



ISSN 1560-5655

Ұ Л Т Т Ы Қ
М Е М Л Е К Е Т Т І К
Ғ Ы Л Ы М И - Т Е Х Н И К А Л Ы Қ
С А Р А П Т А М А О Р Т А Л Ы Ғ Ы

НАЦИОНАЛЬНЫЙ ЦЕНТР
ГОСУДАРСТВЕННОЙ
НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКОЙ
Э К С П Е Р Т И З Ы



ҚАЗАҚСТАН ҒЫЛЫМЫНЫҢ ЖАҢАЛЫҚТАРЫ

ҒЫЛЫМИ-ТЕХНИКАЛЫҚ ЖУРНАЛ

НОВОСТИ НАУКИ КАЗАХСТАНА

НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ЖУРНАЛ

3
2025

Ұлттық мемлекеттік ғылыми-техникалық
сараптама орталығы

Национальный центр государственной
научно-технической экспертизы

**ҚАЗАҚСТАН ҒЫЛЫМЫНЫҢ
ЖАҢАЛЫҚТАРЫ**
ҒЫЛЫМИ-ТЕХНИКАЛЫҚ ЖУРНАЛ

**НОВОСТИ НАУКИ
КАЗАХСТАНА**
НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ЖУРНАЛ
№ 3 (166)

Алматы 2025

Межотраслевой научно-технический журнал «Новости науки Казахстана» (ISSN:1560-5655) издаётся с 1989 г. и выходит 4 раза в год. В журнале публикуются научные статьи фундаментального и прикладного характера, обзорные работы отечественных и зарубежных авторов. Язык публикаций: казахский, русский, английский.

Область публикаций: Биотехнологии и Химические технологии; Пищевая и перерабатывающая промышленность; Естественные науки, инжиниринг и технологии; Социально-гуманитарные науки.

Предназначен для профессорского-преподавательского состава Вузов, докторов PhD, магистрантов, студентов и сотрудников научно-исследовательских институтов, предприятий и организаций, а также работников министерств и ведомств.

РЕДАКЦИОННЫЙ СОВЕТ

Болегенова С.А., доктор физико-математических наук, профессор
(главный редактор)

Гребцова Л.Н. (редактор)

Сухова Е.С. (ответственный секретарь)

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ

Велямов М.Т., доктор биологических наук, профессор, академик Академии
сельскохозяйственных наук РК,

Акимбеков Н.Ш., PhD, профессор;

Тастамбек Қ.Т., доктор PhD;

Тасибеков Х.С., кандидат химических наук, асс. профессор;

Ханиев Б.А., доктор PhD;

Кистаубаева А.С., кандидат биологических наук, асс. профессор;

Акимбекова Г.У., доктор экономических наук, профессор, академик НААН;

Тауанов Ж.Т., доктор PhD, асс. профессор;

Абдиева Г.Ж., кандидат биологических наук, асс.профессор (доцент);

Тайпақова С.М., доктор философии (PhD), асс.профессор (доцент);

Джурупова Б.К., кандидат технических наук, профессор, (Кыргызстан);

Руткуниене Ж., доктор PhD, профессор, (Литва);

Славинская Н., доктор PhD, профессор (Германия);

Дигель И.Э., доктор PhD, профессор (Германия);

Джиан Джа, доктор PhD, профессор (Китай);

Рахматуллаев М.А., доктор технических наук, профессор, (Узбекистан).

Республика Казахстан, 050026, г. Алматы,

ул. Богенбай батыра, оф. 218

Тел/факс: +8 727 222-1102 (вн. 141), +7 727 378-0549

e-mail: l.grebtsova@ncste.kz, y.sukhova@ncste.kz

Веб-сайт: vestnik.nauka.kz

СОДЕРЖАНИЕ

БИОТЕХНОЛОГИИ И ХИМИЧЕСКИЕ ТЕХНОЛОГИИ

*Халилов И.М., Мухамадиев Б.Т., Мирзаева Ш.Ю.,
Зарманова О.О., Халилова Ф.М.*

Геронтология и подходы к замедлению старения людей
(на английском языке & перевод).....9

ПИЩЕВАЯ И ПЕРЕРАБАТЫВАЮЩАЯ ПРОМЫШЛЕННОСТЬ

Абдуазимов А.М., Вафоева М.Б.

Эффективность применения удобрений (на английском
языке & перевод)43

ЕСТЕСТВЕННЫЕ НАУКИ, ИНЖИНИРИНГ И ТЕХНОЛОГИИ

*Аймагамбетов А.Т., Кайыр Д.А., Арыстанбекулы Б.,
Аклёй Л., Жубанова А.А.*

Биовыщелачивание почвы микроорганизмами при
добыче металлов (на английском языке)64

Литовченко И.Н., Лютикова В.С.

Термодинамические параметры роев землетрясений (на
английском языке)81

<i>Садыков С.О., Орманбекова А.А., Жумахан Н.Б.</i> Система управления энергоэффективностью зданий в городской среде на основе IoT и интеллектуальных решений (на казахском языке).....	91
--	----

<i>Василевская О.Ф., Василевская Е.О., Бахшян А.И.</i> Разработка технологии очистки жидкой фазы хвостохранилища сорбции от мышьяка и цианидов....	106
--	-----

СОЦИАЛЬНО-ГУМАНИТАРНЫЕ НАУКИ

<i>Байзаков А.Т., Сагинаев М.Е.</i> «Марсианин» и римское право (на английском языке & перевод)	119
---	-----

<i>Амантаева А.К., Сейлхан А., Чилдибаев Ж.Б., Аксой А.</i> «Зеленая школа» – эффективное средство достижения целей устойчивого развития (на английском языке)	143
---	-----

ШАБЛОН НАПИСАНИЯ СТАТЬИ	158
-------------------------------	-----

МАЗМҰНЫ

БИОТЕХНОЛОГИЯЛАР ЖӘНЕ ХИМИЯЛЫҚ ТЕХНОЛОГИЯЛАР

*Халилов И.М., Мухамадиев Б.Т., Мирзаева Ш.Ю.,
Зарманова О.О., Халилова Ф.М.*

Геронтология және адамның қартаюын бәсеңдету
тәсілдері (ағылшын тілінде & аударма)9

ТАМАҚ ЖӘНЕ ӨНДЕУ ӨНЕРКӘСІБІ

Абдуазимов А.М., Вафоева М.Б.

Тыңайтқыштарды қолданудың тиімділігі (ағылшын
тілінде & аударма)43

ЖАРАТЫЛЫСТАНУ ҒЫЛЫМДАРЫ, ИНЖИНИРИНГ ЖӘНЕ ТЕХНОЛОГИЯЛАР

*Аймагамбетов А.Т., Кайыр Д.А., Арыстанбекұлы Б.,
Акләй Л., Жұбанова А.А.*

Металдар өндірудегі топырақтың микробиолеакциясы
(ағылшын тілінде)64

Литовченко И.Н., Лютикова В.С.

Қатайтылған қабаттың қаттылығы мен тереңдігін
анықтау әдістемесі (ағылшын тілінде)81

<i>Садыков С.О., Орманбекова А.А., Жұмахан Н.Б.</i> IoT және интеллектуалды шешімдер негізінде қалалық орта жағдайында ғимараттарды энергия тиімді басқару жүйесі.....	91
---	----

<i>Василевская О.Ф., Василевская Е.О., Бахшян А.И.</i> Сорбция қалдық қоймасының сұйық фазасын мышьяк пен цианидтерден тазарту технологиясын әзірлеу (орыс тілінде).....	106
---	-----

ӘЛЕУМЕТТІК-ГУМАНИТАРЛЫҚ ҒЫЛЫМДАР

<i>Байзаков А.Т., Сагинаев М.Е.</i> «Марсианин» және рим құқығы (ағылшын тілінде & аударма).....	119
--	-----

<i>Амантаева А.К., Сейлхан А., Чилдибаев Ж.Б., Аксой А.</i> «Жасыл мектеп» – тұрақты даму мақсаттарына жетудің тиімді құралы (ағылшын тілінде)	143
--	-----

МАҚАЛА ЖАЗУ ҮЛГІСІ	158
---------------------------------	------------

CONTENT

BIOTECHNOLOGY AND CHEMICAL TECHNOLOGY

*Khalilov I.M., Muxamadiyev B.T., Mirzayeva Sh.U.,
Zarmanova O.O., Khalilova F.M.*

Gerontology and ageing relationship approaches (translation
into Russian).....9

FOOD AND PROCESSING INDUSTRY

Abduazimov A.M., Vafoeva M.B.

Efficiency of fertilizer application (translation into
Russian)43

NATURAL SCIENCES, ENGINEERING AND TECHNOLOGY

*Aimagambetov A.T., Kaiyr D.A., Arystanbekuly B., Ackley L.,
Zhubanova A.A.*

Bioleaching process by organisms in metal mining.
Review.....64

Litovchenko I.N., Lyutikova V.S

Thermodynamic parameters of earthquake swarms81

<i>Sadykov S.O., Ormanbekova A.A., Zhumakhan N.B.</i> Energy efficiency management system for buildings in the urban environment based on IoT and intelligent solutions (in Kazakh)	91
--	----

<i>Vasilevskaya O.F., Vasilevskaya E.O., Bakhshyan A.I.</i> Development of a technology for purifying the liquid phase of a tailings storage facility from arsenic and cyanides (in Russian)	106
---	-----

SOCIAL AND HUMANITARIAN

<i>Baizakov A.T., Saginaev M.E.</i> «Martian» and roman law (translation into Russian)	119
---	-----

<i>Amantayeva A.K., Seilkhan A., Childibayev Zh.B., Aksoy A.</i> «Green school» as an effective tool for achieving sustainable development goals	143
--	-----

ARTICLE WRITING TEMPLATE	158
--------------------------------	-----

БИОТЕХНОЛОГИИ И ХИМИЧЕСКИЕ ТЕХНОЛОГИИ

IRSTI 34.39.51, 76.29.59

https://doi.org/10.53939/1560-5655_2025_3_9

**Khalilov I.M.¹, Muxamadiyev B.T.², Mirzayeva Sh.U.³,
Zarmanova O.O.³, Khalilova F.M.³**

¹Institute of Microbiology of the Academy of Sciences of the Republic of
Uzbekistan, Bukhara c., Uzbekistan

²Bukhara State Technical University, Bukhara c., Uzbekistan

³Bukhara State University, Bukhara c., Uzbekistan

GERONTOLOGY AND APPROACHES TO SLOWING DOWN THE AGING OF PEOPLE

Abstract. This article examines the main directions of gerontology and advanced methods aimed at slowing down the aging process. It reviews scientific developments in biological mechanisms, including cellular aging, telomere shortening, and mitochondrial dysfunction. It also analyzes the effectiveness of strategies such as gene therapy, regenerative medicine, and healthy lifestyles. The article highlights technological and social approaches aimed at managing aging, improving quality of life. Regenerative technologies, gene therapy, and a healthy lifestyle offer effective approaches to slowing down aging. Simple lifestyle changes, such as physical activity, low calorie intake, and stress reduction, can slow down the aging process. By widely applying them, it is possible to improve physical and mental health, extend life, and ensure healthy aging.

Keywords: gerontology, aging process gene therapy, regenerative technologies, mitochondrial dysfunction, healthy lifestyle, cellular aging, human lifespan extension.

Introduction. The aging process is an integral part of human biology, influenced by genetic, environmental, and social factors. The science of gerontology studies the causes of aging, its consequences, and methods aimed at improving the quality of life. Today, there is great interest in advanced approaches to slowing aging and extending life, including gene therapy, regenerative technologies, and research into the correction of mitochondrial dysfunction. This article aims to analyze the role of biotechnology and healthy lifestyle approaches in slowing aging.

Research methods. This study used several methodological approaches to study gerontology and aging. The research methodology includes the following main steps:

Analysis and synthesis method. The available scientific literature and

research results were reviewed to analyze the biological mechanisms of the aging process, including telomere shortening, mitochondrial dysfunction, and cellular senescence. These processes were analyzed and based on them, the effectiveness of gene therapy and regenerative technologies aimed at slowing aging was synthesized.

Statistical analysis. Available demographic data on the proportion of young and old people at the global and regional levels were analyzed. For example, data were used that 10% of the world's population is over 65 years old, and 25% is young. These statistics were used to assess the urgency of the aging problem.

Comparative analysis. A comparative analysis was conducted of the approaches of countries such as Uzbekistan and the United States to managing aging. For example, while the United States places great emphasis on regenerative technologies and gene therapy, Uzbekistan places primary importance on a healthy lifestyle and traditional medicine [1-3].

Induction and reduction method. Based on the results of various scientific studies aimed at slowing down aging, general theoretical conclusions were drawn (induction). At the same time, in order to study the aging process in depth, this complex system was divided into separate biological factors and their effects were analyzed (reduction).

Gerontology studies three main types of aging: natural, premature, and delayed.

Natural aging. This is the norm and corresponds to the biological processes of human life.

Premature aging. This is a serious problem that significantly reduces the quality of a person's life. It is manifested by loss of strength, a feeling of weakness, pain in the absence of diseases. This syndrome usually occurs in middle-aged and elderly people.

Slow aging. This type is the result of a healthy lifestyle and is characterized by longevity and life expectancy.

To prevent premature aging and maintain strength for many years, gerontologists from the Moscow center recommend starting preventive measures from the age of 35-40 [1-3].

According to United Nations estimates, the dynamics of the world population aged 60 and over in the second half of the 20th century and the beginning of the 21st century is as follows: National University of Uzbekistan Transformation of the Social Landscape and Social Structures of the Modern World 290 April 20, 2024 <https://nuu.uz/> International Scientific and Practical Conference In 1950, there were 205 million people, in 2000 - 600 million. In 2009, their number exceeded 737 million people. In 2009, the

average share of the population aged 60 and over was 10.8%. It was the smallest in Qatar and the UAE (1.9%), and the largest in Japan (29.7%). In 2019, the number of people over 65 years old was 705 million, the number of children under five was 680 million, which is due to declining birth rates in many countries. In 2019, the number of people over 80 was 143 million, and the number of people over 100 was 533,000, up from 151,000 in 2000. In 2021, the number of people over 60 exceeded one billion. As of October 1, 2021, the proportion of Japan's population aged 65 and over was 29.1 percent, 15 percent of those aged 75 and over, and 5.2 percent of those aged 85 and over. In the social science literature, scholars cite a number of theories describing the aging process [4-5].

For example:

1. The theory of disconnection understands aging as an inevitable mutual distance between an aging person and other individuals, leading to a decrease in interaction. This process can be initiated by the elderly person or by the social environment surrounding them. This theory assumes a decrease in social ties between the elderly person and society.

2. Disengagement theory describes the process by which people withdraw from social life as they age and grow older. This theory suggests that over time, adults abandon or abandon the social roles and relationships that were central to their adult lives. As a functionalist theory, this framework views the process of disengagement as necessary and beneficial to society because it allows the social system to remain stable and orderly.

3. Dissociation theory. This theory was developed by sociologists Elaine Cumming and William Earl Henry and presented in their book "Aging" published in 1961. It is notable for being the first social theory of aging and for its somewhat controversial acceptance, it has stimulated the development of social science research and theories about older people, their social relationships, and their role in society. It is also a social system discussion of the aging process and the evolution of the social lives of older people, and is inspired by functional theory. In fact, the prominent sociologist and leading functionalist Talcott Parsons wrote the foreword to Cumming and Henry's book [6]. .

In terms of their own theory, Cummings and Henry situate aging within a social system and propose a series of stages that describe how dissociation occurs with age and why it is important and beneficial for the entire social system. They developed their theory based on data from the Kansas City Adult Life Study and the results of empirical research conducted by the University of Chicago at the National University of Uzbeki-

stan Transformation of the Social Landscape and Social Structures of the Modern World 291 April 20, 2024 <https://nuu.uz/> International Scientific and Practical Conference. Accordingly, these researchers created the following nine postulates of the “dissociation theory”:

1. As people age, they lose their connections with others. This is because the aging process creates a sense of anticipation of death in the psyche. As a result, people gradually lose the ability to communicate with their loved ones.

2. During the aging process, people become free from social norms that regulate relationships. Naturally, the loss of connection with social norms intensifies the process of disconnection from them.

3. The process of separation differs for men and women due to their different social roles.

4. The process of separation arises from the desire of the individual to fully fulfill his social roles, but not to lose skills and abilities and damage his reputation. At the same time, those who are free among the youth are trained to develop the knowledge and skills necessary to fulfill the roles they play.

5. Complete separation occurs when both the individual and society are ready for it. Separation between them occurs when one is ready and the other is not.

