

БИОТЕХНОЛОГИИ И ХИМИЧЕСКИЕ ТЕХНОЛОГИИ

IRSTI 34.35.51, 62.01.94

https://doi.org/10.53939/1560-5655_2025_1_9

***Nusipov D.A.¹, Kamenov B.K.¹, Kozhakhmetova M.H.¹,
Sherelkhan D.K.¹, Altynbai N.P.¹, Narsha U.A.¹, Aimagambetov A.¹,
Arystanbekuly B.¹, Xiangrong L.²***

¹ SRI «Sustainability of ecology and bioresources»,

KazNU named after al-Farabi, Almaty c., Kazakhstan

² College of Chemistry and Chemical Engineering, Xi'an University of Science
and Technology, Xi'an c., China

DEVELOPMENT OF INNOVATIVE TECHNOLOGIES AND CREATION OF MODERN INFRASTRUCTURE FOR SUSTAINABLE DEVELOPMENT OF SOUTH KAZAKHSTAN REGION

Abstract. As part of the implementation of a large-scale project on the development of healthcare, biotechnology and environmental sustainability, the scientific research program of the Aral-Syrdarya region of the Republic of Kazakhstan is aimed at implementing such ambitious tasks as the introduction of innovative technologies and the creation of modern infrastructure capable of ensuring sustainable development of the population and a significant improvement in the quality of life. This program provides for the integration of the latest achievements in the field of medicine, biotechnology and environmental science to form an effective and functional healthcare system capable of adequately responding to modern challenges and needs of the region. Through an interdisciplinary approach to research and development, the program strives to create unique scientific and technological solutions that not only contribute to the preservation of the health and well-being of the population, but also actively influence the improvement of the ecological state and biodiversity of the region. This desire to integrate various scientific fields and practical aspects is supported by the desire to create a stable and interconnected research network that contributes to a deeper understanding and solution of the multifaceted challenges facing the southern regions of Kazakhstan.

Keywords: diagnostics, microbiology, Big Data, biodiversity, feed, coal.

Introduction. In the context of the globalization of medical technologies and scientific research, many developed countries are showing a tendency to create large centralized laboratories that combine advanced developments in the field of molecular genetics, clinical laboratory and

instrumental diagnostics. These laboratories are actively using the capabilities of artificial intelligence, which contributes to a significant increase in the quality and efficiency of medical services. This approach, based on the principles of the phased opening of highly specialized consultative and outpatient centers capable of providing a wide range of diagnostic services in Kazakhstan, especially in the southern regions, allows for a significant improvement in healthcare.

The health of the population, which is a key indicator of the quality of life in the Aral Sea region, is threatened by the pre-crisis environmental situation. Adverse factors such as high environmental pollution, especially in industrial cities such as Shymkent, where vehicle emissions account for more than 70% of total pollution, have a significant impact on the health of the population [1-2]. Studies have shown that in the southern regions of Kazakhstan, health status is assessed as poor in almost 30% of cases, which is several times higher than in other regions of the republic [3-5].

Materials and methods. Molecular genetic and laboratory studies are crucial in the epidemiology of infectious and non-infectious diseases. These studies not only expand our understanding of the mechanisms of disease transmission, but also play an important role in monitoring their prevention and treatment. The scientific novelty of the work is as follows:

- High-throughput genomic sequencing and big data analysis are enabling the study of genetic predictors that can be used to predict the risk of developing non-communicable diseases.
- Molecular genetic studies provide integration of genomic and epidemiological data, which helps to identify epidemiological links and sources of infection.
- The use of an interdisciplinary approach involves the collaboration of specialists from various fields, from molecular biology and genetics to clinical disciplines and information technology. This collaboration contributes to a deeper and more comprehensive analysis of the results, which helps to optimize treatment strategies and increase the effectiveness of medical interventions.

The creation and operation of a multifunctional laboratory at the university, combining molecular-genetic, laboratory-instrumental research methods, is in demand and competitive, because:

- Expanding the understanding of molecular mechanisms in medicine by studying genetic variations and molecular cellular processes that contribute to the development of new diagnostic and therapeutic methods.
- Establish a clinical-immunological laboratory that will contribute to the

assessment of immune levels and the transfer of fundamental research to practical healthcare.

- Improving the diagnosis of cancer based on molecular markers, which will help in early detection of oncology and effective therapy.

Results and their discussion. The increasing availability of medical information in modern healthcare and the development of big data analysis methods have significantly improved the capabilities of artificial intelligence. Powerful AI-based analytical tools can process large volumes of data, which allows you to identify clinically important information, often hidden among a non-repeating number of medical records and studies. This, in turn, contributes to more informed and timely clinical decisions, which are key to improving the quality of medical care [2]. In the southern regions of Kazakhstan, it is especially important to create laboratories for conducting high-tech research that will contribute not only to improving the quality of medical care, but also to developing personalized treatment methods. The use of accurate instrumental methods for early detection of diseases is possible thanks to progress in genomic medicine, which combines innovative technologies with artificial intelligence [3-12].

Thus, the successful integration of genomic medicine and artificial intelligence into clinical practice opens up new horizons in healthcare. This direction is one of the most promising directions in modern medical science, allowing the development of effective methods for diagnosing, monitoring and preventing diseases. The combination of these technologies will not only improve medical outcomes for patients, but also significantly improve public health, contributing to the creation of a healthier nation.

It also considers the possibilities of studying the development of a complex of scientific and innovative methods for the conservation and sustainable use of biodiversity, taking into account the natural and climatic features of the southern region. In 1994, an 88-hectare Botanical Garden was created on the territory of the K. A. Yasawi IKTU, which was an important step towards reducing the environmental load and improving conditions for plant reproduction in the region. The garden presents 59 related groups, 28 families and 127 species of trees, shrubs, ornamental, fruit and berry plants from all over the world, adapted to the harsh climatic conditions of southern Kazakhstan. This contributes to the conservation of biodiversity and provides unique opportunities for the study of botany and ecology. The university's research group is actively working to create a methodological base for studying the physiology, biochemistry, phytopathology and mineral nutrition of plants. The results of these studies have contrib-

uted to the development of new technologies that have found application in agro-industrial projects and are confirmed by a number of patents and scientific publications [13-15]. The approval and recommendation of these developments by the National Scientific Council will contribute to their integration into the practice of local agricultural organizations. However, the current environmental challenges of the Aral-Syr Darya region, such as depletion of water resources, environmental pollution, deterioration of air quality, and erosion of saline lands, require further scientific research. It is necessary to develop and implement scientific and innovative methods for the sustainable use and restoration of natural resources, which can be implemented by strengthening research activities on the basis of the Botanical Garden and the Department of Biology of the University.

This program will not only help improve the environmental situation in the region, but also contribute to the development of green technologies, increasing the level of environmental awareness and education among the population. The relevance and scientific novelty of our project lies in the development of the first regional cadastres of the gene pool of food, fodder and pasture plants, as well as quarantine and weed-ruderal plants of the Aral-Syr Darya region in the history of Kazakhstan. The creation of such cadastres will allow assessing the resource potential of these plants and will serve as the basis for sustainable management of their gene pool, which will contribute to maintaining biodiversity and ecological balance in the region.

In addition, the project is aimed at sustainable development of livestock farming in the arid climate of the study area, characterized by severe winters and drought. It is proposed to use alternative plant species, such as vegetatively grown reeds, which will allow to economically compensate for the shortage of high-quality roughage [16]. The development of technology based on local forage resources, in particular, the use of fast-growing and high-biomass reeds, will contribute to reducing feed dependence on external sources [17-20]. In addition, the study area faces the problem of a shortage of affordable and high-calorie fuel due to limited forest resources and a ban on cutting down saxaul. A solution may be briquetting of plant residues, which will allow them to be used as a source of solid fuel. Briquetting improves the transportability and storage of fuel, increases its calorific value by increasing the pile density and reducing moisture, which makes its use more efficient and economical [16-18, 20-21].

The program is aimed at creating a centralized research center with advanced equipment that will contribute to the training of highly qualified

specialists. The goal is to develop technologies for growing industrially important agro-industrial crops adapted to dry conditions, including the breeding of new species and the creation of innovative products from agricultural raw materials. An important part of the program is the use of Big Data and AI to develop algorithms that will contribute to effective decision-making in the field of land reclamation and risk management in agriculture, including monitoring botanical gardens. These technologies will help process and analyze large volumes of heterogeneous data to increase the accuracy and efficiency of agricultural practices.

Particular attention is paid to the development of a regional catalog of the gene pool of food, medicinal, fodder and pasture plants, as well as quarantine and weed-ruderal species, which will ensure the certification and comprehensive characterization of each species. These catalogs will serve as the basis for sustainable management of the region's bioresources and will allow for the optimization of agricultural land use. In addition, the program includes the development of new energy-efficient materials based on agro-industrial waste, which will contribute to increasing the sustainability and economic efficiency of the agricultural sector. This direction is important for solving environmental problems related to waste disposal and reducing the ecological footprint of the agro-industrial complex.

The scientific novelty of the project is the creation and testing of new technologies for heat and drought-tolerant plants, which include scientific analysis of their biochemical and physiological state to identify key molecular - genetic markers. These studies will allow the development of technologies that reduce the pathogen load and increase the productivity of agricultural crops. The program is also aimed at improving the overall health of bee colonies and developing new approaches to bioresource management, which will make a significant contribution to the sustainable development of agronomy, biotechnology and IT engineering in the region. The creation of such a scientific and educational center will allow the formation of a scientific school capable of solving major problems of an environmental, economic and social nature at the local and national levels.

Also, within the framework of the program, it is planned to conduct continuous monitoring of the environment, which is the basis of all efforts in the field of nature protection and nature management. This monitoring is necessary to ensure the sustainable development of society. This key activity allows for an objective assessment of the ecological conditions of the living space of humans and other organisms, as well as an analysis of

the state of ecosystems and their functional integrity [22-23]. In the developed countries of the world, special attention is paid to the regional scale in the organization of environmental monitoring [24-25]. Since the beginning of the 80s, it has become clear that a successful policy of managing the economic, social and political development of the state requires taking into account the characteristics and needs of its specific regions [26]. The southern regions of Kazakhstan are distinguished by their unique species and biological diversity, which at the same time are the most environmentally vulnerable [27]. This is primarily due to anthropogenic factors and climate change, in the context of the reduction in the flow and pollution of the large rivers of Central Asia - the Syr Darya and the Ili, where unique biological ecosystems and a large number of rare, endangered and endemic species of flora and fauna are threatened [28-29].

The program aims to analyze the current situation, identify and classify potential risks and threats, as well as negative trends affecting the main ecosystems of the southern regions of Kazakhstan. This program involves the use of various methods: field studies, laboratory analyses, microbiological monitoring of the environment and remote sensing to ensure continuous and accurate monitoring. In addition, the project includes the development of strategies for environmentally sustainable use of natural resources by local populations in areas such as livestock farming, irrigated agriculture and recreation in the context of declining river flows and climate change.

Many human activities threaten or have negatively affected salt lakes. Important factors are overland flow, mining, pollution, introduction of exotic species, and climate change, which lead to biodiversity loss and major changes in limnology [30]. The Aral Sea crisis is a clear example of the environmental problems in the region, which have serious consequences [31]. The waters of the Aral Sea have undergone chemical changes: the relative proportions of Ca and SO₄ ions have decreased, while Cl has increased [32]. Meteorological data also indicate an increase in annual and winter temperatures in Central Asia, which may have negative effects on ecosystems, crops, and health [33]. In addition, soil and water pollution in the region is a problem.

Microbiological monitoring of drinking water is carried out in accordance with regulatory documents [34-37]. Assessment of water quality by microbiological indicators involves determining the proportion of microorganisms associated with humans and their activities. The main indicators of microbes include the total number of microorganisms, total coliforms,

thermotolerant coliforms, sulfur-reducing clostridia spores and coliphages.

The main source of biosphere pollution by pharmaceuticals (PDPs) is domestic and industrial wastewater. Studies have shown that municipal wastewater contains a wide range of PDPs [38-48]. The problem of polluted wastewater is important for Kazakhstan, since wastewater from hospitals and residential areas is returned to the environment without removing pharmaceuticals after routine treatment. During the COVID-19 pandemic, the increased consumption of PDPs, including antibiotics, may lead to an increase in the concentration of PDPs and their metabolites in water resources. Existing treatment plants are not always able to remove persistent pollutants, including PDPs. The novelty of this study is the analysis of the PDP content in natural and wastewater of the Turkestan region. The project is aimed at developing methods for treating polluted waters in Kazakhstan in order to return them to the ecosystem. This is very important for assessing water quality and preserving the environment. It is also important to interpret the results in order to adapt new methods for the removal of PDPs from water using membranes and improve the operation of water treatment plants.

