae*. - 2018. - T.10. - Vol.4. - P. 49-58
- 28 Adriana Goncalves, Rosanna W Peeling, May C Chu, Duane J Gubler, Aravinda M de Silva, et al, Innovative and New Approaches to Laboratory Diagnosis of Zika and Dengue: A Meeting Report // *The Journal of Infectious Diseases*. - Apr 2018. - Vol. 217, Issue7. - P.1060–1068. <https://doi.org/10.1093/infdis/jix678>
- 29 Verberk J.D.M., Vos R.A., Mollema L. et al. Third national biobank for population-based seroprevalence studies in the Netherlands, including the Caribbean Netherlands // *BMC Infect Dis*. - 2019. - Vol.19. - 470, doi:10.1186/s12879-019-4019-y
- 30 Rubbo P., Soupé-Gilbert M., Golongba D.M. et al. Evidence of human leptospirosis cases in a cohort of febrile patients in Bangui, Central African Republic: a retrospective study, 2012–2015 // *BMC Infect Dis* 18. - 2018. - 376. doi:10.1186/s12879-018-3298-z
- 31 Wawina T.B., Tshiani O.M., Ahuka S.M. et al. Detection of human parvovirus B19 in serum samples from children under 5 years of age with rash–fever illnesses in the Democratic Republic of the Congo // *International Journal of Infectious Diseases*. - 2017. - Vol. 65. - P. 4-7. <https://doi.org/10.1016/j.ijid.2017.09.018>.
- 32 Nosek B.A., Alter G., Banks G.C., Borsboom D., Bowman S.D., Breckler S.J., Buck S., Chambers C.D., Chin G., Christensen G., Contestabile M., Dafoe A., Eich E., Freese J., Glennerster R., Goroff D., Green D.P. et al Scientific standards. Promoting an open research culture // *Science*. - 2015 Jun 26. - Vol. 348(6242). - P. 1422-5. doi: 10.1126/science.aab2374.
- 33 Widder S., Allen R., Pfeiffer T. et al. Challenges in microbial ecology: building predictive understanding of community function and dynamics // *ISME J*. - 2016. - No 10. - P. 2557–2568. doi:10.1038/ismej.2016.45
- 34 He Y., Caporaso J.G., Jiang X. et al. Stability of operational taxonomic units: an important but neglected property for analyzing microbial diversity // *Microbiome*. - 2015. - No 3. - P. 34. doi:10.1186/s40168-015-0091-1. PMID: 26229598. PMCID:PMC4520016
- 35 Buttigieg P.L., Ramette A. A guide to statistical analysis in microbial ecology: a community-focused, living review of multivariate data analyses // *FEMS Microbiolgy Ecology*. - 2014. - Vol. 90 (3). - P. 543–550. doi: 10.1111/1574-6941.12437
- 36 Cadotte M.W., Jonathan Davies T., Regetz J., Kembel S.W., Cleland E., Oakley T. H. Phylogenetic diversity metrics for ecological communities: integrating species richness, abundance and evolutionary history // *Ecol. Lett*. - 2010. - No 13. - P. 96–105. doi: 10.1111/j.1461-0248.2009.01405.x
- 37 He Y., Caporaso J. G., Jiang X.-T., Sheng H.-F., Huse S.M., Rideout J.R., et al. Stability of operational taxonomic units: an important but neglected property for analyzing microbial diversity // *Microbiome*. - 2015. - No 3. - P. 20. doi: 10.1186/s40168-015-0081-x
- 38 Jonsson V., Osterlund T., Nerman O., Kristiansson E. Statistical evaluation of methods for identification of differentially abundant genes in comparative metagenomics // *BMC Genomics*. - 2016. - No 17. - P. 78. doi: 10.1186/s12864-016-2386-y
- 39 Lagier J.-C., Edouard S., Pagnier I., Mediannikov O., Drancourt M., Raoult D. Current and past strategies for bacterial culture in clinical microbiology // *Clin. Microbiol. Rev*. - 2015. - No 28. - P. 208–236. doi: 10.1128/CMR.00110-14
- 40 Salter S.J., Cox M.J., Turek E.M. et al. Reagent and laboratory contamination can critically impact sequence-based microbiome analyses // *BMC Biol*. - 2014. - No 12. - P. 87 (2014) doi:10.1186/s12915-014-0087-z
- Acids Research*, 4 January 2016;44(D1): D733–D745. <https://doi.org/10.1093/nar/gkv1189>
- 23 European Culture Collection's Organization (ECCO). Nagoya protocol for 'collection holders', Brussels 6 July 2017. Available from: <https://www.eccosite.org/nagoya-protocol-for-collection-holders-brussels-6-july-2017/>
- 24 Lesley Bell-Sakyia, Alistair Darbyb, Matthew Baylisac, Benjamin L Makepeacea. The Tick Cell Biobank: A global resource for in vitro research on ticks, other arthropods and the pathogens they transmit. *Ticks and Tick-borne Diseases*. July 2018;9(5):1364–1371. <https://doi.org/10.1016/j.ttbdis.2018.05.015>
- 25 *Mezhdunarodnoe obshchestvo infektsionnykh zabolevanii. International Society for Infectious Diseases Promed. Statistika zabolevanii po miru. VOZ* [International Society of Infectious Diseases. International Society for Infectious Diseases Promed. World disease statistics. WHO]. Available from: <https://www.promedmail.org/>
- 26 Chowell, Gerardo; Viboud, Cecile; Simonsen, Lone; with co-authors. Characterizing the reproduction number of epidemics with early subexponential growth dynamics. *Journal of the royal society interface*. 2016;13(123):20160659
- 27 Kalyakin MV, Seregin AP, Solovchenko AE, et al "Noah's Ark" Project: Interim Results and Outlook for Classic Collection Development. *Acta Naturae = Acta Naturae*. 2018;10(4):49-58 (In Russ.)