6. People who are separated take on new social roles in order not to suffer from an identity crisis or to fall into depression.

7. When a person realizes that he has a short time left in his life and no longer wants to fulfill his social roles, he is ready to give up; and society allows separation to provide employment for those who have reached adulthood.

8. As a result of separation, roles in social relations, statuses, and even the hierarchical position in society can change.

9. Separation associated with old age occurs in one form or another in all cultures.

However, it is determined and evaluated by the standards of the sociocultural environment in which it occurs. Based on these postulates, Cummings and Henry propose that older people are happier when they accept and willingly accept the process of separation. Nevertheless, the “dissociation” theory has been the subject of much debate and criticism since its publication.

Some critics have argued that it is a flawed social science theory, since Cummings and Henry assume that the process is natural, innate,

and inevitable, as well as universal. In a fundamental conflict in sociology between functionalists and other theorists, some have argued that the theory completely ignores the role of class in shaping the experience of aging, while others have criticized the assumption that older people are not involved in this process. Perhaps they are adaptive tools of the social system. Furthermore, based on subsequent research, others have argued that the theory of separation fails to capture the complex and rich social lives of older people and the many forms of attachment that occur after retirement [7-13].

The famous modern sociologist Arlie Hochschild has also published critical articles on this theory. He believes that this theory is wrong because it contains an “escape clause” and considers those who do not change their minds to be problematic people. He also criticized Cummings and Henry for failing to provide evidence that divorce is voluntary. As a result of this critical relationship, although he remained committed to Cumming’s theoretical position, Henry later rejected it in subsequent publications and advanced to later alternative theories, including activity theory and continuity theory. The “activity theory” is an alternative to the “separation theory”, raising the issue of its ethical relevance, and assumes that people retain the same needs and desires as they enter old age, and that they resist all attempts to exclude them from society in middle age. According to it, the elderly should be viewed as a minority group of the population with a low socio-economic status. The theory of “subculture” is also of particular importance in the study of the elderly as a specific social group in society.

This theory focuses on the following two aspects:

1. Closeness of older people to each other.
2. Interaction of older people with other social groups

Both of these aspects require us to view the interactions of older people as a distinct subculture. Indeed, a sense of community towards and in old age is the basis for the emergence of an elderly subculture. The “Age Stratification Theory” also plays an important role in describing the elderly as a social group. According to it, taking into account the division of society by age and social relations, it helps to explain the characteristics of different generations, including older and younger generations, and emphasizes the lifestyle and common features inherent in a particular age group. It follows that each generation of elderly people is unique and has only its own unique experience. The “Multigenerational Theory of Citizenship” calls for each generation to participate in the formation of the social

world, viewing it as a continuous, ongoing process. The theories and considerations discussed above provide a systematic understanding of the specificity of the aging process, and assume that the unique individuality of the individual as a person and its fuller disclosure are at the center of the care of the family, society, and the state [14-15].

Biological mechanisms of aging, in particular telomere shortening and mitochondrial dysfunction, are considered to be the main causes of aging. Telomere shortening leads to a restriction of cell division, which causes cell aging and functional deterioration of organs. At the same time, mitochondrial dysfunction slows down energy production processes, which accelerates aging. A healthy lifestyle, including low calorie intake, regular physical activity, and stress management, is an important factor in slowing the aging process, and its effect has been confirmed by scientific studies. Studies have shown that adhering to a healthy lifestyle has a positive effect on the physical and mental aspects of aging.

The biological mechanisms of aging, in particular telomere shortening and mitochondrial dysfunction, are being analyzed as key areas for slowing aging. Telomere shortening is associated with the cessation of cell division, and the scientific basis for increasing telomere length through the enzyme telomerase to delay this process is being strengthened. Preventing mitochondrial dysfunction may be an effective way to restore cellular energy and reduce oxidative stress. These studies are opening up new opportunities for aging management. The role of gene therapy in slowing aging is very important. Using CRISPR-Cas9 technology, telomerase and other aging-related genes can be activated through genetic modifications. Studies show that these technologies have a positive effect on slowing aging and help reduce the biological age of the organism. However, many scientific and ethical issues need to be resolved to implement these technologies. Stem cell therapy holds great promise in the development of regenerative technologies. These technologies can be used to renew cells and tissues, including signs of aging, skin and bones. The role of stem cell therapy is increasing, because these methods can restore many functions in the body. Therefore, the development of regenerative medicine is seen as an effective way to manage aging. The role of a healthy lifestyle in slowing down aging is very important. Studies show that calorie restriction and regular physical activity help slow down aging [16-20]. Reducing stress, eating right, and exercising can affect the longevity of the body. At the same time, following a healthy lifestyle not only improves physical but also mental health. In the USA, the widespread use of regenerative

technologies and gene therapy is showing high effectiveness in managing aging. In Uzbekistan, approaches based on a healthy lifestyle and traditional medicine are more widely used. However, the development of innovative technologies is also seen as a promising direction in Uzbekistan. This means that there is a great need for the development of new scientific research and technologies in the field of regenerative medicine and gene therapy in Uzbekistan. It would be useful to consider the possibilities of applying scientific and technological achievements in the field of gerontology. For example, to analyze the importance of stem cell therapy not only in slowing down aging, but also in treating various age-related diseases. It is possible to analyze in more depth the ethical issues of using the potential of gene therapy in slowing down aging. It would be appropriate to consider what safety and ethical norms need to be taken into account when implementing these methods in the clinic. It is also possible to highlight the social and economic significance of slowing down aging. It is very important to analyze the economic effects of innovative technologies for slowing down aging and how they affect changes in the social system.

This will help, in particular, to determine the place of strategies aimed at improving the health of the elderly in public policy. To study the work and approaches carried out around the world to manage and slow down aging, and to compare the opportunities in Uzbekistan or other countries. At the same time, to show the specific features of development in this area in Uzbekistan, in comparison with other countries. The most pressing problems facing geriatrics are studying the specific aspects of the emergence, course, and development of various diseases in the elderly and preventing them; identifying the processes that cause aging, taking rejuvenation measures; and organizing medical and social assistance services for the elderly and the elderly [20].

It is noted that while age-related changes are inevitable, there are certain dietary and lifestyle habits that can help slow down the process.

So, nutritionist Ronald Smith recommends limiting your sugar intake. "If you want to live a long and healthy life, try to avoid unhealthy foods like cookies or sweets as much as possible", he says.

Including fish in your diet is also good for your health. "Fish is rich in omega-3 acids, which protect the body from diseases and help fight heart problems, depression and even cancer," says the doctor.

Nutritionist Lisa Young recommends including plenty of fruits and vegetables in your diet, especially berries, citrus fruits, greens, carrots, and bell peppers. "They're rich in antioxidants and fiber, which help fight the

negative effects of aging,” she says.

He also recommends replacing meat with plant-based protein sources. “Including more plant-based foods can help slow the aging process by lowering cholesterol levels, stabilizing blood sugar levels, and reducing inflammation in the body,” says Yang (Figure 1).



Figure 1 – The aging process

One of the biggest problems associated with aging is dehydration.

“As we age, many of the systems that retain fluid begin to deteriorate, such as the kidneys, and some age-related medications can lead to increased dehydration,” says dietitian Trista Best. He added that it is important to drink enough water and also to eat more products that contain a lot of fluid - cucumbers, zucchini, tomatoes, strawberries and watermelon.

In fact, aging is an inevitable process, but it can be slowed down.

To do this, you will need to make changes to your lifestyle and habits. They will not only improve the external signs of aging, but also the internal state of the body. Below are 5 habits to maintain youth and beauty for as long as possible.

Keep your skin hydrated. The drier your skin, the more likely it is to develop wrinkles. Dryness can lead to premature aging of the skin. Choose cosmetics based on your skin type and needs. It is also said that if you do not drink enough water, no amount of moisturizer will help.

Use sunscreen all year round. A common mistake people make is to only apply SPF when the sun is directly overhead. Even on cloudy days, when the sun is not visible, UV rays can still affect the skin, causing age

spots and wrinkles. If you make SPF a part of your daily routine, your skin will thank you.

Learn to manage stress. It has been scientifically proven that stress and aging are linked. Constant nervousness can shorten your life by an average of 3-6 years. Make it a habit to take time for your nervous system every day. Do breathing exercises, meditation. These exercises will take 30 minutes of your time. In addition, adding adaptogens to your diet - natural plant substances that help you adapt to various stressful situations and reduce their impact on the body - will also give good results.

Don't forget about healthy fats. A balanced diet should include both carbohydrates and proteins, but when it comes to maintaining youth, fats are also useful. Nuts, avocados, salmon and vegetable oils are rich in vitamins A and E, and fatty acids 3 and 6. Vitamins are powerful antioxidants that protect the body from free radicals and not only prevent the external signs of aging, but also help maintain internal youth. Omega-fatty acids increase skin elasticity and prevent wrinkles.

Limit sugar intake. Excess sugar is as dangerous for the skin as ultraviolet radiation. It not only causes acne and allergic reactions, but also ages the skin from the inside. Glucose molecules that enter the body react with protein compounds, including collagen and elastin. These fibers become thinner, lose their elasticity, and as a result, wrinkles increase and the skin loses tone. Experts recommend completely abandoning added sugar and eating sweet fruits with caution.

Choose natural and "real" products. First, avoid processed foods, which have had most of their vitamins and nutrients removed during the manufacturing process and are loaded with toxins and hidden sugars. Instead of processed foods, buy whole meat, fish, poultry, vegetables, fruits, and nuts. Eat less, but slowly. It has been scientifically proven that restricting calories prolongs life. Eating slowly helps nutrients to be better absorbed and digested, and also ensures a balance of intestinal flora, which is very important for protecting the immune system. Fruits and vegetables are the foundation of a healthy diet. They provide our bodies with prebiotics and antioxidants that fight some of the effects of aging. Although most people are well aware of the benefits of fruits and vegetables, we usually do not have enough of these benefits on our tables. Instead, we often end up with meat or processed foods.

Include herbs and spices in your diet. Aromatic spices have antioxidant, digestive, disinfecting, anti-glycation and anti-inflammatory properties, and other beneficial properties. Turmeric, cinnamon, basil, ginger,

garlic, rosemary, coriander, cardamom, cumin and mustard are especially useful. They will not only diversify your diet, but also help maintain youth. Eat less, but high-quality meat, fish and poultry. For good health and vitality, you need only 0.8-1 gram of animal protein per kilogram of body weight. In general, this means eating meat, fish or poultry once a day. The main thing is to find quality products that do not contain hormones and antibiotics. It is important that the main share of the anti-aging diet is made up of plant products (vegetables, grains, nuts), which also contain protein. To look younger and feel more energetic, you need to not only balance your diet, but also regulate your sleep schedule and get into the habit of regular physical activity. Otherwise, no “rejuvenating apple” will work [10-15].

Margarine, sausages and other products that accelerate the aging of the body.

Margarine. Margarine is high in trans fats, which increase the risk of chronic diseases. In addition, there is a connection between this type of fat and the disruption of the water balance in the body. Chronic dehydration can also lead to premature aging of body parts and the appearance of wrinkles.

Convenience Foods. Convenience foods that seem like they can save you time by simply heating them in the microwave before eating are often loaded with salt. They may seem like they help you get things done, but they are actually bad for your health. Consuming these foods in excess can lead to swelling and skin problems.

Energy drinks. Morning energy loss can be related to lack of sleep and late bedtimes. If you don't want to age ten years earlier, it's recommended to avoid these harmful drinks. The fact is that energy drinks, due to their high sugar, caffeine, sodium, and acid content, have a negative effect on the digestive system, in addition to tooth enamel. And since they increase urination, dehydration occurs in the body.

Sweets. It is very important to know the norm of sugar consumption, as it is the number one enemy that leads to premature aging. The fact is that excess glucose, in addition to increasing the risk of chronic diseases and diabetes, also contributes to the nutrition of cancer cells.

High Glycemic Index Foods. The rapidly digestible carbohydrates found in bread, pasta, and other white flour products can cause blood sugar levels to spike. Scientists have long established a link between high glycemic index foods and premature aging. If you have acne and skin problems, it is recommended to change the foods in your diet [1-3].

Alcohol. Consumption of alcohol leads to radical changes in the body, especially a deficiency of vitamin A, which is responsible for cell renewal.

Sausages and other meat products. Recent studies have shown that nitrates and nitrites in sausages and other similar products increase the risk of cancer. These substances cause oxidation of cells in the body and changes in their DNA. This process is extremely dangerous for the skin of the face. Therefore, it is recommended to eat natural meat products rich in protein instead of sausages and hot dogs (Figure 2).

Travel could be the best defence against ageing.



Figure 2 – Healthy lifestyle against aging

Forget about retinol night creams, researchers from Edith Cowan University (ECU) believe travel could be the best way to defy premature ageing. For the first time, an interdisciplinary study has applied the theory of entropy to tourism, finding that travel could have positive health benefits, including slowing down the signs of ageing. Entropy is classified as the general trend of the universe towards death and disorder. The entropy perspective suggests that tourism could trigger entropy changes, where positive experiences might mitigate entropy increase and enhance health, while negative experiences may contribute to entropy increase and compromise health.

Ms Hu noted that positive travel experiences could enhance individuals' physical and mental wellness through exposure to novel environments, engagement in physical activities and social interaction, and the fostering

of positive emotions. These potential benefits have been acknowledged through practices such as wellness tourism, health tourism, and yoga tourism. “Tourism isn’t just about leisure and recreation. It could also contribute to people’s physical and mental health,” Ms Hu added.

Travel therapy: Slowing down the clock. Travel therapy could serve as a groundbreaking health intervention when viewed through an entropy lens, she added. As an important aspect of the environment, positive travel experiences may help the body sustain a low-entropy state by modulating its four major systems. Tourism typically exposes people to new surroundings and relaxing activities, and novel settings can stimulate stress responses and elevate metabolic rates, positively influencing metabolic activities and the body’s self-organising capabilities. These contexts may also trigger an adaptive immune system response. Ms Hu said that this reaction improves the body’s ability to perceive and defend itself against external threat [21].



Figure 3 – Journey into Life Extension

“Put simply, the self-defence system becomes more resilient. Hormones conducive to tissue repair and regeneration may be released and promote the self-healing system’s functioning.” “Leisurely travel activities might help alleviate chronic stress, dampen overactivation of the immune system, and encourage normal functioning of the self-defence system. Engaging in recreation potentially releases tension and fatigue in the muscles and joints. This relief helps maintain the body’s metabolic balance and increases the anti-wear-and-tear system’s effectiveness. Organs and

tissues can then remain in a low-entropy state,” Ms Hu explained (Figure 3

Travel encompasses physical activities such as hiking, climbing, walking, and cycling. Physical exertion can boost metabolism, energy expenditure, and material transformation, all of which help coordinate self-organising systems. “Participating in these activities could enhance the body’s immune function and self-defence capabilities, bolstering its hardiness to external risks. Physical exercise may also improve blood circulation, expedite nutrient transport, and aid waste elimination to collectively maintain an active self-healing system. Moderate exercise is beneficial to the bones, muscles, and joints in addition to supporting the body’s anti-wear-and-tear system,” Ms Hu said. On the flip side, the research has pointed out that tourists could face challenges such as infectious diseases, accidents, injuries, violence, water and food safety issues, and concerns related to inappropriate tourism engagement. “Conversely, tourism can involve negative experiences that potentially lead to health problems, paralleling the process of promoting entropy increase. A prominent example is the public health crisis of COVID-19.” [22-26]

Conclusion. In conclusion, Gerontology and slowing down aging are among the most promising areas of modern medicine. Studies have shown that aging is closely related to biological processes, and mechanisms such as telomere shortening, mitochondrial dysfunction, and cellular senescence accelerate this process. At the same time, regenerative technologies, gene therapy, and a healthy lifestyle offer effective approaches to slowing down aging. At the same time, it is necessary to further develop aging management strategies on a global scale, introduce innovative technologies, and widely promote a healthy lifestyle. These approaches can not only slow down aging, but also improve the quality of life in general. In addition, the role of a healthy lifestyle in slowing down aging is extremely important. Simple lifestyle changes, such as physical activity, low calorie intake, and stress reduction, can slow down the aging process. By widely applying them, it is possible to improve physical and mental health, extend life, and ensure healthy aging.