An additional promising area of research is the development of innovative technologies for compost production based on low-grade coal [49-51]. This compost is expected to be sustainable and economical by reducing ammonia emissions and increasing nitrogen availability to plants. Co-composting of cattle manure and low-grade coal helps restore soil health and stimulate crop growth. In addition, it is planned to develop a multi-component fertilizer containing lignite, earthworms, and microbial cells to increase soil productivity and fertility.

In addition, the research aims to develop new site-specific soil amendments based on low-grade coal and bacterial isolates that have a strong synergistic effect on the remediation of saline soils [52-53]. These amendments will be especially useful for crops grown on saline and infertile soils of the region. It is also planned to develop and evaluate an innovative biotechnological fertilizer production process based on coal ash and humic substances. This fertilizer is characterized by its potential impact on the agrochemical characteristics of the soil with particular efficiency [54-55]. The use of coal ash and humic substances in combination with strains of bacteria that promote associative growth can help improve soil fertility.

Microbial inoculants, also known as microbial agents or microbial fertilizers, are promising solutions for plant growth and sustainable environmental management. This industry is growing rapidly and is expected to

reach a market size of \$12 billion by 2026 [56-59]. However, despite this, there are still challenges such as environmental factors and a lack of scientific understanding and technological progress in the field of microbial inoculants. Understanding the mechanisms of synergistic action of synthetic microbial inoculants in soil is necessary to model ecological changes and achieve more effective results. These studies contribute to the advancement of green biofertilizers, ensuring food security and sustainable agricultural development. The relevance of research in this area lies not only in solving specific problems, but also in developing scientific and practical methods for managing biological resources, ensuring integrated and sustainable innovative development of the Aral-Syr Darya region.

Conclusion. Within the framework of the implementation of large-scale projects for the development of healthcare, biotechnology and environmental sustainability in the Aral-Syr Darya region of the Republic of Kazakhstan, it is necessary to implement such tasks as the introduction of innovative technologies, the creation of a modern infrastructure capable of ensuring the sustainable development of the region, and a significant improvement in the quality of life. The program provides for the integration of the latest achievements in the field of medicine, biotechnology, environmental science to form an effective and functional healthcare system that can adequately respond to the modern challenges and needs of the region. The creation of several scientific and technological solutions, aimed at an interdisciplinary approach to research and development of programs, in turn, will not only contribute to preserving the health and well-being of the population, but also have a positive impact on the environmental situation. This desire to combine the practical aspects of various scientific disciplines is reinforced by the desire to create a stable and interconnected research network that will contribute to a deeper understanding and solution of the multifaceted problems facing the frontline region of Kazakhstan.

Source of research funding.

The work was carried out with the support of the Ministry of Education, Science and Technology of the Republic of Kazakhstan within the framework of the scientific research project “BR24992814 Development of innovative technologies and creation of modern infrastructure for the sustainable development of the South Kazakhstan region”.

References

- 1 *Alhazarova A.Sh.* The relevance of the problem of the influence of harmful environmental factors on the morbidity of the population of the Aral Sea // New scientific achievements - 2009: matter. International V. scientific practice. conf. - Sofia, 2009. - P.39-41.
- 2 *Omarova D.S., Begun D.N., Bulycheva E.V.* Analysis of the health of the population in subjective assessments (on the example of the republic of kazakhstan) / Scientific journal "Current problems of health care and medical statistics" 2024, No. 1 Scientific journal "Current problems of health care and medical statistics" 2024, No. 1 ISSN 2312-2935.
- 3 *Askarov D.M., Amrin M.K., Izenkova A.K., Beisenbinova Z.B., Dosmukhametov A.T.* Health Status and Quality of Life in the Population near Zhezkazgan Copper Smelter, Kazakhstan. J Environ Public Health. 2023 Jan 30;2023:8477964. doi: 10.1155/2023/8477964. PMID: 36755778; PMCID: PMC9902142.
- 4 *Gulis G., Aringazina A., Sangilbayeva Z., Zhan K., de Leeuw E., Allegrante J.P.* Population Health Status of the Republic of Kazakhstan: Trends and Implications for Public Health Policy. Int J Environ Res Public Health. 2021 Nov 22;18(22):12235. doi: 10.3390/ijerph182212235. PMID: 34831990; PMCID: PMC8621160.)
- 5 Ministry of Health of the Republic of Kazakhstan. Statistical collection of health of the population of the republic of kazakhstan and the activities of health care organizations in 2022 Astana. 2023, p. 390.
- 6 *Luppa P.B., Bietenbeck A., Beaudoin C., Giannetti A.* Clinically relevant analytical techniques, organizational concepts for application and future perspectives of point-of-care testing. Biotechnol. Adv. 2016, 34, 139–160.
- 7 *Hooker G.W.* Building an infrastructure to enable delivery of genomic medicine. Am J Med Genet C Semin Med Genet. 2021;187(1):95–99. [PubMed: 33415801]
- 8 *Engel N., Wachter K., Pai M., Gallarda J., Boehme C., Celentano I.* Addressing the challenges of diagnostics demand and supply: Insights from an online global health discussion platform. BMJ Glob. Health 2016, 1, e000132. [CrossRef] [PubMed]
- 9 *Mugambi M.L., Palamouni K.M., Gallarda J., Drain P.K.* Exploring the Case for a Global Alliance for Medical Diagnostics Initiative. Diagnostics 2017, 7, 8. [CrossRef] [PubMed]
- 10 *Peeling R.W.* Diagnostics in a digital age: An opportunity to strengthen health systems and improve health outcomes. Int. Health 2015, 7, 384–389. [CrossRef] [PubMed]
- 11 *Shaw J.* Practical challenges related to point of care testing. Pract. Lab. Med. 2016, 4, 22–29. [CrossRef] [PubMed]
- 12 *Wiley K., Findley L., Goldrich M., et al.* A research agenda to support the development and implementation of genomics-based clinical informatics tools and resources. Journal of the American Medical Informatics Association. 2022..
- 13 Patent of the Republic of Kazakhstan on utility model #8235. "Method of protection of religion from religion". Toyzhigitova B.B., Salybekova N.N., Aimbetova I.O.

- 14 Patent Respubliki Kazakhstan na inventione № 36137. "Method of treatment of alternariosis of juniper tree". Salybekova N.N., Apushev A.K., Aimbetova I.O., Yusupov B.Yu., Isaev G.I., Toyzhigitova B.B., Babaeva G.A., Serzhanova A.E.
- 15 Aimbetova I.O., Salybekova N.N., Isaev G.I. Development of a complex of scientific and innovative methods of conservation and sustainable use of biodiversity taking into account the natural and climatic features of the Aral-Syr Darya region. Author's certificate of scientific work No. 44963. Data publ. 22.04.2024.
- 16 Chekalin S.W., Masalova V.A., Nabieva S.V., Babay I.V., Husainova I.V., Ishaeva A.N., Krekova Ya.A. Cultivation of woody plants in nurseries of different regions of Kazakhstan. Herald of science and education. No. 20 (74), Part. Moscow: Problemy Nauki, 2019. P.20-26.
- 17 Karibaeva K.N., Mishchenko A.B., Gemedzhieva N.G., Sklyarenko S.L., Rodionov S.L. Biodiversity and genetic resources of Kazakhstan // *Zavtra bylo pozondo. Ecological risks of Kazakhstan*. - Almaty, 2021. - Chapter 5. - S. 199-233.
- 18 Grudzinskaya L., Gemejiyeva N., Karzhaubekova Zh., Nelina N. Botanical coverage of the leading families of medicinal flora of Kazakhstan // *BIO Web of Conferences* 31, 00007 (2021): <https://doi.org/10.1051/bioconf/20213100007> Problems of Industrial Botany of Industrially Developed Regions, 2021.
- 19 Apushev A.K., Yusupov B.Yu., Salybekova N.N. Adaptive potential of ornamental tree crops in subarid conditions of the Turkestan region// *Proceedings of the International Scientific and Practical Conference "Current state and development prospects of botanical gardens and arboreturns of Kazakhstan"* dedicated to the 5th anniversary of the Astana Botanical Garden, June 29, 2023. pp. 17-23.
- 20 Chekalin S.W. Epigenetic homologous variability of plant forms, Almaty. 2017.
- 21 Veselova P.V. Anthrophilic element of the flora of the desert part of the river. Syrdarya, Almaty, 2017.
- 22 Sultanbekov Z. K., Bukunova A. S., Gaifin A. B., Bortsova S. R., Batkul'dina Z. N., & Konurbaeva, A. S. (2011). [Monitoring public health state in solving ecologic problems of cities]. *Meditisina Truda i Promyshlennaia Ekologiya*, 6, 20–22.
- 23 Zhou K. F., Zhang Q., Chen X., & Sun L. (2007). Features and trends of the environmental change in the arid areas in Central Asia. *Science in China, Series D: Earth Sciences*, 50(SUPPL), 142–148. <https://doi.org/10.1007/s11430-007-5017-2>.
- 24 Barrientos R., Borda-de-Água L., Brum P., Beja P., & Pereira H. M. (2017). What's next? Railway ecology in the 21st century. *Railway Ecology*, 311–318. https://doi.org/10.1007/978-3-319-57496-7_19.
- 25 Awange J. (2018). Environmental surveying and surveillance. In *Environmental Science and Engineering (Subseries: Environmental Science)* (Issue 9783319584171, pp. 59–95). Springer Berlin Heidelberg. https://doi.org/10.1007/978-3-319-58418-8_5.
- 26 Zhivotovskaya I. G. "Three decades of education reforms in Europe: special features of modernization of the educational system" *Actual problems of Europe*, no. 2, 2013, pp. 13-49. <https://cyberleninka.ru/article/n/tri-desyatiletiya-reform-obrazovaniya-v-evrope-osobennosti-modernizatsii-obrazovatelnoy-sistemy>

- 27 Lamchin M., Lee W. K., Jeon S. W., Wang S. W., Lim C. H., Song C., & Sung M. (2018). Long-term trend and correlation between vegetation greenness and climate variables in Asia based on satellite data. *Science of the Total Environment*, 618, 1089–1095. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2017.09.145>.
- 28 Bolatova Z. (2023). Climate Change Impact on Agriculture of Almaty Region, Kazakhstan. In *Springer Proceedings in Earth and Environmental Sciences* (pp. 154–163). Springer Nature. https://doi.org/10.1007/978-3-031-26967-7_12.
- 29 Bao A., Yu T., Xu W., Lei J., Jiapaer G., Chen X., Komiljon T., Khabibullo S., Sagidullaevich X. B., & Kamalatdin I. (2024). Ecological problems and ecological restoration zoning of the Aral Sea. *Journal of Arid Land*, 16(3), 315–330. <https://doi.org/10.1007/s40333-024-0055-6>.
- 30 Williams W.D., 2002. Environmental threats to salt lakes and the likely status of inland saline ecosystems in 2025. *Environmental Conservation*, 2, 154–167.
- 31 Micklin P., 2007. The Aral Sea Disaster. *Annual Review Earth Planetary Sciences*, 35, 47–72.
- 32 Zavalov P.O., Ni A.A., Kudyskin T. V., Ishniyazov D. P., Tomashevskaya I. G., Mukhamedzhanova D., 2009. Ongoing changes of ionic composition and dissolved gases in the Aral Sea. *Aquatic Geochemistry*, 15, 263–275.
- 33 Ibatullin S., Yasinsky V., Mironenkov A., 2009. The impact of climate change on water resources in Central Asia. Kazakhstan, Almaty: Sector report no. 6. Eurasian Development Bank, Liubimtseva E., Colea, R., Adamsb J. M., Kapustinc G., 2005. Impacts of climate and land-cover changes in arid lands of Central Asia. *Journal of Arid Environments*, 62, 285–308.
- 34 GOST 2761-84 – Sources of centralized household drinking water supply. Hygienic, technical requirements and selection rules.
- 35 GOST 2874-82 – Drinking water. Hygienic requirements and control for quality.
- 36 ST RK ISO 8199-2006 - General requirements for the counting of microorganisms grown by the method of seeding on nutrient medium.
- 37 MUK 10.05.045-03 – Methodological instructions. Methods of microbiological control of drinking water.
- 38 Evgenidou E.N., Konstantinou I.K., Lambropoulou D.A. Occurrence and removal of transformation products of PPCPs and illicit drugs in wastewaters: a review // 2015. *Sci. Total Environ.* №505, P.905-926.
- 39 Lorraine G.A., Pettigrove M.E. Seasonal variations in concentrations of pharmaceuticals and personal care products in drinking water and reclaimed wastewater in Southern California // 2006. *Environ. Sci. Technol.* №40, P.687-695.
- 40 Daughton C.G., Ternes T.A. Pharmaceuticals and personal care products in the environment: agents of subtle change? // 1999. *Environ. Health Perspect.* №107, P.907-938.
- 41 Homem V., Santos L. Degradation and removal methods of antibiotics from aqueous matrices: A review // 2011. *J. Environ. Manag.* №92, P.2304-2347.
- 42 Petrovic M., Skrbic B., Zivancev J., Ferrando-Climent L., Barcelo D. Determination of 81 pharmaceutical drugs by high performance liquid chromatography cou-

pled to mass spectrometry with hybrid triple quadrupole-linear ion trap in different types of water in Serbia // 2014. Sci. Total Environ. №468-469, P.415-428.