- 28 Adriana Goncalves, Rosanna W Peeling, May C Chu, Duane J Gubler, Aravinda M de Silva, et al, Innovative and New Approaches to Laboratory Diagnosis of Zika and Dengue: A Meeting Report. *The Journal of Infectious Diseases*. Apr 2018;217(7):1060–1068. <https://doi.org/10.1093/infdis/jix678>
- 29 Verberk JDM, Vos RA, Mollema L, et al. Third national biobank for population-based seroprevalence studies in the Netherlands, including the Caribbean Netherlands. *BMC Infect Dis*. 2019;19: 470. doi:10.1186/s12879-019-4019-y
- 30 Rubbo P, Soupé-Gilbert M, Golongba DM, et al. Evidence of human leptospirosis cases in a cohort of febrile patients in Bangui, Central African Republic: a retrospective study, 2012–2015. *BMC Infect Dis*. 2018;376(2018). doi:10.1186/s12879-018-3298-z
- 31 Wawina TB, Tshiani OM, Ahuka SM, et al. Detection of human parvovirus B19 in serum samples from children under 5 years of age with rash–fever illnesses in the Democratic Republic of the Congo. *International Journal of Infectious Diseases*. 2017;65:4-7. <https://doi.org/10.1016/j.ijid.2017.09.018>
- 32 Nosek BA, Alter G, Banks GC, Borsboom D, Bowman SD, Breckler SJ, Buck S, Chambers CD, Chin G, Christensen G, Contestabile M, Dafoe A, Eich E, Freese J, Glennerster R, Goroff D, Green DP et al Scientific standards. Promoting an open research culture. *Science*. 2015 Jun 26;348(6242):1422-5. doi: 10.1126/science.aab2374.
- 33 Widder S, Allen R, Pfeiffer T, et al. Challenges in microbial ecology: building predictive understanding of community function and dynamics. *ISME J* 10. 2016;2557–2568. doi:10.1038/ismej.2016.45
- 34 He Y, Caporaso JG, Jiang X, et al. Stability of operational taxonomic units: an important but neglected property for analyzing microbial diversity. *Microbiome*. 2015;3:20. doi:10.1186/s40168-015-0081-x
- 35 Buttigieg PL, Ramette A. A guide to statistical analysis in microbial ecology: a community-focused, living review of multivariate data analyses. *FEMS Microbiol. Ecol*. 2014;90:543–550. doi: 10.1111/1574-6941.12437
- 36 Cadotte MW, Jonathan Davies T, Regetz J, Kembel SW, Cleland E, Oakley TH. Phylogenetic diversity metrics for ecological communities: integrating species richness, abundance and evolutionary history. *Ecol. Lett*. 2010;13:96–105. doi: 10.1111/j.1461-0248.2009.01405.x
- 37 He Y, Caporaso JG, Jiang X-T, Sheng H-F, Huse SM, Rideout JR, et al. Stability of operational taxonomic units: an important but neglected property for analyzing microbial diversity. *Microbiome*. 2015;3:20. doi: 10.1186/s40168-015-0081-x
- 38 Jonsson V, Osterlund T, Nerman O, Kristiansson E. Statistical evaluation of methods for identification of differentially abundant genes in comparative metagenomics. *BMC Genomics*. 2016;17:78. doi: 10.1186/s12864-016-2386-y
- 39 Lagier J-C, Edouard S, Pagnier I, Mediannikov O, Drancourt M, Raoult D. Current and past strategies for bacterial culture in clinical microbiology. *Clin. Microbiol. Rev*. 2015;28:208–236. doi: 10.1128/CMR.00110-14
- 40 Salter SJ, Cox MJ, Turek EM, et al. Reagent and laboratory contamination can critically impact sequence-based microbiome analyses. *BMC Biol*. 2014;12:87. doi:10.1186/s12915-014-0087-z