References

- 1 López-Otín C., Blasco M.A., Partridge L., Serrano M., & Kroemer G. (2013). The Hallmarks of Aging.
- 2 López-Otín C., & Kroemer, G. (2021). Hallmarks of health.
- 3 Kirkwood T.B. L., & Austad S.N. (2000). Why do we age? *Nature*, 408(6809)
- 4 Saeed M., & Fatima, S. (2020). Regenerative Medicine in Aging: Role of Stem Cells and Molecular Mechanisms. *Aging and Disease*.
- 5 Schermerhorn T. (2017). Anti-aging and Longevity: The Potential of Stem Cells and Regenerative Medicine. *Journal of Stem Cell Research & Therapy*.
- 6 Dufresne L., & Moreau A. (2019). Telomerase Therapy: A New Frontier in Aging. *Journal of Molecular Biology and Biotechnology*.
- 7 Langer R., & Vacanti J.P. (2013). Tissue Engineering: The Challenges of Regenerative Medicine. *Science*, 260(5112), 920-926.
- 8 Walker, R. W., & Hays, D. A. (2017). Social Aspects of Aging: Policies, Programs, and Challenges. *Journal of Gerontology*.
- 9 Gendron T.L., & Parra D. (2015). Aging and the Immune System: From Discovery to Therapeutic Approaches. *Journal of Immunology Research*.
- 10 Blasco M.A., & Lee H.W. (2003). Telomere Length and Telomerase in Aging and Disease.
- 11 Kholostova YU.I. Sotsial'naya rabota s pozhilymi lyudmi / Uchebnik. – Mo-skva: Izdatelstvo Dashkov I. K, 2019.
- 12 The Social Connectedness of Older Adults: A National Profile. *American Sociological Review* 2008.
- 13 Zaitov E. Mahallaning o'rganilishida tarixiy yondashuv //Журнал социальных исследований. – 2024. – Т. 7. – №. 1.
- 14 Mirzaeva Sh.U., Muxamadiyev B.T. Perspective Theoretical Foundations of the Extraction Process, Sulfur Dioxide Chemistry and Environmental Impact, 2024, IntechOpen.
- 15 Gafurov K.H., Muhammadiev B.T., Mirzaeva Sh.U. Sverhkriticheskaya [SK] SO₂ ekstrakciya glicirrizinovo kisloty iz lakrichnyh kornej, Butlerovskie soobshcheniya №1, tom 49. 2017, Tatarstan, S. 108-114.
- 16 Mirzaeva Sh.U., Gafurov K.Kh., Zhumaev Zh. Certificate of official registration of the program for electronic computers. Computer program Optimization of the process of obtaining CO₂ extract from licorice root. DGU 09833 (2021)
- 17 Gafurov K.X., Muxammadiyev B.T., Kuldosheva F.S. Obtaining extracts from plant raw materials using carbon dioxide, *Food Science and Technology, Scientific and Production Journal Odessa*, Vol. 14 No. 1 (2023), Web of science journal.
- 18 Khalilov I., Abdullayeva F., Xodjiyeva N., Mirzaeva Sh. Optimization of the process CO₂ - extraction of plant raw material, *BIO Web of Conferences* 141, 01030 (2024) *AGRICULTURAL SCIENCE* 2024.
- 19 Sabirova U. F. Sociologiya kak put' povysheniya intellektual'nogo potentsiala obshchestva Uzbekistana //Zhurnal social'nyh issledovanij. – 2020. – Т. 3. – №. 5.
20. Alikarieva A. Sociological survey in the implementation of the educational quality

management system// International Journal of Education, Social Science & Humanities. Finland Academic

21 *Alikariev N.S., Alikarjeva A.N.* Oliy ta'lim sifati menejmenti tizimini rivojlantirish konsepsiyasi//—Ijtimoiy tadqiqotlar jurnalil (www.tadqiqot.uz/soci) elektron jurnali. №1. – Toshkent, 2020. – B. 7-18. DOI <http://dx.doi.org/10.26739/2181-9297-2020-1>
22 Research Science Publishers. Volume-11| Issue-5| 2023 Published: [22-05-2023] <https://doi.org/10.5281/zenodo.8003531>

23 *Mirzaeva Sh.U., Yuldoshov L., Xodjiyeva N.* CO₂ - extraction of glycyrrhizic acid from licorice root: optimization of extraction conditions using RSM, BIO Web Conferences 113, 01004 <https://doi.org/10.1051/bioconf/202411301004>.

24 *Dzhuraev H.F., Muhammadiev B.T., Mirzaeva Sh.U.* Issledovanie Mezhdunarodnaya sverhkriticheskikh SO₂ nauchno-prakticheskaya F.S. Kuldosheva, ekstraktov zaochnaya list'ev solodki, konferenciya 330 «Biotekhnologicheskie, ekologicheskie i ekonomicheskie aspekty sozdaniya bezopasnyh produktov pitaniya specializirovannogo naznacheniya», Krasnodar, 2020, S. 21-27.

25 Esli byt' tochnym, Starost' v Rossii [Elektronnyj resurs]: <https://tochno.st/problems/ageing>

26 *Isropilov M.B.* The role of pr technologies in ensuring the sustainable development of society //Open Access Repository. – 2023. – T. 4. – №. 2. – C. 729-735.

Халилов И.М.¹, Мухамадиев Б.Т., Мирзаева Ш.Ю.³, Зарманова О.О.³, Халилова Ф.М.³

¹Ўзбекистон Республикасы Ғылым Академиясының Микробиология институты, Бұхара қ., Ўзбекистан

²Бұқара мемлекеттік техникалық университеті, Бұхара қ., Ўзбекистан

³Бұқара мемлекеттік университеті, Бұхара қ., Ўзбекистан

ГЕРОНТОЛОГИЯ ЖӘНЕ АДАМНЫҢ ҚАРТАЮЫН БӘСЕҢДЕТУ ТӘСІЛДЕРІ

Түйіндеме. Бұл мақалада геронтологияның негізгі бағыттары және қартаю процесін бәсеңдетуге бағытталған озық әдістер көрсетілген. Ол биологиялық механизмдерді, соның ішінде жасушаның қартаюын және теломерлердің қысқаруын зерттейді. Бұл мақалада митохондриялық дисфункция және жасуша өлімі саласындағы ғылыми прогресс, сондай-ақ гендік терапия, регенеративті медицина және салауатты өмір салты қарастырылады. Стратегиялардың тиімділігі талданады. Мақала қартаюды басқаруға арналған. Салауатты қартаюды қамтамасыз етуге бағытталған технологиялық және әлеуметтік тәсілдерге назар аудару арқылы өмір сүру сапасын жақсартуға арналады. Регенеративті технологиялар, гендік терапия және салауатты өмір салты қартаюды бәсеңдетудің тиімді тәсілдерін ұсынады. Қарапайым өмір салтын өзгерту, мысалы, физикалық белсенділік, төмен калориялы тұтыну және стрессті азайту қартаю процесін бәсеңдетуі мүмкін. Оларды кеңінен қолдану арқылы физикалық және психикалық денсаулықты жақсартуға, өмірді ұзартуға және сау қартаюды қамтамасыз етуге болады.

Түйінді сөздер: геронтология, қартаю процесінің гендік терапиясы, регенеративті технологиялар, митохондриялық дисфункция, салауатты өмір салты, жасушалық қартаю, адам өмірін ұзарту

* * *

Халилов И.М.¹, Мухамадиев Б.Т.², Мирзаева Ш.Ю.³, Зарманова О.О.³, Халилова Ф.М.³

¹Институт микробиологии Академии наук Республики Узбекистан, г. Бухара, Узбекистан

²Бухарский государственный технический университет, г. Бухара, Узбекистан

³Бухарский государственный университет, г. Бухара, Узбекистан

ГЕРОНТОЛОГИЯ И ПОДХОДЫ К ЗАМЕДЛЕНИЮ СТАРЕНИЯ ЛЮДЕЙ

Аннотация. В статье излагаются основные направления геронтологии и передовые методы, направленные на замедление процесса старения. Она изучает биологические механизмы, включая клеточное старение и укорочение теломера. В статье рассматривается научный прогресс в области митохондриальной дисфункции и гибели клеток. А также генная терапия, регенеративная медицина и здоровый образ жизни. Анализируется эффективность стратегий. Статья посвящена управлению старением. Улучшение качества жизни путем акцентирования внимания на технологических и социальных подходах, направленных на и предлагает практические рекомендации, направленные на обеспечение здорового старения. Регенеративные технологии, генная терапия и здоровый образ жизни предлагают эффективные подходы к замедлению старения. Простые изменения образа жизни, такие как физическая активность, низкокалорийное питание и снижение стресса, могут замедлить процесс старения. Широко применяя их, можно улучшить физическое и психическое здоровье, продлить жизнь и обеспечить здоровое старение.

Ключевые слова: геронтология, генная терапия процесса старения, регенеративная технология, митохондриальная дисфункция, здоровый образ жизни, клеточное старение, продление жизни человека.

Information about the authors

Khalilov Ilkhom Mamatkulovich – Doctor of Biological Sciences, Professor of the Institute of Microbiology of the Academy of Sciences of the Republic of Uzbekistan, ilkhom2002@yahoo.com

Mukhamadiev Bakhodir Timurovich – Candidate of Biological Sciences. Associate Professor of the Department of Industrial Ecology of the Bukhara State Technical University, shohista.m@rambler.ru

Mirzaeva Shohista Usmonovna – Doctor of Technical Sciences (PhD), Associate Professor of the Department of Biotechnology and Food Safety, Bukhara State University, shohista.m@rambler.ru

Zarmanova Ozoda Otabekovna – student of Bukhara State University, oozodazarmanova@gmail.com

Khalilova Feruza Mamatkulovna – teacher, Bukhara State University, Department of Biology, Bukhara, Uzbekistan, ilkhom2002@yahoo.com

Авторлар туралы мәліметтер

Халилов Илхом Маматкулович – биология ғылымдарының докторы, Өзбекстан Республикасы Ғылым академиясы Микробиология институтының профессоры, ilkhom2002@yahoo.com

Мұхамадиев Баходир Тимурұлы – биология ғылымдарының кандидаты. Бұхара мемлекеттік техникалық университетінің өнеркәсіптік экология кафедрасының доценті, shohista.m@rambler.ru

Мирзаева Шохиста Усмоновна – техника ғылымдарының докторы (PhD), Бұхара мемлекеттік университетінің биотехнология және тамақ өнімдерінің қауіпсіздігі кафедрасының доценті, shohista.m@rambler.ru

Зарманова Озода Отабекқызы – Бұхара мемлекеттік университетінің студенті, oozodazarmanova@gmail.com

Халилова Феруза Маматкуловна – оқытушы, Бұхара мемлекеттік университеті, биология кафедрасы, Бұхара қ., Өзбекстан. ilkhom2002@yahoo.com

Сведения об авторах

Халилов Илхом Маматкулович – доктор биологических наук, профессор Института микробиологии Академии наук Республики Узбекистан, ilkhom2002@yahoo.com

Мухамадиев Баходир Тимурович – кандидат биологических наук. доцент кафедры Промышленная экология Бухарский государственный технический университет, shohista.m@rambler.ru

Мирзаева Шохиста Усмоновна – доктор технических наук (PhD), доцент кафедры Биотехнология и пищевая безопасность, Бухарский государственный университет, shohista.m@rambler.ru

Зарманова Озода Отабековна – студентка Бухарского государственного университета, oozodazarmanova@gmail.com

Халилова Феруза Маматкуловна – преподаватель, Бухарский государственный университет, кафедра «Биология», г. Бухара, Узбекистан. ilkhom2002@yahoo.com

ПЕРЕВОД СТАТЬИ / МАҚАЛАНЫҢ АУДАРМАСЫ

Халилов И.М.¹, Мухамадиев Б.Т.², Мирзаева Ш.У.³, Зарманова О.О.³,
Халилова Ф.М.³

¹Институт микробиологии Академии наук Республики Узбекистан, г. Бухара, Узбекистан

²Бухарский государственный технический университет, г. Бухара, Узбекистан

³Бухарский государственный университет, г. Бухара, Узбекистан

ГЕРОНТОЛОГИЯ И ПОДХОДЫ ЗАМЕДЛЕНИЯ СТАРЕНИЯ ЛЮДЕЙ

Аннотация. В статье рассматриваются основные направления геронтологии и передовые методы, направленные на замедление процесса старения. В ней дается обзор научных разработок в области биологических механизмов, включая клеточное старение, укорочение теломер и дисфункцию митохондрий. Также анализируется эффективность таких стратегий, как генная терапия, регенеративная медицина и здоровый образ жизни. В статье освещаются технологические и социальные подходы, направленные на управление старением, улучшение качества жизни.

Ключевые слова: геронтология, генная терапия процессов старения, регенеративные технологии, митохондриальная дисфункция, здоровый образ жизни, клеточное старение, продление жизни человека.

Түйіндеме. Бұл мақалада геронтологияның негізгі бағыттары және қартаю процесін бәсеңдетуге бағытталған озық әдістер көрсетілген. Ол биологиялық механизмдерді, соның ішінде жасушаның қартаюын және теломерлердің қысқаруын зерттейді. Бұл мақалада митохондриялық дисфункция және жасуша өлімі саласындағы ғылыми прогресс қарастырылады. Сондай-ақ гендік терапия, регенеративті медицина және салауатты өмір салты. Стратегиялардың тиімділігі талданады. Мақала қартаюды басқаруға арналған. Салауатты қартаюды қамтамасыз етуге бағытталған практикалық ұсыныстарды ұсынуға бағытталған технологиялық және әлеуметтік тәсілдерге назар аудару арқылы өмір сүру сапасын жақсарту.

Түйінді сөздер: Геронтология, қартаю процесінің гендік терапиясы, регенеративті технологиялар, митохондриялық дисфункция, салауатты өмір салты, жасушалық қартаю, адам өмірін ұзарту.

Введение. Процесс старения является неотъемлемой частью биологии человека, на которую влияют генетические, экологические и социальные факторы. Наука геронтология изучает причины старения, его последствия и методы, направленные на улучшение качества жизни. Сегодня существует большой интерес к передовым подходам

к замедлению старения и продлению жизни, включая генную терапию, регенеративные технологии и исследования по коррекции митохондриальной дисфункции. Целью данной статьи является анализ роли биотехнологий и подходов здорового образа жизни в замедлении старения. В этом исследовании было использовано несколько методологических подходов к изучению геронтологии и старения. Методология исследования включает следующие основные этапы:

Методы исследований анализа и синтеза. Проведен обзор доступной научной литературы и результатов исследований с целью анализа биологических механизмов процесса старения, включая укорочение теломера, дисфункцию митохондрий и клеточное старение. Проанализированы эти процессы и на их основе синтезирована эффективность генной терапии и регенеративных технологий, направленных на замедление старения.

Статистический анализ. Были проанализированы имеющиеся демографические данные о доле молодых и старых людей на глобальном и региональном уровнях. Например, были использованы данные о том, что 10% населения мира старше 65 лет, а 25% — молодые. Эти статистические данные были использованы для оценки актуальности проблемы старения.

Сравнительный анализ. Был проведен сравнительный анализ подходов таких стран, как Узбекистан и США, к управлению старением. Например, в то время как США уделяют большое внимание регенеративным технологиям и генной терапии, Узбекистан уделяет первостепенное значение здоровому образу жизни и традиционной медицине [1-3].

Метод индукции и редукции. На основе результатов различных научных исследований, направленных на замедление старения, были сделаны общие теоретические выводы (индукция). При этом для углубленного изучения процесса старения эта сложная система была разделена на отдельные биологические факторы и проанализировано их влияние (редукция). Геронтология изучает три основных типа старения: естественное, преждевременное и замедленное.

Естественное старение. Это норма и соответствует биологическим процессам жизнедеятельности человека.

Преждевременное старение. Это серьезная проблема, которая существенно снижает качество жизни человека. Проявляется упадком сил, чувством слабости, болями при отсутствии заболеваний. Этот синдром обычно встречается у людей среднего и пожилого возраста. Медленное старение. Этот тип является результатом здорового образа жизни и характеризуется долголетием и продолжительностью жизни. Что-

бы предотвратить преждевременное старение и сохранить силы на долгие годы, геронтологи московского центра рекомендуют начинать профилактические мероприятия с 35-40 лет [1-3].