43 *Lopez-Serna R., Petrovic M., Barcelo D.* Occurrence and distribution of multiclass pharmaceuticals and their active metabolites and transformation products in the Ebro River basin (NE Spain) // 2012. Sci. Total Environ. №440, P.280-289.

44 *Houtman C.J., Kroesbergen J., Lekkerkerker-Teunissen K., van der Hoek J.P.* Human health riskassessment of the mixture of pharmaceuticals in Dutch drinking water and its sources based on frequent monitoring data // 2014.Sci. Total Environ. №496, P.54-62.

45 *Postigo C., Barcelo D.* Synthetic organic compounds and their transformation products in groundwater: occurrence, fate and mitigation // 2015.Sci. Total Environ.№503-504, P.32-47.

46 *Luo Y., Guo W., Ngo H.H., Nghiem L.D., Hai F.I., Zhang J., Liang S., Wang X.C.* A review on the occurrence of micropollutants in the aquatic environment and their fate and removal during wastewater treatment // 2014. Sci. Total Environ. №473-474,P.619-641.

47 *Vieno N.M., Tuhkanen T., Kronberg L.* Seasonal variation in the occurrence of pharmaceuticals in effluents from a sewage treatment plant and in the recipient water // 2005. Environ. Sci. Technol. №39, P.8220-8226.

48 *Oller I., Malato S., Sánchez-Pérez J.A.* Combination of Advanced Oxidation Processes and biological treatments for wastewater decontamination—A review // Science of the total environment. 2011, №409. P. 4141-4166.

49 *Chen D., Sun J., Bai M., Dassanayake K.B., Denmead O.T., Hill J.* A new cost-effective method to mitigate ammonia loss from intensive cattle feedlots: application of lignite. Scientific Reports 2015, 5, 16689, doi:10.1038/srep16689.

50 *Hao X., Chang C., Larney F.J.* Carbon, nitrogen balances and greenhouse gas emission during cattle feedlot manure composting. J Environ Qual 2004, 33, 37-44, doi:10.2134/jeq2004.3700.

51 *Impraim R., Weatherley A., Coates T., Chen D., Suter H.* Lignite Improved the Quality of Composted Manure and Mitigated Emissions of Ammonia and Greenhouse Gases during Forced Aeration Composting. Sustainability 2020, 12, doi:10.3390/su122410528.

52 *Ivushkin K., Bartholomeus H., Bregt A.K., Pulatov A., Kempen B., de Sousa L.* Global mapping of soil salinity change. Remote Sensing of Environment 2019, 231, 111260, doi:https://doi.org/10.1016/j.rse.2019.111260.

53 *Okur B., Örgen N.* Chapter 12 - Soil salinization and climate change. In Climate Change and Soil Interactions, Prasad M.N.V., Pietrzykowski M., Eds.; Elsevier: 2020; pp. 331-350.

54 *Sekhohola L.M., Igbinigie E.E., Cowan A.K.* Biological degradation and solubilisation of coal. Biodegradation 2013, 24, 305-318, doi:10.1007/s10532-012-9594-1.

55 *Skodras G., Kokorotsikos P., Serafidou M.* Cation exchange capability and reactivity of low-rank coal and chars. Open Chemistry 2014, 12, 33-43, doi:10.2478/s11532-013-0346-9.

- 56 Sadvakasova A.K., Kossalbayev B.D., Token A.I., Bauenova M. O., Wang J., Zayadan B. K., Balouch, H., Alwasel S., Leong Y. K., Chang J. S., & Allakhverdiev S. I. (2022). Influence of Mo and Fe on Photosynthetic and Nitrogenase Activities of Nitrogen-Fixing Cyanobacteria under Nitrogen Starvation. *Cells*, 11.
- 57 Kossalbayev B.D., Zayadan B.K., Sadvakasova A.K., Bolatkhan K.K., Token A., & Wefag S. (2020). Study of the effect of nitrogen-fixing cyanobacteria on the growth rate of the Strawberry Sunrise T-4 strawberry variety. *Eurasian Journal of Ecology*, 64.
- 58 Wang J., Zhao S., Xu S., Zhao W., Zhang X., Lei Y., Zhai H., & Huang Z. (2023). Co-inoculation of antagonistic *Bacillus velezensis* FH-1 and *Brevundimonas diminuta* NYM3 promotes rice growth by regulating the structure and nitrification function of rhizosphere microbiome. *Frontiers in Microbiology*, 14.
- 59 Yang R., Wang J., Xu S., Zhao W., Liu H., Li Q., & Huang Z. (2018). Screening, identification and salt-tolerant characteristics of phosphate-solubilizing fungi. *Microbiology China*, 45(10).
-

Нусипов Д.А.¹, Каменов Б.К.¹, Кожаметова М.Х.¹, Шерелхан Д.К.¹, Алтынбай Н.П.¹, Нарша Ұ.Ә.¹, Аймагамбетов А.¹, Арыстанбекұлы Б.¹, Сиангронг Л.²

¹ «Экология және биоресурстардың тұрақтылығы» ҒЗИ, әл-Фараби атындағы ҚазҰУ, Алматы қ., Қазақстан

² Химия және Химиялық Инженерия колледжі, Сиань Ғылым Және Технология Университеті, Сиань қ., Қытай

ОҢТҮСТІК ҚАЗАҚСТАН ӨңІРІН ТҰРАҚТЫ ДАМУ ТҮШІНІН ИННОВАЦИЯ- ЛЫҚ ТЕХНОЛОГИЯЛАРДЫ ӨЗІРЛЕУ ЖӘНЕ ЗАМАНАУИ ИНФРАҚҰРЫ- ЛЫМ ҚҰРУ

Түйіндеме. Денсаулық сақтауды, биотехнологияларды және экологиялық тұрақтылықты дамыту жөніндегі ауқымды жобаны іске асыру шеңберінде Қазақстан Республикасының Арал-Сырдария өңірінің ғылыми-зерттеу бағдарламасы инновациялық технологияларды енгізу және халықтың тұрақты дамуын және өмір сүру сапасын едәуір жақсартуды қамтамасыз етуге қабілетті заманауи инфрақұрылымды құру сияқты өршіл міндеттерді іске асыруға бағытталған. Бұл бағдарлама өңірдің қазіргі заманғы сынтетеуріндері мен қажеттіліктеріне барабар жауап бере алатын денсаулық сақтаудың тиімді және функционалдық жүйесін қалыптастыру үшін медицина, биотехнология және экологиялық ғылым саласындағы соңғы жетістіктерді біріктіруді көздейді. Зерттеулер мен өзірлемелерге мультидисциплинарлық көзқарас арқылы бағдарлама халықтың денсаулығы мен әл-ауқатын сақтауға ықпал етіп қана қоймай, сонымен қатар аймақтың экологиялық жағдайы

мен биоәртүрлілігін жақсартуға белсенді әсер ететін бірегей ғылыми және технологиялық шешімдерді жасауға ұмтылады. Әр түрлі ғылыми бағыттар мен практикалық аспектілерді интеграциялауға деген бұл ұмтылыс Қазақстанның оңтүстік облыстарының алдында тұрған көп аспектілі міндеттерді тереңірек түсінуге және шешуге ықпал ететін тұрақты және өзара байланысты зерттеу желісін құруға деген ұмтылыспен қолдау табады.

Түйінді сөздер: диагностика, микробиология, Big Data, биоәртүрлілік, жем, көмір.

...

Нусипов Д.А.¹, Каменов Б.К.¹, Кожаметова М.Х.¹, Шерелхан Д.К.¹, Алтынбай Н.П.¹, Нарша У.А.¹, Аймагамбетов А.¹, Арыстанбекулы Б.¹, Сиангронг Л.²

¹НИИ «Устойчивости экологии и биоресурсов», КазНУ им. аль-Фараби, г. Алматы, Казахстан

²Колледж химии и химической инженерии, Сианьский университет науки и технологии, г. Сиань, Китай

РАЗВИТИЕ ИННОВАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ И СОЗДАНИЕ СОВРЕМЕННОЙ ИНФРАСТРУКТУРЫ ДЛЯ УСТОЙЧИВОГО РАЗВИТИЯ ЮЖНО-КАЗАХСТАНСКОЙ ОБЛАСТИ

Аннотация. В рамках реализации масштабного проекта по развитию здравоохранения, биотехнологий и экологической устойчивости научно-исследовательская программа Аральско-Сырдарьинского региона Республики Казахстан направлена на реализацию таких амбициозных задач, как внедрение инновационных технологий и создание современной инфраструктуры, способной обеспечить устойчивое развитие населения и значительное улучшение качества жизни. Данная программа предусматривает интеграцию последних достижений в области медицины, биотехнологии и экологической науки для формирования эффективной и функциональной системы здравоохранения, способной адекватно реагировать на современные вызовы и потребности региона. Благодаря междисциплинарному подходу к исследованиям и разработкам программа стремится создавать уникальные научные и технологические решения, которые не только способствуют сохранению здоровья и благополучия населения, но также активно влияют на улучшение экологического состояния и биоразнообразия региона. Это стремление к интеграции различных научных направлений и практических аспектов поддерживается стремлением создать устойчивую и взаимосвязанную исследовательскую сеть, способствующую более глубокому пониманию и решению многогранных задач, стоящих перед южными областями Казахстана.

Ключевые слова: диагностика, микробиология, Big Data, биоразнообразие, корм, уголь.

Information about the authors

Nusipov Damir Asanovich – Researcher at the Research Institute for Sustainability of Ecology and Bioresources, Almaty, Kazakhstan, nusipov.damir@mail.com. *Contribution to the work*: review and writing of the coal

Kamenov Bekzat Kelbetuly – researcher at the Research Institute for “Sustainability of Ecology and Bioresources”, Almaty, Kazakhstan, kamenov01@bk.ru. *Contribution to the work*: review and writing of the feed

Kozhakhmetova Marzhan Khalidollaevna – Researcher at the Research Institute of Sustainability of Ecology and Bioresources, Almaty, Kazakhstan, marzhanur.7@mail.ru. *Contribution to the work*: review of all literature and analysis

Sherelkhan Dinara Kumishankyzy – researcher at the Research Institute of “Sustainability of Ecology and Bioresources”, Almaty, Kazakhstan, sherelkhandinara@gmail.com. *Contribution to the work*: writing a section on biodiversity

Altynbai Nazim Pernebaikyzy – researcher at the Research Institute of “Sustainability of Ecology and Bioresources”, Almaty, Kazakhstan, altynbaynazym@gmail.com. *Contribution to the work*: writing a section about Big Data

Narsha Uldana Abdisatarkyzy – a leading specialist, Almaty, Kazakhstan, dana-94n@mail.ru. *Contribution to the work*: discussions and comparison of data

Aimagambetov A.T. – Research Assistant of Research Institute «Ecology and Bioresources Sustainability», Almaty, Kazakhstan, anrayalan@gmail.com. *Contribution to the work*: assistance in drawing up an article plan

Arystanbekuly Birzhan – Research Assistant of Research Institute «Ecology and Bioresources Sustainability», Almaty, Kazakhstan, birzhanarystanbek@gmail.com. *Contribution to the work*: assistance in drawing up an article plan

Xiangrong Liu – Second-Level Professor, PhD Supervisor, Director of Coal Biotransformation Laboratory at Xi'an University of Science and Technology, Xi'an, China, liuxiangrongxk@163.com. *Contribution to the work*: distribution and regulation writing an article

Авторлар туралы мәліметтер

Нусипов Дамир Асанович – «Экология және биоресурстардың тұрақтылығы» ҒЗИ ғылыми қызметкері, Алматы, Қазақстан, nusipov.damir@mail.com. *Жұмысқа қосқан үлесі*: көмір бөліміне шолу және жазу