По оценкам Организации Объединенных Наций, динамика численности населения мира в возрасте 60 лет и старше во второй половине XX века и начале XI века выглядит следующим образом: Национальный университет Узбекистана Трансформация социального ландшафта и социальных структур современного мира 290 20 апреля 2024 г. <https://nuu.uz/> Международная научно-практическая конференция В 1950 г. их было 205 млн. человек, в 2000 г. - 600 млн.. В 2009 г. их численность превысила 737 млн. человек. В 2009 г. средняя доля населения в возрасте 60 лет и старше составляла 10,8%. Наименьшая она была в Катаре и ОАЭ (1,9%), а наибольшая - в Японии (29,7%). В 2019 году численность людей старше 65 лет составила 705 млн. Число детей в возрасте до пяти лет составило 680 млн., что связано со снижением рождаемости во многих странах. В 2019 г. число людей старше 80 лет составило 143 млн., а число людей старше 100 лет — 533 000, что больше, чем 151 000 в 2000 г.. В 2021 г. число людей старше 60 лет превысило один миллиард. По состоянию на 1 октября 2021 года доля населения Японии в возрасте 65 лет и старше составляла 29,1 %, 15 % в возрасте 75 лет и старше и 5,2 % в возрасте 85 лет и старше. В литературе по социальным наукам ученые приводят ряд теорий, описывающих процесс старения. Например:

Теория разъединения понимает старение как неизбежное взаимное отдаление между стареющим человеком и другими людьми, приводящее к снижению взаимодействия. Этот процесс может быть инициирован пожилым человеком или окружающей его социальной средой. Эта теория предполагает снижение социальных связей между пожилым человеком и обществом [4-5]..

1. Теория разъединения описывает процесс, посредством которого люди отстраняются от социальной жизни по мере того, как они стареют и становятся старше. Эта теория предполагает, что со временем взрослые отказываются от социальных ролей и отношений, которые были центральными в их взрослой жизни.

2. Как функционалистская теория, эта структура рассматривает процесс разъединения как необходимый и полезный для общества, поскольку он позволяет социальной системе оставаться стабильной и упорядоченной.

2. Теория диссоциации. Эта теория была разработана социологами Элейн Камминг и Уильямом Эрлом Генри и представлена в их книге «Старение», опубликованной в 1961 г.. Она примечательна тем, что является первой социальной теорией старения и ее несколько спорным принятием, она стимулировала развитие исследований в области социальных наук и теорий о пожилых людях, их социальных отношениях и их роли в обществе. Это также обсуждение социальной системы процесса старения и эволюции социальной жизни пожилых людей, и вдохновлено функциональной теорией. Фактически, выдающийся социолог и ведущий функционалист Талкотт Парсонс написал предисловие к книге Камминг и Генри [6].

В рамках своей теории Каммингс и Генри помещают старение в социальную систему и предлагают ряд стадий, которые описывают, как диссоциация происходит с возрастом и почему она важна и полезна для всей социальной системы. Они разработали свою теорию на основе данных исследования жизни взрослых в г. Канзас-Сити и результатов эмпирического исследования, проведенного Чикагским университетом и Национальным университетом Узбекистана Трансформация социального ландшафта и социальных структур современного мира 20 апреля, 2024 г. Соответственно, эти исследователи создали следующие девять постулатов «теории диссоциации»:

1. По мере того, как люди стареют, они теряют связи с окружающими. Это происходит потому, что процесс старения создает в психике чувство ожидания смерти. В результате люди постепенно теряют способность общаться со своими близкими.

2. В процессе старения люди освобождаются от социальных норм, которые регулируют отношения. Естественно, что потеря связи с социальными нормами усиливает процесс отключения от них.

3. Процесс разделения отличается для мужчин и женщин из-за их разных социальных ролей.

4. Процесс разделения возникает из желания индивида полностью выполнять свои социальные роли, но не терять навыки и умения и не портить свою репутацию. В то же время те, кто свободен среди молодежи, обучаются развивать знания и умения, необходимые для выполнения ролей, которые они играют.

5. Полное разделение происходит, когда и индивид, и общество готовы к этому. Разделение между ними происходит, когда один готов, а другой нет.

6. Люди, которые разделены, берут на себя новые социальные

роли, чтобы не страдать от кризиса идентичности или не впасть в депрессию.

7. Когда человек понимает, что ему осталось недолго жить и он больше не хочет выполнять свои социальные роли, он готов сдаться; и общество допускает разлуку, чтобы обеспечить занятость тех, кто достиг зрелого возраста.

8. В результате разлуки могут измениться роли в социальных отношениях, статусы и даже иерархическое положение в обществе.

9. Разлука, связанная со старостью, в той или иной форме происходит во всех культурах.

Однако он определяется и оценивается стандартами социокультурной среды, в которой он происходит. Основываясь на этих постулатах, Каммингс и Генри предполагают, что пожилые люди счастливее, когда они принимают и охотно принимают процесс разделения. Тем не менее, теория «диссоциации» стала предметом многочисленных споров и критики с момента ее публикации. Некоторые критики утверждали, что это ошибочная теория социальной науки, поскольку Каммингс и Генри предполагают, что этот процесс является естественным, врожденным и неизбежным, а также универсальным. В фундаментальном конфликте в социологии между функционалистами и другими теоретиками некоторые утверждали, что теория полностью игнорирует роль класса в формировании опыта старения, в то время как другие критиковали предположение, что пожилые люди не участвуют в этом процессе. Возможно, они являются адаптивными инструментами социальной системы. Кроме того, основываясь на последующих исследованиях, другие утверждали, что теория разделения не в состоянии охватить сложную и богатую социальную жизнь пожилых людей и многочисленные формы привязанности, которые возникают после выхода на пенсию [7-13].

Известный современный социолог Арли Хохшилд также опубликовал критические статьи по этой теории. Он считает, что эта теория неверна, поскольку содержит «оговорку об освобождении» и считает тех, кто не меняет своего мнения, проблемными людьми. Он также критиковал Каммингса и Генри за то, что они не смогли предоставить доказательства того, что развод является добровольным. В результате этой критической связи, хотя он и оставался приверженным теоретической позиции Камминга, Генри позже отверг ее в последующих публикациях и перешел к более поздним альтернативным теориям, включая теорию деятельности и теорию непрерывности. «Теория

деятельности» является альтернативой «теории разделения», поднимая вопрос о ее этической значимости и предполагая, что люди сохраняют те же потребности и желания, когда вступают в старость, и что они сопротивляются всем попыткам исключить их из общества в среднем возрасте. Согласно ей, пожилых людей следует рассматривать как меньшинство населения с низким социально-экономическим статусом. Теория «субкультуры» также имеет особое значение в изучении пожилых людей как особой социальной группы в обществе.

Эта теория фокусируется на следующих двух аспектах:

1. Близость пожилых людей друг к другу.
2. Взаимодействие пожилых людей с другими социальными группами.

Оба эти аспекта требуют от нас рассмотрения взаимодействия пожилых людей как отдельной субкультуры. Действительно, чувство общности по отношению к старости и в старости является основой возникновения субкультуры пожилых людей. «Теория стратификации возраста» также играет важную роль в описании пожилых людей как социальной группы. Согласно ей, с учетом разделения общества по возрасту и социальным отношениям, она помогает объяснить особенности разных поколений, включая старшие и младшие поколения, и подчеркивает образ жизни и общие черты, присущие определенной возрастной группе. Из этого следует, что каждое поколение пожилых людей уникально и имеет только свой уникальный опыт. «Многопоколенная теория гражданства» призывает каждое поколение участвовать в формировании социального мира, рассматривая его как непрерывный, текущий процесс. Рассмотренные выше теории и соображения дают системное понимание специфики процесса старения и предполагают, что уникальная индивидуальность человека как личности и ее более полное раскрытие находятся в центре заботы семьи, общества и государства [14-15].

Биологические механизмы старения, в частности укорочение теломер и дисфункция митохондрий, считаются основными причинами старения. Укорочение теломер приводит к ограничению деления клеток, что вызывает старение клеток и ухудшение функций органов. В то же время дисфункция митохондрий замедляет процессы выработки энергии, что ускоряет старение. Здоровый образ жизни, включающий низкокалорийное питание, регулярную физическую активность и управление стрессом, является важным фактором замедления процесса старения, и его эффект подтвержден научными исследованиями. Исследования показали, что соблюдение здорового образа жизни

ни оказывает положительное влияние на физические и психические аспекты старения.

Биологические механизмы старения, в частности укорочение теломер и митохондриальная дисфункция, анализируются как ключевые области для замедления старения. Укорочение теломер связано с прекращением деления клеток, и укрепляется научная основа для увеличения длины теломер с помощью фермента теломеразы для замедления этого процесса. Профилактика митохондриальной дисфункции может быть эффективным способом восстановления клеточной энергии и снижения окислительного стресса. Эти исследования открывают новые возможности для управления старением. Роль генной терапии в замедлении старения очень важна. Используя технологию CRISPR-Cas9, теломеразы и другие гены, связанные со старением, могут быть активированы посредством генетических модификаций. Исследования показывают, что эти технологии оказывают положительное влияние на замедление старения и помогают снизить биологический возраст организма. Однако для внедрения этих технологий необходимо решить множество научных и этических вопросов. Терапия стволовыми клетками имеет большие перспективы в разработке регенеративных технологий. Эти технологии могут быть использованы для обновления клеток и тканей, включая признаки старения, кожу и кости. Роль терапии стволовыми клетками возрастает, поскольку эти методы позволяют восстановить многие функции организма. Поэтому развитие регенеративной медицины рассматривается как эффективный способ борьбы со старением. Роль здорового образа жизни в замедлении старения очень важна. Исследования показывают, что ограничение потребления калорий и регулярная физическая активность помогают замедлить старение [16-20]. Снижение стресса, правильное питание и физические упражнения могут повлиять на продолжительность жизни организма. В то же время соблюдение здорового образа жизни улучшает не только физическое, но и психическое здоровье. В США широкое применение регенеративных технологий и генной терапии демонстрирует высокую эффективность в борьбе со старением. В Узбекистане более широко используются подходы, основанные на здоровом образе жизни и традиционной медицине. Однако развитие инновационных технологий также рассматривается в Узбекистане как перспективное направление. Это означает, что в Узбекистане существует большая потребность в развитии новых научных исследований и технологий в области регенеративной

медицины и генной терапии. Было бы полезно рассмотреть возможности применения научных и технологических достижений в области геронтологии. Например, проанализировать важность терапии стволовыми клетками не только в замедлении старения, но и в лечении различных возрастных заболеваний. Можно более подробно проанализировать этические аспекты использования потенциала генной терапии для замедления старения. Было бы уместно рассмотреть, какие нормы безопасности и этики необходимо учитывать при внедрении этих методов в клинику. Также можно выделить социальную и экономическую значимость замедления старения. Очень важно проанализировать экономический эффект инновационных технологий для замедления старения и то, как они влияют на изменения в социальной системе [20].

Это поможет, в частности, определить место стратегий, направленных на улучшение здоровья пожилых людей, в государственной политике. Изучить работу и подходы, применяемые во всем мире для управления и замедления темпов роста старение, и сравнить возможности в Узбекистане или других странах. В то же время, показать особенности развития в этой области в Узбекистане в сравнении с другими странами.

Наиболее актуальными проблемами, стоящими перед гериатрией, являются изучение специфических аспектов возникновения, течения и развития различных заболеваний у пожилых людей и их профилактика; выявление процессов, вызывающих старение, принятие мер по омоложению; а также организация служб медицинской и социальной помощи пожилым людям.

Отмечается, что, хотя возрастные изменения неизбежны, существуют определенные привычки в питании и образе жизни, которые могут помочь замедлить этот процесс [20].

Так, диетолог Рональд Смит рекомендует ограничить потребление сахара. «Если вы хотите прожить долгую и здоровую жизнь, старайтесь по возможности избегать нездоровых продуктов, таких как печенье или сладости», - говорит он.

Включение рыбы в свой рацион также полезно для вашего здоровья. «Рыба богата омега-3 кислотами, которые защищают организм от болезней и помогают бороться с проблемами сердца, депрессией и даже раком», - говорит врач.

Диетолог Лиза Янг рекомендует включить в свой рацион побольше фруктов и овощей, особенно ягод, цитрусовых, зелени, моркови и бол-

гарского перца. «Они богаты антиоксидантами и клетчаткой, которые помогают бороться с негативными последствиями старения», - говорит она. Он также рекомендует заменить мясо растительными источниками белка. «Употребление большого количества растительных продуктов может помочь замедлить процесс старения за счет снижения уровня холестерина, стабилизации уровня сахара в крови и уменьшения воспалительных процессов организме», - говорит Ян (рисунок 1).



Рисунок 1 – Процесс старения

Одной из самых серьезных проблем, связанных со старением, является обезвоживание.

“С возрастом многие системы, которые удерживают жидкость, например почки, начинают разрушаться, и некоторые лекарства, принимаемые в связи с возрастом, могут привести к усилению обезвоживания”, - говорит диетолог Триста Бест.

Он добавил, что важно пить достаточно воды, а также употреблять больше продуктов, содержащих много жидкости, - огурцов, кабачков, помидоров, клубники и арбузов.

На самом деле старение – это неизбежный процесс, но его можно замедлить.

Для этого вам нужно будет внести изменения в свой образ жизни и привычки. Они улучшат не только внешние признаки старения, но и внутреннее состояние организма.

Ниже приведены 5 привычек, которые помогут сохранить молодость и красоту как можно дольше:

✓ **Поддерживайте вашу кожу увлажненной.**

Чем суше ваша кожа, тем больше вероятность появления морщин. Сухость может привести к преждевременному старению кожи. Выбирайте косметику в соответствии с вашим типом кожи и потребностями. Также говорят, что, если вы не пьете достаточно воды, никакое количество увлажняющего крема не поможет.

✓ **Пользуйтесь солнцезащитным кремом круглый год.**

Распространенная ошибка людей - наносить солнцезащитный крем только тогда, когда солнце находится прямо над головой. Даже в пасмурные дни, когда солнца не видно, ультрафиолетовые лучи все равно могут воздействовать на кожу, вызывая пигментные пятна и морщины. Если вы сделаете SPF-крем частью своей повседневной жизни, ваша кожа будет вам благодарна.

✓ **Научитесь справляться со стрессом.**

Научно доказано, что стресс и старение связаны. Постоянная нервозность может сократить вашу жизнь в среднем на 3-6 лет. Возьмите за привычку каждый день уделять время своей нервной системе. Выполняйте дыхательные упражнения, медитацию. Эти упражнения займут у вас 30 мин. времени. Кроме того, добавление в свой рацион адаптогенов - натуральных растительных веществ, которые помогают вам адаптироваться к различным стрессовым ситуациям и снижают их воздействие на организм, - также даст хорошие результаты. Не забывайте о полезных жирах. Сбалансированная диета должна включать как углеводы, так и белки, но когда дело доходит до поддержания молодости, жиры также полезны. Орехи, авокадо, лосось и растительные масла богаты витаминами А и Е, а также жирными кислотами 3 и 6. Витамины являются мощными антиоксидантами, которые защищают организм от свободных радикалов и не только предотвращают внешние признаки старения, но и помогают сохранить внутреннюю молодость. Омега-жирные кислоты повышают эластичность кожи и предотвращают появление морщин.

✓ **Ограничьте потребление сахара.**

Избыток сахара так же опасен для кожи, как и ультрафиолетовое излучение. Он не только вызывает угри и аллергические реакции, но и старит кожу изнутри. Молекулы глюкозы, попадающие в организм, вступают в реакцию с белковыми соединениями, в том числе колла-

геном и эластином. Эти волокна истончаются, теряют эластичность, в результате чего морщины увеличиваются, а кожа теряет тонус. Специалисты рекомендуют полностью отказаться от добавленного сахара и с осторожностью употреблять сладкие фрукты. Выбирайте натуральные и «настоящие» продукты. Во-первых, избегайте обработанных продуктов, из которых в процессе производства удаляется большая часть витаминов и питательных веществ, и которые содержат токсины и скрытые сахара. Вместо обработанных продуктов покупайте цельное мясо, рыбу, птицу, овощи, фрукты и орехи. Ешьте меньше, но медленно. Научно доказано, что ограничение калорий продлевает жизнь. Медленное питание помогает питательным веществам лучше усваиваться и перевариваться, а также обеспечивает баланс кишечной флоры, что очень важно для защиты иммунной системы.

Фрукты и овощи являются основой здорового питания. Они снабжают наш организм пребиотиками и антиоксидантами, которые борются с некоторыми эффектами старения. Хотя большинство людей хорошо знают о пользе фруктов и овощей, обычно на наших столах этих полезных веществ недостаточно. Вместо этого мы часто едим мясо или обработанные продукты.

Включайте в свой рацион травы и специи. Ароматные специи обладают антиоксидантными, пищеварительными, дезинфицирующими, антигликационными и противовоспалительными свойствами, а также другими полезными свойствами. Особенно полезны куркума, корица, базилик, имбирь, чеснок, розмарин, кориандр, кардамон, тмин и горчица. Они не только разнообразят ваш рацион, но и помогут сохранить молодость. Ешьте меньше, но качественного мяса, рыбы и птицы. Для хорошего самочувствия и бодрости вам нужно всего 0,8-1 грамма животного белка на килограмм веса. В целом это означает употребление мяса, рыбы или птицы один раз в день. Главное — найти качественные продукты, не содержащие гормонов и антибиотиков. Важно, чтобы основную долю антивозрастного рациона составляли растительные продукты (овощи, злаки, орехи), которые также содержат белок. Чтобы выглядеть моложе и чувствовать себя энергичнее, нужно не только сбалансировать свой рацион, но и отрегулировать режим сна и выработать привычку к регулярным физическим нагрузкам. Иначе никакое «молодильное яблоко» не сработает [10-15].

Маргарин, колбасы и другие продукты, ускоряющие старение организма.

Маргарин. Маргарин содержит большое количество трансжиров, которые увеличивают риск хронических заболеваний. Кроме того,

существует связь между этим типом жира и нарушением водного баланса в организме. Хроническое обезвоживание также может привести к преждевременному старению частей тела и появлению морщин.

Полуфабрикаты. Полуфабрикаты, которые, как кажется, могут сэкономить вам время, если их просто разогреть в микроволновке перед едой, часто перегружены солью. Может показаться, что они помогают вам что-то сделать, но на самом деле они вредны для вашего здоровья. Чрезмерное употребление этих продуктов может привести к отекам и проблемам с кожей.

Энергетические напитки. Потеря энергии утром может быть связана с недостатком сна и поздним отходом ко сну. Если вы не хотите состариться на десять лет раньше, рекомендуется избегать этих вредных напитков. Дело в том, что энергетические напитки из-за высокого содержания сахара, кофеина, натрия и кислоты негативно влияют на пищеварительную систему, а также на зубную эмаль. А поскольку они усиливают мочеиспускание, в организме происходит обезвоживание.

Сладости. Очень важно знать норму потребления сахара, так как это враг номер один, который приводит к преждевременному старению. Дело в том, что избыток глюкозы, помимо увеличения риска хронических заболеваний и диабета, также способствует питанию раковых клеток.

Продукты с высоким гликемическим индексом. Быстроусвояемые углеводы, содержащиеся в хлебе, макаронах и других изделиях из белой муки, могут вызывать резкий скачок уровня сахара в крови. Ученые давно установили связь между продуктами с высоким гликемическим индексом и преждевременным старением. Если у вас есть прыщи и проблемы с кожей, рекомендуется изменить продукты в своем рационе.

Алкоголь. Употребление алкоголя приводит к радикальным изменениям в организме, особенно к дефициту витамина А, который отвечает за обновление клеток.

Колбасы и другие мясные продукты. Недавние исследования показали, что нитраты и нитриты в сосисках и других подобных продуктах повышают риск возникновения рака. Эти вещества вызывают окисление клеток в организме и изменение их ДНК. Этот процесс крайне опасен для кожи лица. Поэтому вместо сосисок и хот-догов рекомендуется употреблять натуральные мясные продукты, богатые белком (рисунок 2).

Путешествия могут стать лучшей защитой от старения.



Рисунок 2 – Здоровый образ жизни против старения.

Забудьте о ночных кремах с ретинолом, считают исследователи из Университета Эдит Коуэн (ECU), путешествия могут быть лучшим способом бросить вызов преждевременному старению. Впервые междисциплинарное исследование применило теорию энтропии к туризму, обнаружив, что путешествия могут иметь положительные преимущества для здоровья, включая замедление признаков старения. Энтропия классифицируется как общая тенденция вселенной к смерти и беспорядку. Энтропийная перспектива предполагает, что туризм может вызывать изменения энтропии, где положительный опыт может смягчить рост энтропии и улучшить здоровье, в то время как отрицательный опыт может способствовать росту энтропии и поставить под угрозу здоровье.

Г-жа Ху отметила, что позитивный опыт путешествий может улучшить физическое и психическое благополучие людей за счет воздействия новой среды, вовлечения в физическую активность и социальное взаимодействие, а также стимулирования положительных эмоций. Эти потенциальные преимущества были признаны в таких практиках, как оздоровительный туризм, оздоровительный туризм и йога-туризм. «Туризм — это не только досуг и отдых. Он также может способствовать физическому и психическому здоровью людей», — добавила г-жа Ху.

Терапия путешествиями: замедление времени.

Она добавила, что терапия путешествиями может стать нова-

торским вмешательством в здоровье, если рассматривать ее через призму энтропии. Как важный аспект окружающей среды, позитивный опыт путешествий может помочь организму поддерживать состояние с низкой энтропией, модулируя его четыре основные системы. Туризм обычно подвергает людей воздействию новой обстановки и расслабляющих занятий, а новые условия могут стимулировать реакцию на стресс и повышать скорость метаболизма, положительно влияя на метаболическую активность и самоорганизующиеся способности организма. Эти контексты также могут вызывать адаптивную реакцию иммунной системы. Г-жа Ху сказала, что эта реакция улучшает способность организма воспринимать и защищать себя от внешних угроз [21].



Рисунок 3 – Путешествие в продление жизни.

«Проще говоря, система самозащиты становится более устойчивой. Гормоны, способствующие восстановлению и регенерации тканей, могут высвободиться и способствовать функционированию системы самозащиты». «Неторопливые путешествия могут помочь облегчить хронический стресс, ослабить чрезмерную активацию иммунной системы и способствовать нормальному функционированию системы самозащиты. Участие в отдыхе потенциально снимает напряжение и усталость в мышцах и суставах. Это облегчение помогает поддерживать метаболический баланс организма и повышает эффективность системы защиты от износа. Органы и ткани могут оставаться в состоянии с низкой энтропией», — объяснила г-жа Ху). Пу-

тешествия включают в себя физические нагрузки, такие как походы, скалолазание, ходьба и езда на велосипеде. Физические нагрузки могут ускорить метаболизм, расход энергии и материальную трансформацию, все из которых помогают координировать самоорганизующиеся системы. (рисунок 3).

«Участие в этих мероприятиях может усилить иммунную функцию организма и его способность к самозащите, укрепляя его устойчивость к внешним рискам. Физические упражнения также могут улучшить кровообращение, ускорить транспорт питательных веществ и помочь выведению отходов, чтобы в совокупности поддерживать активную систему самовосстановления. Умеренные упражнения полезны для костей, мышц и суставов, а также поддерживают систему защиты организма от износа», — сказала г-жа Ху. С другой стороны, исследование показало, что туристы могут столкнуться с такими проблемами, как инфекционные заболевания, несчастные случаи, травмы, насилие, проблемы с водой и безопасностью продуктов питания, а также опасения, связанные с ненадлежащим участием в туристической деятельности. «И наоборот, туризм может быть связан с негативным опытом, который потенциально может привести к проблемам со здоровьем, параллельно процессу содействия увеличению энтропии. Ярким примером является кризис общественного здравоохранения, вызванный COVID-19» [22-26].

Вывод. Геронтология и замедление старения являются одними из самых перспективных направлений современной медицины. Исследования показали, что старение тесно связано с биологическими процессами, а такие механизмы, как укорочение теломер, дисфункция митохондрий и клеточное старение, ускоряют этот процесс. В то же время, регенеративные технологии, генная терапия и здоровый образ жизни предлагают эффективные подходы к замедлению старения. В то же время необходимо и дальше развивать стратегии управления старением в глобальном масштабе, внедрять инновационные технологии и широко пропагандировать здоровый образ жизни. Эти подходы способны не только замедлить старение, но и улучшить качество жизни в целом. Кроме того, роль здорового образа жизни в замедлении старения чрезвычайно важна. Простые изменения образа жизни, такие как физическая активность, низкокалорийное питание и снижение стресса, способны замедлить процесс старения. Широко применяя их, можно улучшить физическое и психическое здоровье, продлить жизнь и обеспечить здоровое старение.

Список литературы

- 1 López-Otín C., Blasco M.A., Partridge L., Serrano M., & Kroemer G. (2013). The Hallmarks of Aging.
- 2 López-Otín C., & Kroemer G. (2021). Hallmarks of health.
- 3 Kirkwood T.B.L., & Austad S.N. (2000). Why do we age? *Nature*, 408(6809)
- 4 Saeed, M., & Fatima, S. (2020). Regenerative Medicine in Aging: Role of Stem Cells and Molecular Mechanisms. *Aging and Disease*.
- 5 Schermerhorn T. (2017). Anti-aging and Longevity: The Potential of Stem Cells and Regenerative Medicine. *Journal of Stem Cell Research & Therapy*.
- 6 Dufresne L., & Moreau A. (2019). Telomerase Therapy: A New Frontier in Aging. *Journal of Molecular Biology and Biotechnology*.
- 7 Lange R., & Vacanti J.P. (2013). Tissue Engineering: The Challenges of Regenerative Medicine. *Science*, 260(5112), 920-926.
- 8 Walker, R. W., & Hays, D. A. (2017). Social Aspects of Aging: Policies, Programs, and Challenges. *Journal of Gerontology*.
- 9 Gendron, T. L., & Parra, D. (2015). Aging and the Immune System: From Discovery to Therapeutic Approaches. *Journal of Immunology Research*.
- 10 Blasco M.A., & Lee H.W. (2003). Telomere Length and Telomerase in Aging and Disease.
- 11 Холостова Ю.И. Социальная работа с пожилыми людьми / Учебник. – Москва: Издательство Дашков И. К, 2019.
- 12 The Social Connectedness of Older Adults: A National Profile. *American Sociological Review* 2008.
- 13 Заумов Э. Mahallaning o'rganilishida tarixiy yondashuv //Журнал социальных исследований. – 2024. – Т. 7. – №. 1.
- 14 Mirzaeva Sh.U., Muxamadiyev B.Th. Perspective Theoretical Foundations of the Extraction Process, Sulfur Dioxide Chemistry and Environmental Impact, 2024, IntechOpen.
- 15 Gafurov K.H., Muhammadiev B.T., Mirzaeva Sh.U. Sverhkriticheskaya [SK] SO₂ ekstrakciya glicirrizinovoj kisloty iz lakrichnyh kornej, Butlerovskie soobshcheniya №1, tom 49. 2017, Tatarstan, S. 108-114.
- 16 Mirzaeva Sh.U., Gafurov K.Kh., Zhumaev Zh. Certificate of official registration of the program for electronic computers. Computer program Optimization of the process of obtaining CO₂ extract from licorice root. DGU 09833 (2021)
- 17 Gafurov K.X., Muxammadiyev B.T., Kuldosheva F.S. Obtaining extracts from plant raw materials using carbon dioxide, *Food Science and Technology, Scientific and Production Journal Odessa*, Vol. 14 No. 1 (2023), Web of science journal.
- 18 Khalilov I., Abdullayeva F., Xodjiyeva N., Mirzaeva Sh. Optimization of the process CO₂ - extraction of plant raw material, *BIO Web of Conferences* 141, 01030 (2024) *AGRICULTURAL SCIENCE* 2024.
- 19 Sabirova U. F. Sociologiya kak put' povysheniya intellektual'nogo potentsiala obshchestva Uzbekistana //Zhurnal social'nyh issledovaniy. – 2020. – Т. 3. – №. 5.
20. Alikarieva Alokxon. Sociological survey in the implementation of the educa-

tional quality management system// International Journal of Education, Social Science & Humanities. Finland Academic

21 *Alikariev N.S., Alikarieva A.N.* Oliy ta'lim sifati menejmenti tizimini rivojlantirish konsepsiyasi//—Ijtimoiy tadqiqotlar jurnalil (www.tadqiqot.uz\soci) elektron jurnali. №1. – Toshkent, 2020. – B. 7-18. DOI <http://dx.doi.org/10.26739/2181-9297-2020-122> Research Science Publishers. Volume-11| Issue-5| 2023 Published: |22-05-2023| <https://doi.org/10.5281/zenodo.8003531>

23 *Mirzaeva Sh., Yuldoshov L., Xodjiyeva N.* CO₂ - extraction of glycyrrhizic acid from licorice root: optimization of extraction conditions using RSM, BIO Web Conferences 113, 01004 <https://doi.org/10.1051/bioconf/202411301004>.

24 *Dzhuraev H.F., Muhammadiev B.T., Mirzaeva Sh.U.* Issledovanie Mezhdunarodnaya sverhkriticheskikh SO₂ nauchno-prakticheskaya F.S. Kuldosheva, ekstraktov zaonchnaya list'ev solodki, konferenciya 330 «Biotekhnologicheskies, ekologicheskies i ekonomicheskies aspekty sozdaniya bezopasnyh produktov pitaniya specializirovannogo naznacheniya», Krasnodar, 2020, S. 21-27.

25 Esli byt' tochnym, Starost' v Rossii [Elektronnyj resurs]: <https://tochno.st/problems/ageing>

26 *Isropilov M.B.* The role of pr technologies in ensuring the sustainable development of society //Open Access Repository. – 2023. – T. 4. – №. 2. – C. 729-735.

ПИЩЕВАЯ И ПЕРЕРАБАТЫВАЮЩАЯ ПРОМЫШЛЕННОСТЬ

IRSTI 68.35.29, 68.29.21
https://doi.org/10.53939/1560-5655_2025_3_43

Abduazimov A.M.¹, Vafoeva M.B.¹

¹Karshi State technical university, Karshi c., Uzbekistan

EFFICIENCY OF FERTILIZER APPLICATION

Abstract. The article presents research data on the influence of the timing and norms of foliar fertilization on the total leaf area of winter soft wheat throughout various developmental phases, as well as on the economic efficiency of foliar feeding under different mineral nutrition conditions for winter wheat. It highlights the positive effect of foliar fertilization with various biostimulants on the weight of 1000 grains, total protein content, and crude gluten levels. Although the highest indicators were observed under conditions of high agrochemical background with fertilization applied at each phase of the growing season, it was established that optimal levels for all aforementioned parameters can be achieved through a single foliar application before the emergence of the flag leaves, alongside a reduction of mineral fertilizers by half. The practical results of the study indicate that under light gray soils, the application of fertilizers for winter wheat at a rate of 50% (NPK 90:45:30 kg/ha) of the traditional norms (NPK 180:90:60 kg/ha), as well as the use of liquid suspension preparations enriched with macro- and microelements of various components, has demonstrated an effect in terms of the conservation of mineral fertilizers, as well as an increase in both yield and grain quality.

Keywords: wheat, fertilizer, top dressing, suspension, nutrition, phase, leaf area, efficiency, profitability, quality.

Introduction. The liquid humic biopreparation “BioEcoHum” has demonstrated a positive impact on the growth, development, and yield of cereal and leguminous crops. Seed treatment enhances the stress resistance and germination of seeds, while single, double, and triple spraying of cereal and leguminous plants promotes growth and development, increases seed mass, and ensures a reliable yield increase ranging from 14 to 80 percent. The application of “BioEcoHum” reduces the starch content and gluten index, while increasing the protein content, gluten in the grain of winter wheat, and gluten in the flour [1].

Foliar feeding has a positive impact on the growth and development of winter wheat, resulting in an increase in the height of the main stem by 7.5 to 18.5 cm. The application of foliar fertilization leads to an increase in the

grain weight per ear by 0.22 to 0.46 grams. Additionally, the leaf area of an individual plant increases by 15.6 to 42.5 cm², while the total leaf area of winter wheat rises by 20.8 to 29.7 thousand m²/ha. This practice enhances the intensity of photosynthesis and positively affects the physiological processes within the plants.

Research Methods. In the experiment, relatively high results regarding grain quality were achieved through three applications of foliar feeding. In these treatments, the protein content in the grain ranged from 13.8% to 14.1%, while the crude protein content was between 29.5% and 30.1%. With foliar feeding, the increase in biological yield was recorded at 18.1 to 54.9 quintals per hectare, and the increase in grain yield ranged from 6.7 to 22.2 quintals per hectare. The highest grain yield of 74.7 quintals per hectare was obtained in the treatment where foliar feeding was conducted three times, utilizing all types of primary mineral fertilizers [2].

The objective of the research is to enhance the yield of hard, soft, and strong spring wheat. The application of micronutrient fertilizers for foliar feeding contributed to increased productivity and improved grain quality of the spring triticale variety Ukro. The highest grain yield of 4.43 t/ha, with an increase of 1.27 t/ha (40.3%), was achieved through double foliar feeding during the tillering and heading phases using the microelement fertilizer Azosol-36 Extra. The content of gluten increased by 3.6%, protein by 3.5%, and vitreousness by 14% [3].

Research conducted in 2015-2016 indicated that on leached chernozems of the Central Chernozem region, various forms of nitrogen fertilizers (ammonium nitrate, ammonium sulfate, urea), applied against a background of $P_{40}K_{40}$ at a rate of K_{40} kg/ha of active substance during cultivation, had a positive effect on increasing the yield of hard, soft, and strong spring wheat. Notably, under the cold conditions of 2015 (with a heat deficit of 40%), the ammonium form (ammonium sulfate) proved to be the most effective, whereas in the arid conditions of 2016, the ammonium-nitrate form (ammonium nitrate) was more effective. Urea demonstrated consistent effectiveness during these years.