Каменов Бекзат Келбетұлы, «Экология және биоресурстардың тұрақтылығы» ҒЗИ ғылыми қызметкері, Алматы, Қазақстан, katenov01@bk.ru. *Жұмысқа қосқан үлесі*: жем туралы бөлімге шолу және жазу

Кожаметова Маржан Халидоллаевна – «Экология және биоресурстардың тұрақтылығы» ҒЗИ ғылыми қызметкері, Алматы, Қазақстан, marzhanur.7@mail.ru. *Жұмысқа қосқан үлесі*: ғылыми әдебиеттерге шолу

Шерелхан Динара Күмісханқызы – «Экология және биоресурстардың тұрақтылығы» ҒЗИ ғылыми қызметкері, Алматы, Қазақстан, sherelkhandinara@gmail.com. *Жұмысқа қосқан үлесі*: биоалуантүрлілік бөлімін жазу

Алтынбай Назым Пернебайқызы – «Экология және биоресурстардың тұрақтылығы» ҒЗИ ғылыми қызметкері, Алматы, Қазақстан, altynbaynazym@gmail.com. *Жұмысқа қосқан үлесі*: Big Data туралы бөлімін жазу

Нарша Ұлдана Әбдісатарқызы – жетекші маман, Алматы, Қазақстан, danna-94n@mail.ru. *Жұмысқа қосқан үлесі*: деректерді талқылау және салыстыру

Аймағамбетов А.Т. – «Экология және биоресурстардың тұрақтылығы» ҒЗИ кіші ғылыми қызметкері, Алматы, Қазақстан, anrayalan@gmail.com. *Жұмысқа қосқан үлесі*: мақала жоспарын құруға көмектесу

Арыстанбекұлы Біржан – «Экология және биоресурстардың тұрақтылығы» ҒЗИ кіші ғылыми қызметкері, Алматы, Қазақстан, birzhanarystanbek@gmail.com. *Жұмысқа қосқан үлесі*: мақала жоспарын құруға көмектесу

Сиангронг Лю – Екінші Деңгейлі Профессор, Phd Ғылыми Жетекшісі, Сиань Ғылым Және Технологиялар Университетінің Көмір Биотрансформациясы Зертханасының Директоры, Сиань, Қытай, liuxiangrongxk@163.com. *Жұмысқа қосқан үлесі*: мақала жазу жоспарын бөлу және жазу

Сведения об авторах

Нусипов Дамир Асанович – научный сотрудник НИИ «Устойчивости экологии и биоресурсов», Алматы, Казахстан, nussipov.damir@mail.com. *Вклад в работу*: обзор и написание отдела про уголь

Каменов Бекзат Келбетұлы – научный сотрудник НИИ «Устойчивости экологии и биоресурсов», Алматы, Казахстан,

kaenov01@bk.ru. *Вклад в работу:* обзор и написание отдела про корм

Кожаметова Маржан Халидоллаевна – научный сотрудник НИИ «Устойчивости экологии и биоресурсов», Алматы, Казахстан, marzhanur.7@mail.ru. *Вклад в работу:* обзор всей литературы и анализ подходящего материала

Шерелхан Динара Күмісханқызы – научный сотрудник НИИ «Устойчивости экологии и биоресурсов», Алматы, Казахстан, sherelkhandinara@gmail.com. *Вклад в работу:* написание раздела по биоразнообразию

Алтынбай Назым Пернебайқызы – научный сотрудник НИИ «Устойчивости экологии и биоресурсов», Алматы, Казахстан, altynbaynazym@gmail.com. *Вклад в работу:* написание раздела про Big Data

Нарша Улдана Абдисатарқызы – ведущий специалист, Алматы, Казахстан, dana-94n@mail.ru. *Вклад в работу:* обсуждение и сравнение данных

Аймагамбетов А.Т. – научный сотрудник Научно-исследовательского института «Экология и устойчивое использование биоресурсов», Алматы, Казахстан, anrayalan@gmail.com. *Вклад в работу:* помощь в составлении плана статьи

Арыстанбекұлы Біржан – научный сотрудник Научно-исследовательского института «Экология и устойчивое использование биоресурсов», Алматы, Казахстан, birzhanarystanbek@gmail.com. *Вклад в работу:* помощь в составлении плана статьи

Сиангронг Лю – профессор второго уровня, научный руководитель PhD, директор лаборатории биотрансформации угля Сианьского университета науки и технологий, Сиань, Китай, liuxiangrongxk@163.com. *Вклад в работу:* разделение и регулирование написания статьи

ПЕРЕВОД СТАТЬИ / МАҚАЛАНЫҢ АУДАРМАСЫ

***Нүсіпов Д.А.¹, Каменов Б.Қ.¹, Қожахметова М.Х.¹,
Шерелхан Д.Қ.¹, Алтынбай Н.П.¹, Нарша У.А.¹,
Аймағамбетов А.¹, Арыстанбекұлы Б.¹, Сянгрон Л.²***

¹«Экология және биоресурстардың тұрақтылығы» ҒЗИ, әл-Фараби атындағы ҚазҰУ, Алматы қ., Қазақстан

²Химия және химиялық инженерия колледжі, Сиань ғылым және технология университеті,

Сиань с., Қытай

ОҢТҮСТІК ҚАЗАҚСТАН ӨҢІРІН ТҰРАҚТЫ ДАМУҒА ҮШІН ИННОВАЦИЯЛЫҚ ТЕХНОЛОГИЯЛАРДЫ ӨЗІРЛЕУ ЖӘНЕ ЗАМАНАУИ ИНФРАҚҰРЫЛЫМ ҚҰРУ

Түйіндеме. Денсаулық сақтауды, биотехнологияларды және экологиялық тұрақтылықты дамыту жөніндегі ауқымды жобаны іске асыру шеңберінде Қазақстан Республикасының Арал-Сырдария өңірінің ғылыми-зерттеу бағдарламасы инновациялық технологияларды енгізу және халықтың тұрақты дамуын және өмір сүру сапасын едәуір жақсартуды қамтамасыз етуге қабілетті заманауи инфрақұрылымды құру сияқты өршіл міндеттерді іске асыруға бағытталған. Бұл бағдарлама өңірдің қазіргі заманғы сын-тегеуріндері мен қажеттіліктеріне барабар жауап бере алатын денсаулық сақтаудың тиімді және функционалдық жүйесін қалыптастыру үшін медицина, биотехнология және экологиялық ғылым саласындағы соңғы жетістіктерді біріктіруді көздейді. Зерттеулер мен өзірлемелерге мультидисциплинарлық көзқарас арқылы бағдарлама халықтың денсаулығы мен әл-ауқатын сақтауға ықпал етіп қана қоймай, сонымен қатар аймақтың экологиялық жағдайы мен биоөртүрлілігін жақсартуға белсенді әсер ететін бірегей ғылыми және технологиялық шешімдерді жасауға ұмтылады. Өртүрлі ғылыми бағыттар мен практикалық аспектілерді интеграциялауға деген бұл ұмтылыс Қазақстанның оңтүстік облыстарының алдында тұрған көп аспектілі міндеттерді тереңірек түсінуге және шешуге ықпал ететін тұрақты және өзара байланысты зерттеу желісін құруға деген ұмтылыспен қолдау табады.

Түйінді сөздер: диагностика, микробиология, Big Data, биоөртүрлілік, жем, көмір.

Кіріспе. Медициналық технологиялар мен ғылыми зерттеулердің жаһандануы жағдайында көптеген дамыған елдер молекулалық генетика, клиникалық зертханалық және аспаптық диагностика са-

ласындағы озық әзірлемелерді біріктіретін орталықтандырылған ірі зертханаларды құру тенденциясын көрсетуде. Бұл зертханалар медициналық қызметтердің сапасы мен тиімділігін айтарлықтай арттыруға ықпал ететін жасанды интеллект мүмкіндіктерін белсенді түрде пайдаланады. Қазақстанда, әсіресе оңтүстік өңірлерде диагностикалық қызметтердің кең спектрін ұсынуға қабілетті жоғары мамандандырылған консультациялық-амбулаториялық орталықтарды кезең-кезеңімен ашу қағидаттарына негізделген бұл тәсіл денсаулық сақтауды айтарлықтай жақсартуға мүмкіндік береді.

Арал өңірінде өмір сапасының негізгі көрсеткіші болып табылатын халықтың денсаулығына дағдарысқа дейінгі экологиялық жағдайға байланысты қауіп төніп тұр. Қоршаған ортаның жоғары ластануы сияқты қолайсыз факторлар, әсіресе Шымкент сияқты өнеркәсіптік қалалардағы көліктер шығарындылары жалпы ластанудың 70%-дан астамын құрайды, халықтың денсаулығына елеулі әсер етеді [1-2]. Зерттеулер көрсеткендей, Қазақстанның оңтүстік облыстарында денсаулық жағдайы 30% дерлік жағдайда нашар деп бағаланады. Бұл республиканың басқа аймақтарымен салыстырғанда бірнеше есе жоғары [3-5].

Молекулалық-генетикалық және зертханалық зерттеулер жұқпалы және жұқпалы емес аурулардың эпидемиологиясы аясында шешуші болып табылады. Бұл зерттеулер аурудың таралу механизмдерін түсінуді кеңейтіп қана қоймайды, сонымен қатар олардың алдын алу мен емдеуді бақылауда маңызды рөл атқарады. Жұмыстың ғылыми жаңалығы келесідей:

- Жоғары өнімді геномдық секвенирлеу және үлкен деректерді талдау жұқпалы емес аурулардың даму қаупін болжау үшін пайдаланылуы мүмкін генетикалық болжаушыларды зерттеуге мүмкіндік береді.

- Молекулалық-генетикалық зерттеулер эпидемиологиялық байланыстар мен инфекция көздерін анықтауға ықпал ететін геномдық және эпидемиологиялық деректердің интеграциясын қамтамасыз етеді.

- Пәнаралық тәсілді қолдану молекулалық биология мен генетикадан бастап клиникалық пәндер мен ақпараттық технологияларға дейінгі өртүрлі салалардағы мамандардың ынтымақтастығын қамтиды. Бұл ынтымақтастық нәтижелерді тереңірек және жан-жақты талдауға ықпал етеді, бұл емдеу стратегияларын оңтайландыруға және медициналық әсерлердің тиімділігін арттыруға ықпал етеді.

Молекулярлық-генетикалық, зертханалық-аспаптық зерттеу әдістерін біріктіре отырып, университет базасында көпфункционалды

зертхана құру және іске қосу сұранысқа ие және бәсекеге қабілетті болып табылады, себебі:

- Жаңа диагностикалық және емдік әдістердің дамуына ықпал ететін генетикалық вариациялар мен молекулалық жасушалық процестерді зерттеу арқылы медицинадағы молекулалық механизмдерді түсінуді кеңейту.

- Иммундық деңгейдегі бағалауға және іргелі зерттеулерді практикалық денсаулық сақтауға ықпал ететін клиникалық-иммунологиялық зертхана құру.

- Молекулалық маркерлерге негізделген онкологиялық аурулардың диагностикасын жақсарту, бұл онкологияны ерте анықтауға және тиімді терапияға көмектеседі.

Негізгі бөлім. Қазіргі заманғы денсаулық сақтауда медициналық ақпараттың қол жетімділігінің артуы және үлкен деректерді талдау әдістерінің дамуы жасанды интеллект мүмкіндіктерін едәуір жақсартты. ЖИ негізіндегі қуатты аналитикалық құралдар клиникалық маңызды ақпаратты анықтауға мүмкіндік беретін үлкен көлемдегі деректерді өңдей алады. Ол көбінесе медициналық жазбалар мен зерттеулердің қайталанбайтын саны арасында жасырылады. Бұл өз кезегінде медициналық көмектің сапасын жақсартудың кілті болып табылатын клиникалық шешімдерді неғұрлым негізделген және уақтылы қабылдауға ықпал етеді [2]. Қазақстанның оңтүстік өңірлерінде медициналық көмектің сапасын жақсартуды ғана емес, сонымен қатар жекелендірілген емдеу әдістерін әзірлеуге ықпал ететін жоғары технологиялық зерттеулер жүргізу үшін зертханалар құру аса маңызды болып табылады. Ауруларды ерте анықтау үшін дәл аспаптық әдістерді қолдану инновациялық технологиялармен жасанды интеллектпен біріктірілген геномдық медицинадағы прогресстің арқасында мүмкін болады [6-12].

Осылайша, геномдық медицина мен жасанды интеллекттің клиникалық тәжірибеге сәтті интеграциясы денсаулық сақтаудың жаңа көкжиегін ашады. Бұл бағыт ауруларды диагностикалаудың, бақылаудың және алдын алудың тиімді әдістерін әзірлеуге мүмкіндік беретін қазіргі заманғы медицина ғылымындағы ең перспективалы бағыттардың бірі болып табылады. Бұл технологияларды біріктіру пациенттердің медициналық нәтижелерін жақсартуға ғана емес, сонымен қатар сау ұлтты құруға ықпал ете отырып, қоғамдық денсаулықты айтарлықтай жақсартады.

Сонымен қатар оңтүстік аймақтың табиғи-климаттық ерекшелікте-

рін ескере отырып, биоалуантүрлілікті сақтаудың және тұрақты пайдаланудың ғылыми-инновациялық әдістерінің кешенін әзірлеуді зерттеу мүмкіндіктерін қарастырады. 1994 жылы Қ. А. Ясауи атындағы ХҚТУ аумағында 88 гектарлық Ботаникалық бақ құрылды, ол экологиялық жүктемені азайтуға және аймақтағы өсімдіктердің көбеюі үшін жағдайды жақсартуға бағытталған маңызды қадам болды. Бақшада Қазақстанның оңтүстігінің қатал климаттық жағдайларына бейімделген әлемнің түкпір-түкпірінен туыстас 59 топ, 28 отбасы және 127 түр ағаш, бұта, сәндік, жеміс-жидек және гүл өсімдіктері ұсынылған. Бұл биоәртүрлілікті сақтауға ықпал етеді және ботаника мен экологияны зерттеуге бірегей мүмкіндіктер береді. Университеттің зерттеу тобы өсімдіктердің физиологиясын, биохимиясын, фитопатологиясын және минералды қоректенуін зерттеудің әдістемелік базасын құру үшін белсенді жұмыс істейді. Осы зерттеулердің нәтижелері агроөнеркәсіптік жобаларда өз қолданысын тауып, алынған бірқатар патенттер мен ғылыми жарияланымдармен расталған жаңа технологиялардың дамуына ықпал етті [13-15]. Ұлттық ғылыми кеңестің осы әзірлемелерді мақұлдауы мен ұсынуы олардың жергілікті аграрлық ұйымдардың практикасына интеграциялануына ықпал етеді. Дегенмен, Арал-Сырдария өңірінің су ресурстарының сарқылуы, қоршаған ортаның ластануы, атмосфера сапасының нашарлауы және сортаңды жерлердің тозуы сияқты өзекті экологиялық сын-қатерлері одан әрі ғылыми зерттеулерді қажет етеді. Табиғи ресурстарды тұрақты пайдалану және қалпына келтіру үшін ғылыми-инновациялық әдістерді әзірлеу және енгізу қажет, оны ботаникалық бақ пен университеттің биология кафедрасы базасында зерттеу қызметін күшейту арқылы жүзеге асыруға болады.

Бұл бағдарлама өңірдегі экологиялық ахуалды жақсартуға жәрдемдесіп қана қоймайды, сонымен қатар тұрғындар арасында экологиялық сана мен білім деңгейін арттыра отырып, жасыл технологияларды дамытуға ықпал етеді. Біздің жобамыздың өзектілігі мен ғылыми жаңалығы Қазақстан тарихында Арал-Сырдария өңірінің азық-түлік, жемшөп және жайылымдық өсімдіктерінің, сондай-ақ карантиндік және арамшөп-рудералдық өсімдіктерінің гендік қорының алғашқы өңірлік кадастрларын әзірлеуде жатыр. Мұндай кадастрларды құру осы өсімдіктердің ресурстық әлеуетін бағалауға мүмкіндік береді және аймақтағы биоәртүрлілік пен экологиялық тепе-теңдікті сақтауға ықпал ететін олардың гендік қорын тұрақты басқаруға негіз болады.

Сонымен қатар, жоба зерттелетін аймаққа тән қатал қысы мен

құрғақшылығы бар құрғақ климат жағдайында мал шаруашылығын тұрақты дамытуға бағытталған. Сапалы өрескел жемшөптің тапшылығын экономикалық тұрғыдан тиімді өтеуге мүмкіндік беретін вегетативті режимде өсірілген қамыс сияқты балама өсімдік түрлерін пайдалану ұсынылады [16]. Жергілікті жем-шөп ресурстарына негізделген технологияның дамуы, атап айтқанда, тез дамып келе жатқан және жоғары биомассасы бар қамысты пайдалану сыртқы көздерге азықтық тәуелділіктің төмендеуіне ықпал етеді [17-20]. Бұдан басқа, зерттелетін аймақ орман ресурстарының шектеулі болуына және сексеуілді кесуге тыйым салуға байланысты қолжетімді және жоғары калориялы отынның жетіспеушілігі проблемасына тап болады. Шешім өсімдік қалдықтарын брикеттеу болуы мүмкін, бұл оларды қатты отын көзі ретінде пайдалануға мүмкіндік береді. Брикеттеу отынның тасымалдануын және сақталуын жақсартады, үйінді тығыздығын арттыру және ылғалдылықты азайту арқылы оның калориялық құндылығын арттырады, бұл оны пайдалануды тиімдірек және үнемді етеді [16-18, 20-21].

Бағдарлама жоғары білікті мамандарды даярлауға ықпал ететін озық жабдықтары бар орталықтандырылған ғылыми-зерттеу орталығын құруға бағытталған. Мақсаты-жаңа түрлерді өсіруді және агрошикізаттан инновациялық өнімдерді құруды қамтитын құрғақ жағдайларға бейімделген өнеркәсіптік маңызды агроөнеркәсіптік дақылдарды өсіру технологияларын әзірлеу. Бағдарламаның маңызды бөлігі ботаникалық бақтарды бақылауды қоса алғанда, ауыл шаруашылығында мелиорация және тәуекелдерді басқару саласында тиімді шешім қабылдауға ықпал ететін алгоритмдерді әзірлеу үшін Big Data және ЖИ қолдану болып табылады. Бұл технологиялар аграрлық тәжірибелердің дәлдігі мен тиімділігін арттыру үшін гетерогенді деректердің үлкен көлемін өңдеуге және талдауға көмектеседі.

Азық-түлікке жарамды, медициналық, жемшөп және жайылымдық өсімдіктердің, сондай-ақ карантиндік және арамшөп-рудералдық түрлердің гендік қорының өңірлік каталогын әзірлеуге ерекше назар аударылады, бұл әрбір түрдің паспортталуын және кешенді сипаттамасын қамтамасыз етеді. Бұл каталогтар аймақтың биоресурстарын тұрақты басқаруға негіз болады және аграрлық жерлерді пайдалануды оңтайландыруға мүмкіндік береді. Сонымен қатар, бағдарлама ауыл шаруашылығы саласының тұрақтылығы мен экономикалық тиімділігін арттыруға ықпал ететін агроөнеркәсіптік қалдықтар негізінде жаңа энергия тиімді материал әзірлеуді қамтиды. Бұл бағыт қалдықтарды

жоюға және агроөнеркәсіптік кешеннің экологиялық ізін азайтуға байланысты экологиялық мәселелерді шешу үшін маңызды.

Жобаның ғылыми жаңалығы негізгі молекулалық – генетикалық маркерлерді анықтау үшін олардың биохимиялық және физиологиялық жағдайын ғылыми талдауды қамтитын ыстыққа және құрғақшылыққа төзімді өсімдіктер үшін жаңа технологияларды құру және сынау болып табылады. Бұл зерттеулер патогендік жүктемені азайтатын және ауылшаруашылық дақылдарының өнімділігін арттыратын технологияларды дамытуға мүмкіндік береді. Бағдарлама сонымен қатар ара колонияларының жалпы денсаулығын жақсартуға және биоресурстарды басқарудың жаңа тәсілдерін әзірлеуге бағытталған, бұл аймақтағы агрономияның, биотехнологияның және IT-инженерияның тұрақты дамуына маңызды үлес қосады. Мұндай ғылыми-білім беру орталығын құру жергілікті және ұлттық деңгейде экологиялық, экономикалық және әлеуметтік сипаттағы негізгі проблемаларды шешуге қабілетті ғылыми мектепті қалыптастыруға мүмкіндік береді.

Сондай-ақ, бағдарлама аясында табиғатты қорғау және табиғатты пайдалану саласындағы барлық күш-жігердің негізі болып табылатын қоршаған ортаға үздіксіз мониторинг жүргізу жоспарлануда. Бұл мониторинг қоғамның тұрақты дамуын қамтамасыз ету үшін қажет. Бұл негізгі әрекет адамның және басқа организмдердің өмір сүру кеңістігінің экологиялық жағдайларын объективті бағалауға, сондай-ақ экожүйелердің жай-күйіне және олардың функционалдық тұтастығына талдау жасауға мүмкіндік береді [22-23]. Әлемнің дамыған елдерінде экологиялық мониторингті ұйымдастыру шеңберінде өңірлік ауқымға ерекше назар аударылады [24-25]. 80-жылдардың басынан бастап мемлекеттің экономикалық, әлеуметтік және саяси дамуын басқарудың табысты саясаты оның нақты аймақтарының ерекшеліктері мен қажеттіліктерін ескеруді талап ететіні белгілі болды [26]. Қазақстанның оңтүстік өңірлері бір мезгілде экологиялық тұрғыдан неғұрлым осал болып табылатын бірегей түрлік және биологиялық әртүрлілігімен ерекшеленеді [27]. Бұл, ең алдымен, бірегей биологиялық экожүйелер мен флора мен фаунаның сирек кездесетін, жойылып бара жатқан және эндемикалық түрлерінің көптігі қауіп төніп тұрған Орталық Азияның ірі өзендері - Сырдария мен Іле өзендерінің ағынының азаюы және ластануы аясында антропогендік факторлар мен климаттың өзгеруіне байланысты [28-29].

Бағдарлама ағымдағы жағдайды талдауға, ықтимал тәуекелдер мен қауіптерді, сондай-ақ Қазақстанның оңтүстік облыстарының негіз-

гі экожүйелеріне әсер ететін теріс үрдістерді анықтауға және жіктеуге бағытталған. Бұл бағдарлама әртүрлі әдістерді қолдануды көздейді: үздіксіз және дәл бақылауды қамтамасыз ету үшін далалық зерттеулер, зертханалық талдаулар, қоршаған ортаның микробиологиялық мониторингі және қашықтықтан зондтау. Сонымен қатар, жоба өзен суларының төмендеуі мен климаттың өзгеруі жағдайында мал шаруашылығы, ирригациялық егіншілік және рекреация сияқты салаларда жергілікті халықтың табиғи ресурстарды экологиялық тұрақты пайдалануының стратегияларын әзірлеуді қамтиды.

Адамдардың көптеген әрекеттері тұзды көлдерге қауіп төндіреді немесе оларға теріс әсер етті. Маңызды факторлар жер үсті ағыны, тау-кен өндірісі, ластану, экзотикалық түрлерді енгізу және климаттың өзгеруі болып табылады, бұл биоәртүрліліктің жоғалуына және лимнологиядағы үлкен өзгерістерге әкеледі [30]. Арал теңізінің дағдарысы-бұл аймақтағы экологиялық проблемалардың айқын мысалы, ауыр зардаптарға әкеледі [31]. Арал теңізінің сулары химиялық өзгерістерге ұшырады: Ca және SO_4 иондарының салыстырмалы үлесі төмендеді, ал Cl өсті [32]. Метеорологиялық деректер сонымен қатар Орталық Азиядағы жылдық және қысқы температураның жоғарылауын көрсетеді, бұл экожүйелерге, дақылдарға және денсаулыққа теріс әсер етуі мүмкін [33]. Сонымен қатар, аймақтағы топырақ пен судың ластануы да проблема болып табылады.

Ауыз судың микробиологиялық мониторингі нормативтік құжаттарға сәйкес жүзеге асырылады [34-37]. Микробиологиялық көрсеткіштер бойынша судың сапасын бағалау адамға және оның қызметіне байланысты микроорганизмдердің үлесін анықтауды қамтиды. Микробтардың негізгі көрсеткіштеріне микроорганизмдердің жалпы саны, жалпы колиформдар, термотолерантты колиформдар, күкіртредуцирлеуші клостридия споралары және колифагтар жатады.