All tested forms of nitrogen fertilizers increased the protein content in the grain of the studied varieties; however, the most pronounced effect was observed with urea. Furthermore, the additional application of urea as a foliar feeding at a rate of N10 kg/ha further enhanced protein content by an additional 1-1.5% [4].

In the technology of winter wheat cultivation, the application of initial doses of mineral fertilizers, as well as nitrogen top-dressings throughout

the growing season, is a necessary agronomic practice. The highest efficacy is demonstrated by nitrogen top-dressings applied at three key stages: the first in spring on thawed soil using ammonium nitrate at a rate of 34 kg/ha of active ingredient, the second also using ammonium nitrate at a rate of 34 kg/ha of active ingredient during the jointing phase, and the third utilizing urea at a rate of 15-18 kg/ha of active ingredient during the heading phase, irrespective of the background of row fertilizers [5].

The application of increasing doses of nitrogen fertilizers on leached chernozem in the Central North Caucasus region resulted in a significant yield increase of winter wheat, relative to the control, by 0.82 to 2.80 t/ha. The fractional application of fertilizers, in comparison to a single application of the entire dose, resulted in an increase in grain yield by 0.18 t/ha. On average, nitrogen fertilizers enhanced the protein content in the grain compared to the control by 0.8 to 3.9%, and the gluten content by 1.3 to 10.2%. According to the results of the economic assessment, the application of nitrogen fertilizers is most advantageous when using a split application of a urea-ammonium mixture at a dosage of 0+70. In this case, the profit would amount to 47,866 rubles per hectare, with a profitability level of 139% [6].

Thus, the values of physical and chemical quality indicators of grain may vary depending on meteorological conditions and the fertilization system. During dry years, both wheat and triticale tend to produce yields with lower physical characteristics (such as 1000 grain weight and bulk density), yet with a high content of vitreous grains.

Nitrogen, both in its pure form and as part of a complete mineral fertilizer, has a significant impact on the quality attributes of the grain. The first treatment is conducted during the early spring regrowth period to promote the regeneration of dead organs and enhance bushiness; the second occurs at the onset of stem elongation to preserve additional shoots and facilitate the development of leaf area; the third takes place during the heading phase to extend the lifespan of the flag leaf, thereby enhancing photosynthetic functions and protein synthesis [7].

By optimizing plant nutrition through the application of boric acid solutions in organic solvents, it is possible not only to significantly increase the yield of cereal crops but also to markedly improve the qualitative characteristics of agricultural products. The treatment of wheat seeds, specifically the Moscow 56 variety, with micronutrients resulted in a 7-11% increase in nitrogen content in the grains compared to the control group. The highest values were observed in the treatments using the traditional form of the

element (aqueous solution of boric acid), as well as in those treated with borate monoethanolamine. The maximum increase in the yield of spring wheat variety Zlata is observed when fertilizing with a solution of boric acid in glycerin, yielding 3.26 t/ha, which is 2.1 times higher compared to the application of the traditional form of the micronutrient. The micronutrient boron contributed to the enhancement of the structural parameters of the spring wheat plant across all forms tested. The most significant positive effect was noted from the application of glycerin borate, where the difference in the number of grains per spike was 2.4 times greater than that of the control, and their weight was 2.7 times greater. When using boron, the gluten quality of spring wheat is characterized as good (Group I quality) [8].

Methodology. Experimental Design: To compare the efficacy of various treatments, we examined a control variant alongside several pre-sowing seed treatments for winter wheat "Gozgon." The treatments included: a control variant, pre-sowing treatment of seeds with IfoSeed (2 kg/ton of seeds) and VI-77 (0.5 kg/ton of seeds) (Variant 1); foliar fertilization with IfoPZN (2.0 l/ha) and Ankasuper (100 ml/ha) during the plant vegetative period from October 15 to November 15 (Variant 2); application of IfoPZN (2.0 l/ha) and IfoHumatePlus (0.5 l/ha) from February 25 to March 10 (Variant 3); IfoUAN-32 (4 l/ha) and Potex (450 ml/ha) from March 15 to March 30 (Variant 4); IfoCombi-FE (3 l/ha), Enthogumin (1 l/ha), and IfoUAN-32 (4 l/ha) from April 5 to April 15 (Variant 5); Ifo-Kalifos (1.5 l/ha) and Ankasuper (100 ml/ha) from May 1 to May 10 (Variant 6); and a comprehensive application of all products in accordance with the manufacturer's specified rates (Variant 7).

Research Findings. According to studies conducted on the dependence of the photosynthetic activity of winter wheat on macro- and micro-nutrients with various components applied through foliar feeding, the lowest indicators of dry matter accumulation across developmental phases were identified in all control variants, regardless of the conditions of varying mineral nutrition. Specifically, the average dry matter content accumulated at the wax ripeness stage in the control variants was recorded as 7.2, 11.1, and 12.8 g, marking it as the lowest outcome among the other variants. Furthermore, the most pronounced growth dynamics of accumulated dry matter throughout all developmental phases were observed with the application of mineral fertilizers at the rate of $N_{180}P_{90}K_{60}$ kg/ha. Under the given conditions of mineral nutrition, the average dry matter content during the wax ripeness phase of winter wheat, compared to the control

variant, was found to be 0.6 g higher during the stem elongation phase, 2.0 g during the heading phase, 3.0 g during the flowering phase, and 3.7 g during the wax ripeness phase.

It has been established that in the variants with pre-sowing seed treatment and the application of foliar feeding on an agronomic background without the use of mineral fertilizers (control), the ratio of accumulated dry matter in the composition of winter wheat plants, compared to the control indicators, was high. When analyzed by developmental phases, the indicators amounted to 2.1-2.5 g during the stem elongation phase, 5.8-7.1 g during the heading phase, 6.7-9.1 g during the flowering phase, and 8.6-11.8 g during the wax ripeness period, which were 0.2-0.6 g, 1.0-2.3 g, 1.1-3.4 g, and 1.4-4.6 g higher than the control indicators, respectively. The average dry matter content accumulated at the stage of heading in the control variant was 1.9 g, while at the wax ripeness stage it reached 7.2 g. In the variants utilizing pre-sowing seed treatment and foliar feeding, the dry matter content at the heading stage ranged from 2.1 to 2.5 g, and at the wax ripeness stage, it was between 8.6 and 11.8 g, indicating an average increase of 6.5 to 9.3 g.

A similar pattern was observed under agroecological conditions with reduced mineral fertilizer usage. For instance, it has been determined that on the agrophysical background utilizing mineral fertilizers at a rate of $N_{90}P_{45}K_{30}$ kg/ha, the average dry matter content in winter wheat plants during the stem elongation phase ranged from 2.8 to 3.2 g in the treatments involving pre-sowing seed treatment and foliar feeding, while in the control variant it was 2.6 g. In conditions applying mineral fertilizers at a rate of $N_{180}P_{90}K_{60}$ kg/ha, this indicator in the treatments with pre-sowing seed treatment and foliar feeding during the stem elongation phase amounted to 2.9 to 3.3 g, compared to 2.7 g in the control variant. Moreover, it was revealed that the application of growth-regulating biostimulants and the use of various macro- and micronutrient foliar fertilizers positively influence the dynamics of dry matter accumulation in plants during the growing season.

According to the research findings, among the studied variants under agroecological conditions with the application of mineral fertilizers at rates of $N_{90}P_{45}K_{30}$ and $N_{180}P_{90}K_{60}$ kg/ha, the average amount of accumulated dry matter in winter wheat plants at the wax ripeness stage was 14.3 and 13.0 g for the second variant; 15.3 and 14.4 g for the fifth variant; and 13.6 and 14.5 g for the sixth variant. These results demonstrated a significant increase compared to the control.

Table 1 – The Impact of Foliar Feeding on Total Leaf Area During Different Growth Phases of Winter Wheat, cm² (2019-2021)

Agrofon	Variant	Phases of development					
		Bush formation	Emergence into the tube	Ear formation	Flowering	Milk ripeness	Wax ripeness
No fertilizers	Control	14,7	23,3	37,8	33,5	20,7	13,1
	Variant 1	19,1	30,1	47,7	40,6	27,1	19,5
	Variant 2	18,6	28,0	44,5	37,8	25,2	18,2
	Variant 3	16,8	23,6	37,4	31,8	21,2	15,3
	Variant 4	16,7	22,8	40,2	30,8	20,5	14,8
	Variant 5	16,6	26,1	41,5	35,2	23,5	17,0
	Variant 6	17,0	27,0	42,8	36,4	24,3	17,5
	Variant 7	19,8	31,2	49,6	42,1	28,1	20,3
N ₉₀ P ₄₅ K ₃₀	Control	23,7	33,8	53,6	45,6	30,4	21,9
	Variant 1	25,9	40,7	64,6	54,9	36,6	26,4
	Variant 2	26,5	48,9	77,7	66,0	44,0	31,8
	Variant 3	24,8	46,4	73,7	62,6	41,8	30,2
	Variant 4	25,6	44,6	70,8	60,2	40,2	29,0
	Variant 5	25,2	48,7	77,3	65,7	43,9	31,7
	Variant 6	25,6	46,9	74,5	63,3	42,3	30,5
	Variant 7	28,1	55,9	88,7	75,4	50,3	36,3
N ₁₈₀ P ₉₀ K ₆₀	Control	24,6	38,7	61,5	52,2	34,9	25,2
	Variant 1	28,4	44,7	70,9	60,3	40,2	29,0
	Variant 2	28,3	50,1	79,6	67,6	45,1	32,6
	Variant 3	25,3	43,5	69,0	58,7	39,1	28,3
	Variant 4	25,4	46,2	73,3	62,3	41,6	30,0
	Variant 5	24,7	54,0	85,7	72,8	48,6	35,1
	Variant 6	25,3	48,9	77,7	66,0	44,0	31,8
	Variant 7	29,6	57,5	91,3	77,6	51,7	37,4

In the control variant of the agrofon without the application of mineral fertilizers, the leaf area was measured at 13.1 cm². In contrast, the variants utilizing pre-sowing treatment and foliar feeding exhibited leaf area measurements ranging from 14.8 to 20.3 cm², indicating an average increase of 1.7 to 7.2 cm² compared to the control (Table 1).

In the variants employing pre-sowing treatment methods and foliar feeding within the agrofon supplemented with mineral fertilizers at rates of $N_{90}P_{45}K_{30}$ kg/ha, the average leaf area during the wax ripeness phase reached 26.4 to 36.3 cm². This represents an enhancement of 4.5 to 14.4 cm² over the control variant, which measured 21.9 cm². Furthermore, under conditions of the agrofon with the application of mineral fertilizers at rates of $N_{180}P_{90}K_{60}$ kg/ha, the variants utilizing pre-sowing seed treatment and foliar feeding yielded a leaf area of 28.3 to 37.4 cm², surpassing the control variant (25.2 cm²) by 3.1 to 12.2 cm².

In the conducted research, among the variants studied under agro-environmental conditions with the application of mineral fertilizers at rates of $N_{90}P_{45}K_{30}$ and $N_{180}P_{90}K_{60}$ kg/ha, the leaf area index during the wax ripeness period in two variants was recorded at 31.8 and 32.6 cm², in five variants at 31.7 and 35.1 cm², and in six variants at 30.5 and 31.8 cm², respectively. These values indicate a significant increase compared to the control and other variants (Table 1).

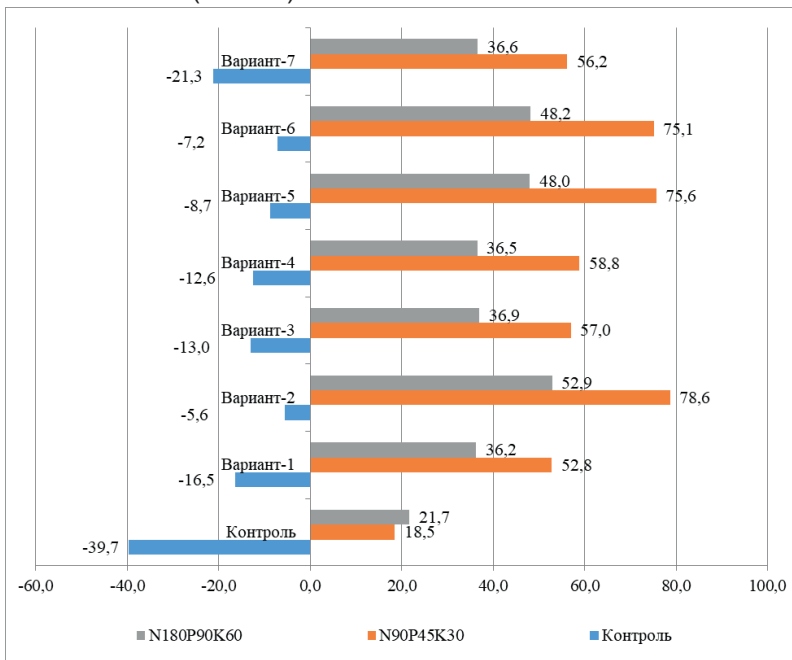


Figure 1 – The economic efficiency of foliar feeding of winter wheat under conditions of different mineral nutrition, %.

The experiments revealed that, depending on the nutrient medium and the application of additional foliar feeding, the average grain yield of winter wheat ranged from 17.5 to 78.9 centners per hectare, with the gross income proportionately reflecting the yield, varying from 2,712.5 thousand sums to 12,224.3 thousand sums. The total expenditure per hectare was noted to be between 4,496.4 thousand sums and 8,949.7 thousand sums, while the conditional net profit fluctuated from 1,120.9 thousand sums to 3,274.6 thousand sums. The cost of production per kilogram of grain ranged from 867.7 sums to 2,569.4 sums, and the profitability level varied from 18.5% to 75.6%. Moreover, the lowest efficiency was observed in conditions of an agro-background without the use of mineral fertilizers, where expenditures exceeded gross income by 1,783.9 thousand sums, resulting in a profitability of 39.7%.

In the analysis of the economic efficiency and profitability of additional foliar fertilizations applied in experimental trials aimed at optimizing mineral fertilizer usage in agroecosystems during the cultivation of winter wheat with preparations enriched with various macro and microelements, it was observed that under the conditions of irrigated light chestnut soils in the Kashkadarya region, the yields obtained in the 2nd, 5th, and 6th variants with mineral fertilizers at rates of $N_{90}P_{45}K_{30}$ and $N_{180}P_{90}K_{60}$ kg/ha not only surpassed the control group but also outperformed other variants. Specifically, in the agroecosystem with $N_{180}P_{90}K_{60}$ kg/ha, the yield in the 7th variant was recorded as the best result, amounting to 78.9 centners per hectare (36.6%) across all agroecosystems (Figure 1).

In the 2nd, 5th, and 6th variants utilizing additional foliar fertilization in the agroecosystem with mineral fertilizers at the rate of $N_{90}P_{45}K_{30}$ kg/ha, the lowest cost price was noted (867.7; 882.6 and 885.4 sum) among the studied variants. The highest cost of production was observed in the control variant under the control agrobackground, amounting to 2569.4 sum.

When analyzing the cost indicator per kilogram of grain across different agrobackgrounds, it was noted that in the agrobackground that utilized mineral fertilizers at a rate of $N_{90}P_{45}K_{30}$ kg/ha, the cost was relatively lower compared to the other agrobackgrounds. Specifically, in the control variant, the cost amounted to 1308.4 sum, whereas in the variants with the application of foliar fertilizers, it ranged from 882.6 sum to 1014.5 sum.

Consequently, when cultivating winter wheat, the application of 50% ($N_{90}P_{45}K_{30}$ kg/ha) of the traditional norm of mineral fertilizers

(N₁₈₀P₉₀K₆₀ kg/ha), in conjunction with the use of additional foliar feeding with products enriched with various macro- and micro-nutrients during the plant's vegetative period, proves to be economically advantageous.

Conclusion. The highest economic efficiency was observed under mineral nutrition calculated at N₉₀P₄₅K₃₀ kg/ha with the application of foliar feeding IfoPZN+Ankasuper during the autumn tillering phase, where profitability reached 78.6%. This was followed by the use of IfoCombi-Fe+Ento Humic+IfoUAN-32 during the flag leaf formation phase, achieving a profitability of 75.6%, and the application of IfoKalifos+Ankasuper post-heading, which resulted in a profitability of 75.1%.