Биосфераның дәрілік заттармен (ДЗ) ластануының негізгі көзі тұрмыстық және өндірістік ағынды сулар болып табылады. Зерттеулер көрсеткендей, муниципалды ағынды суларда ДЗ кең спектрі бар [38-48]. Ластанған сарқынды сулар проблемасы Қазақстан үшін маңызды, өйткені ауруханалар мен тұрғын аудандардағы ағынды сулар әдеттегі тазартудан кейін дәрілік заттарды алып тастамай қоршаған ортаға қайтарылады. COVID-19 пандемиясы кезінде ДЗ, соның ішінде антибиотиктерді тұтынудың артуы су ресурстарындағы ДЗ және олардың метаболиттерінің концентрациясының жоғарылауына әкелуі мүмкін. Қолданыстағы тазарту қондырғылары әрдайым тұрақты лас-

таушы заттарды, соның ішінде ДЗ-ны кетіре алмайды. Бұл зерттеудің жаңалығы Түркістан облысының табиғи және ағынды суларындағы ДЗ құрамын талдау болып табылады. Жоба Қазақстанда ластанған суларды экожүйеге қайтару мақсатында оларды тазарту әдістерін әзірлеуге бағытталған. Бұл судың сапасын бағалау және қоршаған ортаны сақтау үшін өте маңызды. Сондай-ақ, мембраналарды қолдана отырып, судағы ДЗ тазартудың жаңа әдістерін бейімдеу және суды тазарту станцияларының жұмысын жақсарту үшін нәтижелерді түсіндіру маңызды.

Зерттеудің қосымша перспективалы бағыты – төмен сортты көмір негізіндегі компост өндірісінің инновациялық технологиясын әзірлеу [49-51]. Бұл компост аммиак шығарындыларын азайту және өсімдіктерге азоттың қолжетімділігін арттыру арқылы тұрақты және үнемді болуға сенім береді. Ірі қара малдың көңі мен төмен сұрыпты көмірді бірге компосттау топырақтың денсаулығын қалпына келтіруге және дақылдардың өсуін ынталандыруға көмектеседі. Сонымен қатар, топырақтың өнімділігі мен құнарлылығын арттыру мақсатында қоңыр көмір, жауын құрттары мен микроорганизмдердің жасушаларын қамтитын поликомпонентті тыңайтқышты әзірлеу жоспарлануда.

Сонымен қатар, зерттеу тұзды топырақты қалпына келтіруге күшті синергетикалық әсер ететін төмен сұрыпты көмір мен бактериялық изоляттарға негізделген жаңа сайт – спецификалық топырақ қоспаларын әзірлеуді көздейді [52-53]. Бұл қоспалар әсіресе аймақтың тұзы бар және құнарсыз топырақтарында өсірілген дақылдар үшін пайдалы болады. Сондай-ақ, көмір күлі мен гуминді заттар негізінде инновациялық биотехнологиялық тыңайтқыштарды өндіру процесін әзірлеу және бағалау жоспарлануда. Бұл тыңайтқыш ерекше тиімділікпен топырақтың агрохимиялық сипаттамаларына ықтимал әсерімен сипатталады [54-55]. Көмір күлі мен гуминді заттарды ассоциативті өсуді ынталандыратын бактериялардың штамдарымен бірге қолдану топырақтың құнарлылығын жақсартуға көмектеседі.

Микробтық инокулянттар, сондай-ақ микробтық агенттер немесе микробтық тыңайтқыштар өсімдіктердің өсуіне және тұрақты экологиялық ортаны құруға арналған перспективті шешім болып табылады. Бұл сала қарқынды өсуде және 2026 жылға қарай оның көлемі 12 миллиард долларға жетеді деп күтілуде [56-59]. Дегенмен, осыған қарамастан, қоршаған орта факторлары және микробтық инокулянттар саласындағы ғылыми түсінік пен технологиялық жетістіктердің болмауы сияқты мәселелер әлі де бар. Топырақтағы синтетикалық

микробтық инокулянттардың синергетикалық әсер ету механизмдерін түсіну экологиялық өзгерістердің үлгілерін жасау және тиімдірек нәтижелерге қол жеткізу үшін қажет. Бұл зерттеулер азық-түлік қауіпсіздігі мен ауыл шаруашылығының тұрақты дамуын қамтамасыз ету арқылы жасыл биотыңайтқыштар саласындағы өрлеуге ықпал етеді. Бұл саладағы зерттеулердің өзектілігі тек белгілі бір мәселелерді шешуде ғана емес, сонымен қатар Арал-Сырдария аймағының интеграцияланған және тұрақты инновациялық дамуын қамтамасыз ете отырып, биологиялық ресурстарды басқарудың ғылыми-практикалық әдістерін әзірлеуде.

Қорытынды. Қазақстан Республикасы Арал-Сырдария өңірінің денсаулық сақтау, биотехнология және экологиялық тұрақтылықты дамыту жөніндегі ірі жобаларды іске асыру шеңберінде инновациялық технологияларды енгізу, өңірдің орнықты дамуын қамтамасыз етуге қабілетті заманауи инфрақұрылымды құру сияқты міндеттерді орындауға бағытталған және өмір сүру сапасын едәуір жақсарту алға қойылуы тиіс. Бағдарлама медицина, биотехнология, қоршаған орта туралы ғылым саласындағы соңғы жетістіктерді аймақтың заманауи сын-тегеуріндері мен қажеттіліктеріне барабар жауап бере алатын тиімді және функционалды денсаулық сақтау жүйесін қалыптастыру үшін біріктіруді қарастырады. Бағдарламаларды зерттеу мен әзірлеуге пәнаралық көзқараспен бағытталған бірнеше ғылыми-технологиялық шешімдер құру өз кезегінде халықтың денсаулығы мен әл-ауқатын сақтауға ықпал етіп қана қоймай, сонымен қатар экологиялық жағдайға оң әсер етеді. Бұл әртүрлі ғылыми пәндерді практикалық аспектілерді біріктіруге деген ұмтылыс Қазақстанның алдыңғы өңірінде тұрған көп қырлы мәселелерді тереңірек түсінуге және шешуге ықпал ететін тұрақты және өзара байланысты зерттеу желісін құруға деген ұмтылыспен нығайтылады.

Зерттеулерді қаржыландыру көзі.

Жұмыс «BR24992814 Оңтүстік Қазақстан өңірін тұрақты дамыту үшін инновациялық технологияларды әзірлеу және заманауи инфрақұрылым құру» ғылыми зерттеу жобасының аясында ҚР ҒЖБМ-ның қолдауымен орындалды.

Әдебиеттер

- 1 Альназарова А.Ш. Актуальность проблемы влияния вредных факторов окружающей среды Приаралья на заболеваемость населения // Новейшие научные достижения – 2009: матер. V междунар. научно-практ. конф. - София, 2009. -С.39-41.
- 2 Омарова Д.С., Бегун Д.Н., Булычева Е.В. Анализ здоровья населения в субъективных оценках (на примере Республики Казахстан) / Научно-практический рецензируемый журнал «Современные проблемы здоровья и медицинской статистики» 2024 г., № 1 Scientific journal «Current problems of health care and medical statistics» 2024 г., № 1 ISSN 2312-2935.
- 3 Askarov D.M., Amrin M.K., Izekenova A.K., Beisenbinova Z.B., Dosmukhametov A.T. Health Status and Quality of Life in the Population near Zhezkazgan Copper Smelter, Kazakhstan. J Environ Public Health. 2023 Jan 30;2023:8477964. doi: 10.1155/2023/8477964. PMID: 36755778; PMCID: PMC9902142.
- 4 Gulis G., Aringazina A., Sangilbayeva Z., Zhan K., de Leeuw E., Allegrante J.P. Population Health Status of the Republic of Kazakhstan: Trends and Implications for Public Health Policy. Int J Environ Res Public Health. 2021 Nov 22;18(22):12235. doi: 10.3390/ijerph182212235. PMID: 34831990; PMCID: PMC8621160).
- 5 Қазақстан Республикасы Денсаулық сақтау Министрлігі. 2022 жылда Қазақстан Республикасы халқының денсаулығы және денсаулық сақтау ұйымдарының қызметі статистикалық жинақ Астана 2023 стр 390.
- 6 Luppa P.B., Bietenbeck A., Beaudoin C., Giannetti A. Clinically relevant analytical techniques, organizational concepts for application and future perspectives of point-of-care testing. Biotechnol. Adv. 2016, 34, 139–160.
- 7 Hooker G.W. Building an infrastructure to enable delivery of genomic medicine. Am J Med Genet C Semin Med Genet. 2021;187(1):95–99. [PubMed: 33415801].
- 8 Engel N., Wachter K., Pai M., Gallarda J., Boehme C., Celentano I. Addressing the challenges of diagnostics demand and supply: Insights from an online global health discussion platform. BMJ Glob. Health 2016, 1, e000132. [CrossRef] [PubMed].
- 9 Mugambi M.L., Palamountain K.M., Gallarda, J., Drain P.K. Exploring the Case for a Global Alliance for Medical Diagnostics Initiative. Diagnostics 2017, 7, 8. [CrossRef] [PubMed].
- 10 Peeling R.W. Diagnostics in a digital age: An opportunity to strengthen health systems and improve health outcomes. Int. Health 2015, 7, 384–389. [CrossRef] [PubMed].
- 11 Shaw J. Practical challenges related to point of care testing. Pract. Lab. Med. 2016, 4, 22–29. [CrossRef] [PubMed].
- 12 Wiley K., Findley L., Goldrich M., et al. A research agenda to support the development and implementation of genomics-based clinical informatics tools and resources. Journal of the American Medical Informatics Association. 2022.
- 13 Патент Республики Казахстан на на полезную модель №8235. «Способ

защиты дыни от дынной мухи». Тойжигитова Б.Б., Салыбекова Н.Н., Аймбетова И.О.

14 Патент Республики Казахстан на изобретение № 36137. «Арша ағашының альтернариозын емдеу тәсілі». Салыбекова Н.Н., Апушев А.К., Аймбетова И.О., Юсупов Б.Ю., Исаев Г.И., Тойжигитова Б.Б., Бабаева Г.А., Сержанова А.Е.

15 Аймбетова И.О., Салыбекова Н.Н., Исаев Г.И. Разработка комплекса научно-инновационных методов сохранения и устойчивого использования биоразнообразия с учетом природно-климатических особенностей Арало-Сырдарьинского региона. Авторское свидетельство на научную работу № 44963. Дата публ. 22.04.2024г.

16 Чекалин С.В., Масалова В.А., Набиева С.В., Бабай И.В., Хусаинова И.В., Ишаева А.Н., Крекова Я.А. Выращивание древесных растений в питомниках различных регионов Казахстана. Вестник науки и образования. № 20 (74), Часть. Москва: Проблемы науки, 2019. С.20-26.

17 Карибаева К.Н., Мищенко А.Б., Гемеджиева Н.Г., Складенко С.Л., Родионов С.Л. Биоразнообразие и генетические ресурсы Казахстана // Завтра было поздно. Экологические риски Казахстана. – Алматы, 2021. – Глава 5. – С. 199 – 233.

18 Grudzinskaya L., Gemejiyeva N., Karzhaubekova Zh., Nelina N. Botanical coverage of the leading families of medicinal flora of Kazakhstan // BIO Web of Conferences 31, 00007 (2021): <https://doi.org/10.1051/bioconf/20213100007> Problems of Industrial Botany of Industrially Developed Regions 2021.

19 Апушев А.К., Юсупов Б.Ю., Салыбекова Н.Н. Адаптивный потенциал декоративных древесных культур в субаридных условиях Туркестанского региона // Астана Ботаникалық бағының 5-жылдығына арналған «Қазақстанның ботаникалық бақтары мен дендропарктерінің қазіргі жағдайы мен даму перспективалары» атты Халықаралық ғылыми-практикалық конференция материалдары 29 маусым, 2023. 17-23 бб.

20 Чекалин С.В. Эпигенетическая гомологическая изменчивость формы плодов растений, Алматы 2017.

21 Веселова П.В. Антропофильный элемент флоры пустынной части долины р. Сырдарья, Алматы, 2017.

22 Sultanbekov Z. K., Bukunova A. S., Gaʻsin A. B., Bortsova S. R., Batkulʼdina Z. N., & Konurbaeva, A. S. (2011). [Monitoring public health state in solving ecologic problems of cities]. Meditsina Truda i Promyshlennaiia Ekologiya, 6, 20–22.

23 Zhou K. F., Zhang Q., Chen X., & Sun L. (2007). Features and trends of the environmental change in the arid areas in Central Asia. Science in China, Series D: Earth Sciences, 50(SUPPL), 142–148. <https://doi.org/10.1007/s11430-007-5017-2>.

24 Barrientos R., Borda-de-Água L., Brum P., Beja P., & Pereira H. M. (2017). What's next? Railway ecology in the 21st century. Railway Ecology, 311–318. https://doi.org/10.1007/978-3-319-57496-7_19.

25 Awange J. (2018). Environmental surveying and surveillance. In

Environmental Science and Engineering (Subseries: Environmental Science) (Issue 9783319584171, pp. 59–95). Springer Berlin Heidelberg. https://doi.org/10.1007/978-3-319-58418-8_5.

26 Животовская И. Г. «Три десятилетия реформ образования в Европе: особенности модернизации образовательной системы» Актуальные проблемы Европы, no. 2, 2013, pp. 13-49. <https://cyberleninka.ru/article/n/tri-desyatiletiya-reform-obrazovaniya-v-evrope-osobennosti-modernizatsii-obrazovatelnoy-sistemy>.

27 Lamchin M., Lee W. K., Jeon S. W., Wang S. W., Lim C. H., Song C., & Sung M. (2018). Long-term trend and correlation between vegetation greenness and climate variables in Asia based on satellite data. *Science of the Total Environment*, 618, 1089–1095. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2017.09.145>.

28 Bolatova Z. (2023). Climate Change Impact on Agriculture of Almaty Region, Kazakhstan. In *Springer Proceedings in Earth and Environmental Sciences* (pp. 154–163). Springer Nature. https://doi.org/10.1007/978-3-031-26967-7_12.

29 Bao A., Yu T., Xu W., Lei J., Jiapaer G., Chen X., Komiljon T., Khabibullo S., Sagidullaevich X. B., & Kamalatdin I. (2024). Ecological problems and ecological restoration zoning of the Aral Sea. *Journal of Arid Land*, 16(3), 315–330. <https://doi.org/10.1007/s40333-024-0055-6>.

30 Williams W.D., 2002. Environmental threats to salt lakes and the likely status of inland saline ecosystems in 2025. *Environmental Conservation*, 2, 154–167.

31 Micklin P., 2007. The Aral Sea Disaster. *Annual Review Earth Planetary Sciences*, 35, 47–72.

32 Zavialov P.O., Ni A.A., Kudyshkin T. V., Ishniyazov D. P., Tomashevskaya I. G., Mukhamedzhanova D., 2009. Ongoing changes of ionic composition and dissolved gases in the Aral Sea. *Aquatic Geochemistry*, 15, 263–275.

33 Ibatullin S., Yasinsky V., Mironenkov A., 2009. The impact of climate change on water resources in Central Asia. Kazakhstan, Almaty: Sector report no. 6. Eurasian Development Bank, Lioubimtseva E., Colea, R., Adamsb J. M., Kapustinc G., 2005. Impacts of climate and land-cover changes in arid lands of Central Asia. *Journal of Arid Environments*, 62, 285–308.

34 ГОСТ 2761-84 – Источники централизованного хозяйственно-питьевого водоснабжения. Гигиенические, технические требования и правила выбора.

35 ГОСТ 2874-82 – Вода питьевая. Гигиенические требования и контроль за качеством.

36 СТ РК ИСО 8199-2006 - Общие требования по подсчету микроорганизмов, выращенных методом посева на питательной среде.

37 МУК 10.05.045-03 – Методические указания. Методы микробиологического контроля питьевой воды.

38 Evgenidou E.N., Konstantinou I.K., Lambropoulou D.A. Occurrence and removal of transformation products of PPCPs and illicit drugs in wastewaters: a review // 2015. *Sci. Total Environ.* №505, P.905-926.

39 Loraine G.A., Pettigrove M.E. Seasonal variations in concentrations of pharmaceuticals and personal care products in drinking water and reclaimed

wastewater in Southern California // 2006. Environ. Sci. Technol. №40, P.687-695.
40 Daughton C.G., Ternes T.A. Pharmaceuticals and personal care products in the environment: agents of subtle change? // 1999. Environ. Health Perspect. №107, P.907-938.

41 Homem V., Santos L. Degradation and removal methods of antibiotics from aqueous matrices: A review // 2011. J. Environ. Manag. №92, P.2304-2347.

42 Petrovic M., Skrbic B., Zivancev J., Ferrando-Climent L., Barcelo D. Determination of 81 pharmaceutical drugs by high performance liquid chromatography coupled to mass spectrometry with hybrid triple quadrupole-linear ion trap in different types of water in Serbia // 2014. Sci. Total Environ. №468-469, P.415-428.

43 Lopez-Serna R., Petrovic M., Barcelo D. Occurrence and distribution of multiclass pharmaceuticals and their active metabolites and transformation products in the Ebro River basin (NE Spain) // 2012. Sci. Total Environ. №440, P.280-289.

44 Houtman C.J., Kroesbergen J., Lekkerkerker-Teunissen K., van der Hoek J.P. Human health risk assessment of the mixture of pharmaceuticals in Dutch drinking water and its sources based on frequent monitoring data // 2014. Sci. Total Environ. №496, P.54-62.

45 Postigo C., Barcelo D. Synthetic organic compounds and their transformation products in groundwater: occurrence, fate and mitigation // 2015. Sci. Total Environ. №503-504, P.32-47.

46 Luo Y., Guo W., Ngo H.H., Nghiem L.D., Hai F.I., Zhang J., Liang S., Wang X.C. A review on the occurrence of micropollutants in the aquatic environment and their fate and removal during wastewater treatment // 2014. Sci. Total Environ. №473-474, P.619-641.

47 Vieno N.M., Tuhkanen T., Kronberg L. Seasonal variation in the occurrence of pharmaceuticals in effluents from a sewage treatment plant and in the recipient water // 2005. Environ. Sci. Technol. №39, P.8220-8226.

48 Oller I., Malato S., Sánchez-Pérez J.A. Combination of Advanced Oxidation Processes and biological treatments for wastewater decontamination—A review // Science of the total environment. 2011, №409. P. 4141-4166.

49 Chen D., Sun J., Bai M., Dassanayake K.B., Denmead O.T., Hill J. A new cost-effective method to mitigate ammonia loss from intensive cattle feedlots: application of lignite. Scientific Reports 2015, 5, 16689, doi:10.1038/srep16689.

50 Hao X., Chang C., Larney F.J. Carbon, nitrogen balances and greenhouse gas emission during cattle feedlot manure composting. J Environ Qual 2004, 33, 37-44, doi:10.2134/jeq2004.3700.

51 Impraim R., Weatherley A., Coates T., Chen D., Suter H. Lignite Improved the Quality of Composted Manure and Mitigated Emissions of Ammonia and Greenhouse Gases during Forced Aeration Composting. Sustainability 2020, 12, doi:10.3390/su122410528.

52 Ivushkin K., Bartholomeus H., Bregt A.K., Pulatov A., Kempen B., de Sousa L. Global mapping of soil salinity change. Remote Sensing of Environment 2019, 231, 111260, doi:https://doi.org/10.1016/j.rse.2019.111260.

- 53 Okur B., Örgen N. Chapter 12 - Soil salinization and climate change. In *Climate Change and Soil Interactions*, Prasad M.N.V., Pietrzykowski M., Eds.; Elsevier: 2020; pp. 331-350.
- 54 Sekhohola L.M., Igbinigie E.E., Cowan A.K. Biological degradation and solubilisation of coal. *Biodegradation* 2013, 24, 305-318, doi:10.1007/s10532-012-9594-1.
- 55 Skodras G., Kokorotsikos P., Serafidou M. Cation exchange capability and reactivity of low-rank coal and chars. *Open Chemistry* 2014, 12, 33-43, doi:10.2478/s11532-013-0346-9.
- 56 Sadvakasova A.K., Kossalbayev B.D., Token A.I., Bauenova M. O., Wang J., Zayadan B. K., Balouch, H., Alwasel S., Leong Y. K., Chang J. S., & Allakhverdiev S. I. (2022). Influence of Mo and Fe on Photosynthetic and Nitrogenase Activities of Nitrogen-Fixing Cyanobacteria under Nitrogen Starvation. *Cells*, 11.
- 57 Kossalbayev B.D., Zayadan B.K., Sadvakasova A.K., Bolatkhan K.K., Token A., & Wefag S. (2020). Study of the effect of nitrogen-fixing cyanobacteria on the growth rate of the Strawberry Sunrise T-4 strawberry variety. *Eurasian Journal of Ecology*, 64.
- 58 Wang J., Zhao S., Xu S., Zhao W., Zhang X., Lei Y., Zhai H., & Huang Z. (2023). Co-inoculation of antagonistic *Bacillus velezensis* FH-1 and *Brevundimonas diminuta* NYM3 promotes rice growth by regulating the structure and nitrification function of rhizosphere microbiome. *Frontiers in Microbiology*, 14.
- 59 Yang R., Wang J., Xu S., Zhao W., Liu H., Li Q., & Huang Z. (2018). Screening, identification and salt-tolerant characteristics of phosphate-solubilizing fungi. *Microbiology China*, 45(10).

References

- 1 Al'nazarova A.SH. Aktual'nost' problemy vliyaniya vrednykh faktorov okruzhayushhej sredy Priaral'ya na zabolevaemost' naseleniya // Novejshie nauchnye dostizheniya – 2009: mater. V mezhdunar. nauchno-prakt. konf. - Sofiya, 2009. -S.39-41.
- 2 Omarova D.S., Begun D.N., Bulycheva E.V. analiz zdorov'ya naseleniya v sub»ektivnykh otsenkakh (na primere Respubliki Kazakhstan) / Nauchno-prakticheskij retsenziruemyj zhurnal «Sovremennye problemy zdravookhraneniya i meditsinskoj statistiki» 2024 g., № 1 Scientific journal «Current problems of health care and medical statistics» 2024 g., № 1 ISSN 2312-2935.
- 3 Askarov D.M., Amrin M.K., Izenkova A.K., Beisenbinova Z.B., Dosmukhametov A.T. Health Status and Quality of Life in the Population near Zhezkazgan Copper Smelter, Kazakhstan. *J Environ Public Health*. 2023 Jan 30; 2023:8477964. doi: 10.1155/2023/8477964. PMID: 36755778; PMCID: PMC9902142.
- 4 Gulis G., Aringazina A., Sangilbayeva Z., Zhan K., de Leeuw E., Allegrante J.P. Population Health Status of the Republic of Kazakhstan: Trends and Implications for

Public Health Policy. *Int J Environ Res Public Health*. 2021 Nov 22; 18(22):12235. doi: 10.3390/ijerph182212235. PMID: 34831990; PMCID: PMC8621160).

4 Gulis G., Aringazina A., Sangilbayeva Z., Zhan K., de Leeuw E., Allegrante J.P. Population Health Status of the Republic of Kazakhstan: Trends and Implications for Public Health Policy. *Int J Environ Res Public Health*. 2021 Nov 22;18(22):12235. doi: 10.3390/ijerph182212235. PMID: 34831990; PMCID: PMC8621160).

5 Ministerstvo zdravookhraneniya Respubliki Kazakhstan. Statisticheskiy sbornik o sostoyanii zdorov'ya naseleniya Respubliki Kazakhstan i deyatel'nosti organizatsiy zdravookhraneniya v 2022 godu. Astana, 2023. S. 390.

6 Lupp P.B., Bietenbeck A., Beaudoin C., Giannetti A. Clinically relevant analytical techniques, organizational concepts for application and future perspectives of point-of-care testing. *Biotechnol. Adv.* 2016, 34, 139–160.

7 Hooker G.W. Building an infrastructure to enable delivery of genomic medicine. *Am J Med Genet C Semin Med Genet*. 2021; 187(1):95–99. [PubMed: 33415801].

8 Engel N., Wachter K., Pai M., Gallarda J., Boehme C., Celentano I. Addressing the challenges of diagnostics demand and supply: Insights from an online global health discussion platform. *BMJ Glob. Health* 2016, 1, e000132. [CrossRef] [PubMed].

9 Mugambi M.L., Palamouni K.M., Gallarda, J., Drain P.K. Exploring the Case for a Global Alliance for Medical Diagnostics Initiative. *Diagnostics* 2017, 7, 8. [CrossRef] [PubMed].

10 Peeling R.W. Diagnostics in a digital age: An opportunity to strengthen health systems and improve health outcomes. *Int. Health* 2015, 7, 384–389. [CrossRef] [PubMed].

11 Shaw J. Practical challenges related to point of care testing. *Pract. Lab. Med.* 2016, 4, 22–29. [CrossRef] [PubMed].

12 Wiley K, Findley L, Goldrich M, et al. A research agenda to support the development and implementation of genomics-based clinical informatics tools and resources. *Journal of the American Medical Informatics Association* 2022.

13 Patent Respubliki Kazakhstan na poleznuyu model' № 8235. «Sposob zashchity dyn' ot bakhchevoy mukhi». Toyzhigitova B.B., Salybekova N.N., Aimbetova I.O.