References

- 1 Suleymenov B.U., Seytmenbetova A.T. Primeneniye zhidkogo guminovogo biopreparata «Bioekogum» pri vozdeleyvanii zernovykh i zernobobovykh kul'tur // Pochvovedeniye i agrokimiya. 2022. №4.
- 2 Azizov B.M., Shodmonkulov SH.KH. Formirovaniye kachestva i urozhaynosti zerna ozimoy pshenitsy pri nekornevoy podkormke // AI. 2022. №3.
- 3 Kshnikatkina A.N., Dolzhenko A.N. Effektivnost' nekornevoy podkormki mikroelementnymi udobreniyami na urozhaynost' i kachestvo zerna yarovoy tritikale // Niva Povolzh'ya. 2020. №1 (54).
- 4 Dolgopolova N.V., Trufanova A.YU., Arkhipov A.S., Filimonov P.S. Vliyaniye form azotnykh udobreniy na urozhay i belkovost' yarovoy pshenitsy // Vestnik Kurskoy gosudarstvennoy sel'skokhozyaystvennoy akademii. 2021. №1
- 5 Khakimov R.A., Nikiforova S.A., Khakimova N.V. Vliyaniye doz i srokov primeneniya mineral'nykh udobreniy na formirovaniye urozhaynosti ozimoy pshenitsy // Vestnik Ul'yanovskoy GSKHA. 2020. №2 (50)
- 6 Yesaulko A.N., Garibdzhanyan G.A., Golosnoy Ye.V., Gromova N.V. Effektivnost' primeneniya zhidkikh i tverdykh azotnykh mineral'nykh udobreniy v rannevesennyyu podkormku posevov ozimoy pshenitsy // Zemledeliye. 2020. №3.
- 7 Nenaydenko G.N., Il'in L.I. Udobreniye i povysheniye kachestva zerna // VZ. 2017. №3 (81).
- 8 Kodochilova N.A., Ivanenkova A.O., Buzynina T.S., Semenov V.V., Petrov B.I., Lazarev N.M. Ispol'zovaniye rastvorov bornoy kisloty v organicheskikh zhidkostyakh v kachestve borsoderzhashchikh mikroudobreniy. vliyaniye na urozhaynost' i khimicheskiy sostav zerna ozimoy i yarovoy pshenitsy // Vestnik YUUrGU. Seriya: Khimiya. 2021. №2.

Абдуазимов А.М.¹, Вафоева М. Б.¹

¹Қарши мемлекеттік техникалық университеті, Қарши қ., Өзбекстан

ТЫҢАЙТҚЫШТАРДЫ ҚОЛДАНУДЫҢ ТИІМДІЛІГІ

Түйіндеме. Бұл мақалада өсімдіктердің даму кезеңдері бойынша күздік жұмсақ бидайды жапырақты қоректендіру жалпы жапырақ бетіне, сондай-ақ күздік бидайдың әртүрлі минералды қоректенуі жағдайында күздік бидайды жапырақты қоректендірудің экономикалық тиімділігіне әсер ету мерзімдері мен нормаларын зерттеу деректері келтірілген. Әр түрлі биостимуляторлары бар жапырақ тыңайтқыштарының 1000 дәннің массасына, жалпы ақуыз бен шикі желімшесінің құрамына оң әсері атап өтілді.

Вегетациялық кезеңнің әр фазасында жоғары агрономиялық фонда және қоректендіруде ең жоғары көрсеткіш байқалғанымен, жоғарыда аталған барлық көрсеткіштер бойынша жалауша жапырақтары пайда болғанға дейін бір рет қоректендіру арқылы оңтайлы деңгейге қол жеткізуге болатындығы анықталды. Бұл жағдайда минералды тыңайтқыштар 2 есеге дейін азаяды. Жұмыстың практикалық нәтижелері: ашық сұр топырақ жағдайында күздік бидайға тыңайтқыштарды қолдану кезінде дәстүрлі нормалар санынан (NPK 180:90:60 кг/га) 50% (NPK 90:45: 30 кг/га), сондай-ақ сұйық суспензиялық препараттарды қолдану кезінде, әр түрлі компоненттердің макро және микроэлементтерімен байытылған минералды тыңайтқыштарды үнемдеудің, астықтың өнімділігі мен сапасын арттырудың әсері анықталды. Күздік бидайды күзгі қосыту кезеңінде, жалауша жапырағының пайда болу кезеңінде және масақтанғаннан кейін әртүрлі компоненттердің суспензияларымен қоректендіруді бақылаумен салыстырғанда астықтың табиғи салмағына (42,9; 43,7; 36,8 г/л) және дәндегі ақуыз мөлшеріне (1,2; 1,2; 1,1%) оң әсер етті.

Түйінді сөздер: бидай, тыңайтқыш, үстеме қоректендіру, суспензия, қоректену, фаза, жапырақ беті, тиімділігі, рентабельділігі, сапасы.

Абдуазимов А.М.¹, Вафоева М. Б.¹

¹Қаршинский государственный технический университет, г. Карши, Узбекистан

ЭФФЕКТИВНОСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ УДОБРЕНИЙ

Аннотация. В статье приведены данные исследований о изучении влияния сроков и норм внесения листовых подкормок озимой мягкой пшеницы на общую листовую поверхность по фазам развития растений, а так же на экономическую эффективность внекорневой подкормки озимой пшеницы в условиях различного минерального питания озимой пшеницы. Отмечено положительное влияние листовых подкормок различными биостимуляторами на массу 1000 зерен, содержание общего белка и сырой клейковины. Хотя наибольший показатель наблюдался когда при высоком агрофоне и подкормки в каждой фазе вегетационного периода, было установлено, что оптимального уровня

можно достичь по всем вышеперечисленным показателям при однократной подкормке листьев до появления флаговых листьев, при снижении минеральных удобрений в 2 раза. Практические результаты работы заключаются в том, что в условиях светло-серых почв при внесении удобрений под озимую пшеницу в количестве 50% (NPK 90:45:30 кг/га) от количества традиционных норм (NPK 180:90:60 кг/га), а так же при использовании жидких суспензионных препаратов, обогащенных макро- и микроэлементами различных компонентов был определен эффект экономии минеральных удобрений, повышения урожайности и качества зерна. Подкормка озимой пшеницы суспензиями различных компонентов в фазу осеннего кущения, в период образования флагового листа и после колошения положительно повлияла на натуральный вес зерна (42,9; 43,7; 36,8 г/л) и количество белка в зерне (1,2; 1,2; 1,1%) в сравнении с контролем.

Ключевые слова: пшеница, удобрение, подкормка, суспензия, питание, фаза, листовая поверхность, эффективность, рентабельность, качество.

Information about the authors

Abduazimov Akbar Mukhtorovich – Doctor of Philosophy in Agricultural Sciences, PhD, Karshi State Technical University, Karshi c., Uzbekistan, akbar.abduazimov@mail.ru

Vafoeva Mavluda Bobomurodovna – Doctor of Philosophy in Agricultural Sciences, PhD, Karshi State Technical University, Karshi c., Uzbekistan, mvafoyeva@mail.ru

Авторлар туралы мәліметтер

Абдуазимов Акбар Мухторович – ауыл шаруашылығы ғылымдарының философия докторы, PhD, Қарши мемлекеттік техникалық университеті, Қарши қ., Өзбекстан, akbar.abduazimov@mail.ru

Вафоева Мавлуда Бобомуродовна – ауыл шаруашылығы ғылымдарының философия докторы, PhD, Қарши мемлекеттік техникалық университеті, Қарши қ., Өзбекстан, mvafoyeva@mail.ru

Сведения об авторах

Абдуазимов Акбар Мухторович – доктор философии сельскохозяйственных наук, PhD, Каршинский государственный технический университет, г. Карши, Узбекистан, akbar.abduazimov@mail.ru

Вафоева Мавлуда Бобомуродовна – доктор философии сельскохозяйственных наук, PhD, Каршинский государственный технический университет, г. Карши, Узбекистан, mvafoyeva@mail.ru

ПЕРЕВОД СТАТЬИ / МАҚАЛАНЫҢ АУДАРМАСЫ

Абдуазимов А.М.¹, Вафоева М. Б.¹

¹Каршинский государственный технический университет, г. Карши, Узбекистан

ЭФФЕКТИВНОСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ УДОБРЕНИЙ

Аннотация. В статье приведены данные исследований о изучении влияния сроков и норм внесения листовых подкормок озимой мягкой пшеницы на общую листовую поверхность по фазам развития растений, а так же на экономическую эффективность внекорневой подкормки озимой пшеницы в условиях различного минерального питания озимой пшеницы. Отмечено положительное влияние листовых подкормок различными биостимуляторами на массу 1000 зерен, содержание общего белка и сырой клейковины. Хотя наибольший показатель наблюдался когда при высоком агрофоне и подкормки в каждой фазе вегетационного периода, было установлено, что оптимального уровня можно достичь по всем вышеперечисленным показателям при однократной подкормке листьев до появления флаговых листьев, при снижении минеральных удобрений в 2 раза. Практические результаты работы заключаются в том, что в условиях светло-серых почв при внесении удобрений под озимую пшеницу в количестве 50% (NPK 90:45:30 кг/га) от количества традиционных норм (NPK 180:90:60 кг/га), а так же при использовании жидких суспензионных препаратов, обогащенных макро- и микроэлементами различных компонентов был определен эффект экономии минеральных удобрений, повышения урожайности и качества зерна. Подкормка озимой пшеницы суспензиями различных компонентов в фазу осеннего кущения, в период образования флагового листа и после колошения положительно повлияла на натурный вес зерна (42,9; 43,7; 36,8 г/л) и количество белка в зерне (1,2; 1,2; 1,1%) в сравнении с контролем.

Ключевые слова: пшеница, удобрение, подкормка, суспензия, питание, фаза, листовая поверхность, эффективность, рентабельность, качество.

Введение. Жидкий гуминовый биопрепарат «БиоЭкоГум» оказал положительное влияние на рост, развитие и урожайность зерновых и зернобобовых культур. Обработка семян повышает стрессоустойчивость и всхожесть семян, одно, двух- и трехкратное опрыскивание зерновых и зернобобовых растений усиливает рост и развитие, повышает массу семян, обеспечивает достоверную прибавку урожая от 14 до 80 %. Применение «БиоЭкоГум» снижает содержание крахмала и глютен-индекса, повышает содержание протеина, клейковины в зерне озимой пшеницы и клейковины в муке [1].

Некорневая подкормка положительно влияет на рост и развитие озимой пшеницы, увеличивается рост главного стебля растений на 7,5-18,5 см. За счет применения некорневой подкормки масса зерна на одном колосе повышается на 0,22-0,46 гр., листовая поверхность одного растения увеличивается на 15,6-42,5 см², повышается общая листовая поверхность озимой пшеницы на 20,8-29,7 тыс. м²/га, повышается интенсивность фотосинтеза и положительно влияет на протекание физиологических процессов растений.

Методы исследования. В опыте сравнительно высокие результаты по качеству зерна были получены при трехкратной некорневой подкормке, в этих вариантах содержание белка в зерне составило 13,8-14,1%, а сырого протеина 29,5-30,1 %. При некорневой подкормке прибавка биологического урожая 18.1-54.9 ц/га, прибавка урожая зерна 6,7-22,2 ц/га. Самый высокий урожай зерна 74,7 ц/ га был получен в варианте, где проведена 3 раза некорневая подкормка с применением всех видов основных минеральных удобрений [2].

Цель исследования – повышение урожая твердой, мягкой и сильной яровой пшеницы. Применение микроэлементных удобрений для некорневой подкормки способствовало повышению урожайности и улучшению качества зерна яровой тритикале сорта Укро. Наибольшая урожайность зерна 4,43 т/га, прибавка - 1,27 т/га (40,3 %) получена при двукратной некорневой подкормке в фазу кущения и колошения микроэлементным удобрением Азосол-36 Экстра, содержание клейковины увеличилось на 3,6 %, белка на 3,5 %, стекловидность на 14 % [3].

Исследования (2015–2016 гг.) показали, что на выщелоченных черноземах Центрального Черноземья, различные формы азотных удобрений (аммиачная селитра, сульфат аммония, мочевина), внесенные по фону $P_{40}K_{40}$ в дозе K_{40} кг/га действующего вещества под культивацию, оказали положительное действие на повышение урожая твердой, мягкой и сильной яровой пшеницы. При этом в условиях холодного 2015 г. (недобор тепла составил 40%) наиболее эффективной оказалась аммиачная форма (сульфат аммония), а в условиях засушливого 2016 г. - аммиачно-нитратная (аммиачная селитра). Мочевина в эти годы была одинаково эффективной. Все испытанные формы азотных удобрений повысили содержание белка в зерне изучаемых сортов, но наиболее высокое действие оказала мочевина. При этом дополнительное внесение мочевины в виде внекорневой подкормки в дозе N_{10} кг/га повысило белковость еще на 1-1,5% [4].

В технологии возделывания озимой пшеницы применение стартовых доз минеральных удобрений, а также азотных подкормок в течение вегетации культуры является необходимым агроприемом. Наибольшую эффективность показывают азотные подкормки, проводимые в три срока: первая - весной по тало-мерзлой почве аммиачной селитрой в дозе 34 кг/га д.в., вторая - аммиачной селитрой в дозе 34 кг/га д.в. в фазу трубкования, третья - мочевиной в дозе 15-И кг/га д.в. в фазу колошения, независимо от фона рядкового удобрения [5].

Применение возрастающих доз азотных удобрений на выщелоченном черноземе Центрального Предкавказья обеспечило значительную прибавку урожая озимой пшеницы, относительно контроля, на 0,82.2,80 т/га. Дробное применение удобрений относительно разового внесения всей дозы увеличило урожайность зерна на 0,18 т/га. В среднем азотные подкормки увеличивали содержание белка в зерне относительно контроля на 0,8.3,9 %; клейковины - на 1,3.10,2 %. Согласно результатам экономической оценки применение азотных удобрений наиболее предпочтительно путем дробного внесения карбамидно-аммиачной смеси в дозе 0+70. Прибыль в этом случае составит 47866 руб./га, уровень рентабельности - 139 % [6].

Таким образом, величины физических и химических качественных признаков зерна могут изменяться в зависимости от метеорологических условий и системы удобрения. Пшеница и тритикале в сухие годы формируют урожаи с более низкими физическими показателями (масса 1000 зерен, объемная масса), но с высоким содержанием стекловидных зерен.

В большей степени на качественные признаки зерна влияет азот, как в чистом виде, так и в составе полного минерального удобрения. Он увеличивает содержание белка в зерне и улучшает его качество. В Верхневолжье эффективны повышенные дозы азота и дробные подкормки (две или даже три). Первую проводят в период раннего весеннего отрастания для регенерации отмерших органов и усиления кустистости; вторую - при выходе в трубку для сохранения дополнительных побегов, развития листовой поверхности; третью - в фазе колошения для продления жизни флагового листа, функций фотосинтеза и синтеза белка [7].

Таким образом, оптимизируя питание растений путем использования растворов борной кислоты в органических растворителях, можно не только существенно повысить урожайность зерновых культур, но и существенно улучшить качественные показатели растениеводческой

продукции. Обработка семян пшеницы Московская 56 микроэлементом привела к увеличению количества азота в зерне относительно контроля на 7-11 %. Самыми высокими значениями отличаются варианты с обработкой семян традиционной формой элемента (водный раствор борной кислоты), а также с обработкой боратом моноэтаноламина. Максимальная прибавка урожая зерна яровой пшеницы Злата наблюдается при подкормке раствором борной кислоты в глицерине - 3,26 т/га (что выше в 2,1 раза по сравнению с подкормкой традиционной формой микроэлемента). Микроэлемент бор способствовал увеличению структурных показателей растения яровой пшеницы на всех формах. Наибольший положительный эффект отмечен от действия бората глицерина, где разница к контрольному варианту составила по количеству зерен в колосе в 2,4 раза к контролю, а их массы в 2,7 раза. При использовании бора клейковина яровой пшеницы характеризуется как хорошая (I группа качества) [8].

Методика. Схема опыта: для сравнения эффективности препаратов были изучены контрольный вариант, а также предпосевная обработка семян озимой пшеницы «Гозгон» препаратами IfoSeed (2 кг/т семян) + Вл-77 (0,5 кг/т семян) (1 вариант), применение внекорневой подкормки IfoPZN (2,0 л/га) + Ankasuper (100 мл/га) в период вегетации растений – 15.10-15.11 (2 вариант), IfoPZN (2,0 л/га) + IfoHumatePlus (0,5 л/га) – 25.02-10.03 (3 вариант), IfoUAN-32 (4 л/га) + Potex (450 мл/га) – 15.03-30.03 (4 вариант), IfoCombi-FE (3 л/га) + ЭнтоГумин (1л/га) + IfoUAN-32 (4 л/га) – 05.04-15.04 (5 вариант), Ifo-Kalifos (1,5 л/га) + Ankasuper (100 мл/га) – 01.05-10.05 (6 вариант) и комплексное применение всех препаратов в соответствии с указанной производителем нормой (7 вариант).