14 Patent Respubliki Kazakhstan na izobreteniyе № 36137. «Sposob bor'by s al'ternariom derev'yev mozhzhevel'nika». Salybekova N.N., Apushev A.K., Aimbetova I.O., Yusupov B.YU., Isayev G.I., Toyzhigitova B.B., Babayeva G.A., Serzhanova A.E.

15 Aimbetova I.O., Salybekova N.N., Isayev G.I. Razrabotka kompleksa nauchnykh i innovatsionnykh metodov sokhraneniya i ustoychivogo ispol'zovaniya bioraznoobraziya s uchetom prirodno-klimaticheskikh osobennostey Aralo-Syrdar'inskogo regiona. Avtorskoye svidetel'stvo na nauchnuyu rabotu № 44963. Data publikatsii. 22.04.2024.

16 Chekalin S.V., Masalova V.A., Nabyeva S.V., Babay I.V., Khusainova I.V., Ishayeva A.N., Krekova YA. A. Vyreshchivaniye drevesnykh rasteniy v pitomnikakh razlichnykh regionov Kazakhstana. *Vestnik nauki i obrazovaniya*. № 20 (74), Chast'. M.: Voprosy nauki, 2019. S.20-26.

- 17 Karibayeva K.N., Mishchenko A.B., Gemedzhiyeva N.G., Sklyarenko S.L., Rodionov S.L. Bioraznoobraziye i geneticheskiye resursy Kazakhstana // *Zavtra bylo pozdno. Ekologicheskkiye riski v Kazakhstane*. – Almaty, 2021. – Glava 5. – S. 199 – 233.
- 18 Grudzinskaya L., Gemejiyeva N., Karzhaubekova Zh., Nelina N. Botanical coverage of the leading families of medicinal flora of Kazakhstan // *BIO Web of Conferences* 31, 00007 (2021): <https://doi.org/10.1051/bioconf/20213100007> Problems of Industrial Botany of Industrially Developed Regions 2021.
- 19 Apushev A.K., Yusupov B.YU., Salybekova N.N. Adaptivnyy potentsial dekorativnykh drevesnykh kul'tur v subaridnykh usloviyakh Turkestanskogo regiona // *Materialy Mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii «Sovremennoye sostoyaniye i perspektivy razvitiya botanicheskikh sadov i dendroparkov Kazakhstana», posvyashchennoy 5-letiyu Astaninskogo botanicheskogo sada*, 29 iyunya, 2023. S. 17-23.
- 20 Chekalin S.V., *Epigeneticheskaya gomologicheskaya izmenchivost' formy plodov rasteniy*, Almaty 2017.
- 21 Veselova P.V., *Antropofil'nyy element flory pustynnoy chasti doliny r. Syrdar'ya*, Almaty, 2017 g.
- 22 Sultanbekov Z. K., Bukunova A.S., Gaïsin A.B., Bortsova S.R., Batkul'dina Z.N., & Konurbaeva, A. S. (2011). Monitoring public health state in solving ecologic problems of cities. *Medsina Truda i Promyshlennaia Ekologiya*, 6, 20–22.
- 23 Zhou K.F., Zhang Q., Chen X., & Sun L. (2007). Features and trends of the environmental change in the arid areas in Central Asia. *Science in China, Series D: Earth Sciences*, 50(SUPPL), 142–148. <https://doi.org/10.1007/s11430-007-5017-2>.
- 24 Barrientos R., Borda-de-Água L., Brum P., Beja P., & Pereira H. M. (2017). What's next? Railway ecology in the 21st century. *Railway Ecology*, 311–318. https://doi.org/10.1007/978-3-319-57496-7_19.
- 25 Awange J. (2018). Environmental surveying and surveillance. In *Environmental Science and Engineering (Subseries: Environmental Science)* (Issue 9783319584171, pp. 59–95). Springer Berlin Heidelberg. https://doi.org/10.1007/978-3-319-58418-8_5.
- 26 Zhivotovskaya I.G. «Tri desyatiletiya obrazovatel'nykh reform v Yevrope: osobennosti modernizatsii obrazovatel'noy sistemy» Aktual'nyye problemy Yevropy, № 2, 2013, str. 13-49. <https://cyberleninka.ru/article/n/tri-desyatiletiya-reform-obrazovaniya-v-evrope-osobennosti-modernizatsii-obrazovatel'noy-sistemy>.
- 27 Lamchin M., Lee, W. K., Jeon S. W., Wang S. W., Lim C. H., Song C., & Sung M. (2018). Long-term trend and correlation between vegetation greenness and climate variables in Asia based on satellite data. *Science of the Total Environment*, 618, 1089–1095. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2017.09.145>.
- 28 Bolatova, Z. (2023). Climate Change Impact on Agriculture of Almaty Region, Kazakhstan. In *Springer Proceedings in Earth and Environmental Sciences* (pp. 154–163). Springer Nature. https://doi.org/10.1007/978-3-031-26967-7_12.

- 29 Bao A., Yu T., Xu W., Lei J., Jiapaer G., Chen X., Komiljon T., Khabibullo S., *Sagidullaevich X. B., & Kamalatdin I.* (2024). Ecological problems and ecological restoration zoning of the Aral Sea. *Journal of Arid Land*, 16(3), 315–330. <https://doi.org/10.1007/s40333-024-0055-6>.
- 30 Williams W.D., 2002. Environmental threats to salt lakes and the likely status of inland saline ecosystems in 2025. *Environmental Conservation*, 2, 154–167.
- 31 Micklin P., 2007. The Aral Sea Disaster. *Annual Review Earth Planetary Sciences*, 35, 47–72.
- 32 Zavalov P.O., Ni A.A., Kudyskhin T.V., Ishniyazov D.P., Tomashevskaya I.G., Mukhamedzhanova D., 2009. Ongoing changes of ionic composition and dissolved gases in the Aral Sea. *Aquatic Geochemistry*, 15, 263–275.
- 33 Ibatullin S., Yasinsky V., Mironenkov A., 2009. The impact of climate change on water resources in Central Asia. Kazakhstan, Almaty: Sector report no. 6. Eurasian Development Bank, Lioubimtseva E., Colea R., Adams J. M., Kapustinc G., 2005. Impacts of climate and land-cover changes in arid lands of Central Asia. *Journal of Arid Environments*, 62, 285–308.
- 34 GOST 2761-84 – Istochniki tsentralizovannogo khozyaystvenno-pit'yevogo vodosnabzheniya. Gigiyenicheskiye, tekhnicheskiye trebovaniya i pravila otbora.
- 35 GOST 2874-82 – Voda pit'yevaya. Gigiyenicheskiye trebovaniya i kontrol' kachestva.
- 36 ST RK ISO 8199-2006 - Obshchiye trebovaniya k uchetu mikroorganizmov, vyrashchivayemykh metodom poseva na pitatel'nyye sredy.
- 37 MUK 10.05.045-03 – Metodicheskiye ukazaniya. Metody mikrobiologicheskogo kontrolya pit'yevoy vody.
- 38 Evgenidou E.N., Konstantinou I.K., Lambropoulou D.A. Occurrence and removal of transformation products of PPCPs and illicit drugs in wastewaters: a review // 2015. *Sci. Total Environ.* №505, P.905-926.
- 39 Loraine G.A., Pettigrove M.E. Seasonal variations in concentrations of pharmaceuticals and personal care products in drinking water and reclaimed wastewater in Southern California // 2006. *Environ. Sci. Technol.* №40, P.687-695.
- 40 Daughton C.G., Ternes T.A. Pharmaceuticals and personal care products in the environment: agents of subtle change? // 1999. *Environ. Health Perspect.* №107, P.907-938.
- 41 Homem V., Santos L. Degradation and removal methods of antibiotics from aqueous matrices: A review // 2011. *J. Environ. Manag.* №92, P.2304-2347.
- 42 Petrovic M., Skrbic B., Zivancev J., Ferrando-Climent L., Barcelo D. Determination of 81 pharmaceutical drugs by high performance liquid chromatography coupled to mass spectrometry with hybrid triple quadrupole-linear ion trap in different types of water in Serbia // 2014. *Sci. Total Environ.* №468-469, P.415-428.
- 43 Lopez-Serna R., Petrovic M., Barcelo D. Occurrence and distribution of multiclass pharmaceuticals and their active metabolites and transformation products in the Ebro River basin (NE Spain) // 2012. *Sci. Total Environ.* №440, P.280-289.
- 44 Houtman C.J., Kroesbergen J., Lekkerkerker-Teunissen K., van der Hoek J.P.

Human health riskassessment of the mixture of pharmaceuticals in Dutch drinking water and its sources based on frequent monitoring data // 2014.Sci. Total Environ. №496, P.54-62.

45 *Postigo C., Barcelo D.* Synthetic organic compounds and their transformation products in groundwater: occurrence, fate and mitigation // 2015.Sci. Total Environ.№503-504, P.32-47.

46 *Luo Y., Guo W., Ngo H.H., Nghiem L.D., Hai F.I., Zhang J., Liang S., Wang X.C.* A review on the occurrence of micropollutants in the aquatic environment and their fate and removal during wastewater treatment // 2014. Sci. Total Environ. №473-474,P.619-641.

47 *Vieno N.M., Tuhkanen T., Kronberg L.* Seasonal variation in the occurrence of pharmaceuticals in effluents from a sewage treatment plant and in the recipient water // 2005. Environ. Sci. Technol. №39, P.8220-8226.

48 *Oller I., Malato S., Sánchez-Pérez J.A.* Combination of Advanced Oxidation Processes and biological treatments for wastewater decontamination - A review //Science of the total environment. 2011, №409. P. 4141-4166.

49 *Chen D., Sun, J., Bai M., Dassanayake K.B., Denmead, O.T., Hill J.A.* New cost-effective method to mitigate ammonia loss from intensive cattle feedlots: application of lignite. Scientific Reports 2015, 5, 16689, doi:10.1038/srep16689.

50 *Hao X., Chang C., Larney F.J.* Carbon, nitrogen balances and greenhouse gas emission during cattle feedlot manure composting. J Environ Qual 2004, 33, 37-44, doi:10.2134/jeq2004.3700.

51 *Impraim R., Weatherley A., Coates T., Chen D., Sute H.* Lignite Improved the Quality of Composted Manure and Mitigated Emissions of Ammonia and Greenhouse Gases during Forced Aeration Composting. Sustainability 2020, 12, doi:10.3390/su122410528.

52 *Ivushkin K., Bartholomeus H., Bregt A.K., Pulatov A., Kempen B., de Sousa L.* Global mapping of soil salinity change. Remote Sensing of Environment 2019, 231, 111260, doi:https://doi.org/10.1016/j.rse.2019.111260.

53 *Okur B., Örgen N.* Chapter 12 - Soil salinization and climate change. In Climate Change and Soil Interactions, Prasad, M.N.V., Pietrzykowski, M., Eds.; Elsevier: 2020; pp. 331-350.

54 *Sekhohola L.M., Igbinigie, E.E., Cowan A.K.* Biological degradation and solubilisation of coal. Biodegradation 2013, 24, 305-318, doi:10.1007/s10532-012-9594-1.

55 *Skodras G., Kokorotsikos P., Serafidou M.* Cation exchange capability and reactivity of low-rank coal and chars. Open Chemistry 2014, 12, 33-43, doi:10.2478/s11532-013-0346-9.

56 *Sadvakasova A.K., Kossalbayev B.D., Token A.I., Bauenova M.O., Wang J., Zayadan B.K., Balouch H., Alwasel S., Leong Y.K., Chang J.S., & Allakhverdiev S.I.* (2022). Influence of Mo and Fe on Photosynthetic and Nitrogenase Activities of Nitrogen-Fixing Cyanobacteria under Nitrogen Starvation. Cells, 11.

57 *Kossalbayev B.D., Zayadan B.K., Sadvakasova A.K., Bolatkhan K.K., Token*

A., & Wefag S. (2020). Study of the effect of nitrogen-fixing cyanobacteria on the growth rate of the Strawberry Sunrise T-4 strawberry variety. Eurasian Journal of Ecology, 64.

58 Wang J., Zhao S., Xu S., Zhao W., Zhang X., Lei Y., Zhai H. & Huang, Z. (2023). Co-inoculation of antagonistic *Bacillus velezensis* FH-1 and *Brevundimonas diminuta* NYM3 promotes rice growth by regulating the structure and nitrification function of rhizosphere microbiome. Frontiers in Microbiology, 14.

59 Yang R., Wang J., Xu S., Zhao W., Liu H., Li Q. & Huang Z. (2018). Screening, identification and salt-tolerant characteristics of phosphate-solubilizing fungi. Microbiology China, 45(10).