Полевые опыты проводились в 2019-2021 годах на Каршинском опытном участке Научно-исследовательского института земледелия в южных районах в условиях светлых серозёмных почв Кашкадарьинской области, а исследования проводились по общепринятым методикам.

Результаты исследований. Согласно исследованиям, проведённым по зависимости фотосинтетической активности озимой пшеницы от макро- и микроудобрений с различными компонентами, внесёнными внекорневым методом, независимо от условий различного минерального питания определены наименьшие показатели сухого вещества, накопленного по фазам развития во всех контрольных вариантах. В частности, средний показатель сухого вещества, накопленного

в фазу восковой спелости, в контрольных вариантах составил 7,2; 11,1 и 12,8 г и был зафиксирован как наименьший результат среди остальных вариантов. Также наиболее высокая динамика роста накопленного сухого вещества по всем фазам развития наблюдалась при внесении минеральных удобрений $N_{180}P_{90}K_{60}$ кг/га. В данных условиях минерального питания средняя доля сухого вещества в фазу восковой спелости озимой пшеницы, по сравнению с показателем контрольного варианта, оказалась на 0,6 г больше в фазе выхода в трубку, на 2,0 г в фазе колошения, на 3,0 г в фазе цветения и на 3,7 г в фазе восковой спелости.

Установлено, что в вариантах с предпосевной обработкой семян и применением внекорневой подкормки на агрофоне без использования минеральных удобрений (контроль) соотношение накопленного в составе растений озимой пшеницы сухого вещества, по сравнению с показателями контрольного варианта, было высоким. Если проанализировать по фазам развития, то показатели составили 2,1-2,5 г в фазе выхода в трубку, 5,8-7,1 г в фазе колошения, 6,7-9,1 г в фазе цветения и 8,6-11,8 г в период восковой спелости, что на 0,2-0,6 г; 1,0-2,3 г; 1,1-3,4 г и 1,4-4,6 г выше показателей контрольного варианта соответственно. Также среднее содержание сухого вещества, накопленного в фазу выхода в трубку контрольного варианта составило 1,9 г, а к периоду восковой спелости 7,2 г, в вариантах с применением предпосевной обработки семян и внекорневой подкормки в фазу выхода в трубку этот показатель составил 2,1-2,5 г и в период восковой спелости 8,6-11,8 г, то есть в среднем увеличился на 6,5-9,3 г.

Аналогичная закономерность наблюдалась и в условиях агрофонов с экономией минеральных удобрений. Так, например, определилось, что на агрофоне с использованием минеральных удобрений из расчёта $N_{90}P_{45}K_{30}$ кг/га в вариантах с применением методов предпосевной обработки семян и внекорневой подкормки среднее содержание сухого вещества в растениях озимой пшеницы в фазу выхода в трубку составило 2,8-3,2 г, а в контрольном варианте – 2,6 г, в условиях же применения минеральных удобрений из расчёта $N_{180}P_{90}K_{60}$ кг/га данный показатель в вариантах с предпосевной обработкой семян и внекорневой подкормкой в фазе выхода в трубку составил 2,9-3,3 г и в контрольном варианте 2,7 г, также выявлено, что обработка с помощью регулирующих рост биостимуляторов и применение методов внекорневой подкормки разнокомпонентными

макро- и микроудобрениями положительно влияет на динамику накопления сухого вещества в растении в период вегетации.

По результатам исследования, среди изученных вариантов в условиях агрофонов с внесением минеральных удобрений из расчёта $N_{90}P_{45}K_{30}$ и $N_{180}P_{90}K_{60}$ кг/га, среднее количество накопленного сухого вещества в растениях озимой пшеницы в период восковой спелости во 2-ом варианте составило 14,3 и 13,0, в 5-ом варианте 15,3 и 14,4, в 6-ом варианте 13,6 и 14,5 г, которые выделились высоким результатом по сравнению с контролем.

Согласно представленным в диссертации данным, в зависимости от условий минерального питания, в фазу кущения сформировалась листовая поверхность 14,7-29,6 см² и к фазе восковой спелости 13,1-37,4 см². Самый низкий показатель листовой поверхности по фазам развития, независимо от различных условий минерального питания, был отмечен во всех контрольных вариантах. Также за период с кущения до восковой спелости средние показатели листовой поверхности в контрольных вариантах составили 14,7; 23,7; 24,6 и 13,1; 21,9; 25,2 см² соответственно, и отмечен как самый низкий результат среди остальных вариантов (таблица 1).

Таблица 1 – Влияние внекорневой подкормки на общую листовую поверхность по фазам развития растений озимой пшеницы, см² (2019-2021 гг.)

Агрофон	Вариант	Фазы развития					
		кущение	выход в трубку	колошение	цветение	молочная спелость	восковая спелость
Без удобрений	Контроль	14,7	23,3	37,8	33,5	20,7	13,1
	Вариант1	19,1	30,1	47,7	40,6	27,1	19,5
	Вариант-2	18,6	28,0	44,5	37,8	25,2	18,2
	Вариант-3	16,8	23,6	37,4	31,8	21,2	15,3
	Вариант-4	16,7	22,8	40,2	30,8	20,5	14,8
	Вариант-5	16,6	26,1	41,5	35,2	23,5	17,0
	Вариант-6	17,0	27,0	42,8	36,4	24,3	17,5
	Вариант-7	19,8	31,2	49,6	42,1	28,1	20,3

$N_{90}P_{45}K_{30}$	Контроль	23,7	33,8	53,6	45,6	30,4	21,9
	Вариант-1	25,9	40,7	64,6	54,9	36,6	26,4
	Вариант-2	26,5	48,9	77,7	66,0	44,0	31,8
	Вариант-3	24,8	46,4	73,7	62,6	41,8	30,2
	Вариант-4	25,6	44,6	70,8	60,2	40,2	29,0
	Вариант-5	25,2	48,7	77,3	65,7	43,9	31,7
	Вариант-6	25,6	46,9	74,5	63,3	42,3	30,5
	Вариант-7	28,1	55,9	88,7	75,4	50,3	36,3
$N_{180}P_{90}K_{60}$	Контроль	24,6	38,7	61,5	52,2	34,9	25,2
	Вариант-1	28,4	44,7	70,9	60,3	40,2	29,0
	Вариант-2	28,3	50,1	79,6	67,6	45,1	32,6
	Вариант-3	25,3	43,5	69,0	58,7	39,1	28,3
	Вариант-4	25,4	46,2	73,3	62,3	41,6	30,0
	Вариант-5	24,7	54,0	85,7	72,8	48,6	35,1
	Вариант-6	25,3	48,9	77,7	66,0	44,0	31,8
	Вариант-7	29,6	57,5	91,3	77,6	51,7	37,4

Если в контрольном варианте агрофона без применения минеральных удобрений листовая поверхность составила 13,1 см², то в вариантах с применением предпосевной обработки и внекорневой подкормки эти показатели составили 14,8-20,3, т. е. в среднем по сравнению с контролем были выше на 1,7-7,2 см² (таблица 1).

В вариантах с применением методов предпосевной обработки и внекорневой подкормки на агрофоне с применением минеральных удобрений из расчёта $N_{90}P_{45}K_{30}$ кг/га средний показатель листовой поверхности в фазу восковой спелости составил 26,4-36,3 см², что на 4,5-14,4 см² выше контрольного варианта (21,9 см²), а в условиях агрофона с применением минеральных удобрений из расчёта $N_{180}P_{90}K_{60}$ кг/га в вариантах с применением предпосевной обработки семян и внекорневой подкормки составил 28,3-37,4 см², что на 3,1-12,2 см² выше контрольного варианта (25,2 см²).

В рамках проведённых исследований среди вариантов, изученных в условиях агрофона с применением минеральных удобрений из расчёта $N_{90}P_{45}K_{30}$ и $N_{180}P_{90}K_{60}$ кг/га, показатель листовой поверхности в период восковой спелости в 2 вариантах составил 31,8 и 32,6 см², в 5 вариантах 31,7 и 35,1 см², а также в 6 вариантах 30,5 и 31,8 см² соответственно, где отмечен высокий показатель по сравнению с контролем и остальными вариантами (таблица 1).

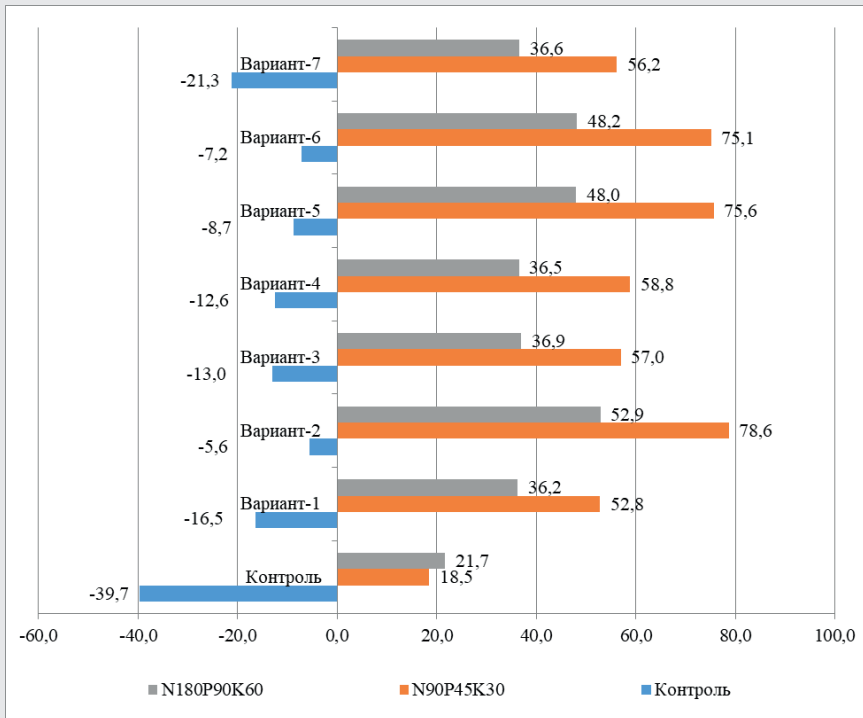


Рисунок 1 – Экономическая эффективность внекорневой подкормки озимой пшеницы в условиях различного минерального питания, %.

В экспериментах выяснилось, что в зависимости от питательной среды и применения дополнительной внекорневой подкормки средний показатель урожайности зерна озимой пшеницы составил от 17,5 до 78,9 ц/га, валовой доход пропорционально урожайности – от 2712,5 тыс. сум до 12224,3 тыс. сум, общий расход на 1 га от 4496,4 тыс. сум до 8949,7 тыс. сум, условная чистая прибыль от 1120,9 тыс. сум до 3274,6 тыс. сум, себестоимость 1 кг зерна от 867,7 сум до 2569,4 сум, уровень рентабельности от 18,5% до 75,6%. Также наименьшая эффективность была установлена в условиях агрофона без применения минеральных удобрений, где было израсходовано на 1783,9 тыс. сум больше по сравнению с валовым доходом, рентабельность составила 39,7%.

При анализе экономической эффективности и рентабельности

дополнительных внекорневых подкормок, примененных в испытательных опытах на экономящих минеральные удобрения агрофонах при обработке озимой пшеницы препаратами, обогащенными разнокомпонентными макро- и микроэлементами, в условиях орошаемых светлых серозёмных почв Кашкадарьинской области урожайность, полученная в 2, 5 и 6 вариантах на агрофонах с применением минеральных удобрений из расчёта $N_{90}P_{45}K_{30}$ и $N_{180}P_{90}K_{60}$ кг/га превышала не только контрольный, но и другие варианты. А в условиях агрофона $N_{180}P_{90}K_{60}$ кг/га урожайность 7 варианта была зафиксирована в качестве наилучшего результата – 78,9 ц/га (36,6%) на всех агрофонах (рисунок 1).

Во 2, 5 и 6 вариантах с использованием дополнительной внекорневой подкормки на агрофоне с применением минеральных удобрений из расчёта $N_{90}P_{45}K_{30}$ кг/га был отмечен самый низкий показатель себестоимости (867,7, 882,6 и 885,4 сум) среди изученных вариантов. А самая высокая себестоимость наблюдалась в контрольном варианте в условиях контрольного агрофона и составила 2569,4 сум.

При анализе показателя себестоимости 1 кг зерна в разрезе агрофонов было отмечено, что в условиях агрофона с применением минеральных удобрений из расчёта $N_{90}P_{45}K_{30}$ кг/га была относительно ниже, чем в условиях остальных агрофонов, то есть в контрольном варианте она составила 1308,4 сум, а в вариантах с применением внекорневой подкормки от 882,6 сум до 1014,5 сум.

Следовательно, при возделывании озимой пшеницы внесение 50% ($N_{90}P_{45}K_{30}$ кг/га) от количества традиционных норм минеральных удобрений ($N_{180}P_{90}K_{60}$ кг/га) и вместе с тем применение дополнительного внекорневого питания препаратами, обогащенными разнокомпонентными макро- и микроудобрениями в период вегетации растений, экономически выгодно.

Вывод. Наибольшая экономическая эффективность наблюдалась в условиях минерального питания из расчёта $N_{90}P_{45}K_{30}$ кг/га при применении внекорневой подкормки IfoPZN+Ankasuper в фазу осеннего кушения, где рентабельность составила 78,6%, при применении IfoCombi-Fe+Энто Гумин+IfoUAN-32 в период формирования флагового листа – 75,6%, при применении IfoKalifos+Ankasuper после колошения – 75,1%.

Список литературы

- 1 Сулейменов Б.У., Сейтменбетова А.Т. Применение жидкого гуминового биопрепарата «Биозогул» при возделывании зерновых и зернобобовых культур // Почвоведение и агрохимия. 2022. №4.
- 2 Азизов Б.М., Шодмонкулов Ш.Х. Формирование качества и урожайности зерна озимой пшеницы при некорневой подкормке // АИ. 2022. №3.
- 3 Кишикаткина А.Н., Долженко А.Н. Эффективность некорневой подкормки микроэlementными удобрениями на урожайность и качество зерна яровой тритикале // Нива Поволжья. 2020. №1 (54).
- 4 Долгополова Н.В., Труфанова А.Ю., Архипов А.С., Филимонов П.С. Влияние форм азотных удобрений на урожай и белковость яровой пшеницы // Вестник Курской государственной сельскохозяйственной академии. 2021. №1.
- 5 Хакимов Р.А., Никифорова С.А., Хакимова Н.В. Влияние доз и сроков применения минеральных удобрений на формирование урожайности озимой пшеницы // Вестник Ульяновской ГСХА. 2020. №2 (50).
- 6 Есаулко А.Н., Гарибджанян Г.А., Голосной Е.В., Громова Н.В. Эффективность применения жидких и твердых азотных минеральных удобрений в ранневесеннюю подкормку посевов озимой пшеницы // Земледелие. 2020. №3.
- 7 Ненайденко Г.Н., Ильин Л.И. Удобрение и повышение качества зерна // ВЗ. 2017. №3 (81).
- 8 Кодочилова Н.А., Иваненкова А.О., Бузынина Т.С., Семенов В.В., Петров Б.И., Лазарев Н.М. Использование растворов борной кислоты в органических жидкостях в качестве борсодержащих микроудобрений. влияние на урожайность и химический состав зерна озимой и яровой пшеницы // Вестник ЮУрГУ. Серия: Химия. 2021. №2.

***Aimagambetov A.T.¹, Kaiyr D.A.¹, Arystanbekuly B.¹, Ackley L.²,
Zhubanova A.A.¹***

¹Sustainability of Ecology and Bioresources Institute, Kazakh National University
named after Al-Farabi, Almaty c., Kazakhstan

²Brynn Mawr College, Bryn Mawr c., Pennsylvania, USA

BIOLEACHING PROCESS BY ORGANISMS IN METAL MINING. REVIEW

Abstract. The problem of soil contamination by heavy metals, acid mine drainage, wastewater dumping sites, the problem of ore shortage, and many more forces people to seek better mining techniques. However, new mining techniques have to be eco-friendly and suit the environmental assessment policy. Bacteria are incredibly versatile organisms with high adaptability, which can live, adapt and thrive particularly everywhere. Sulfide-associated environments harbour diverse bacterial communities capable of metal sulfide oxidation, a process vital for bioleaching and biomining. This review explores the bacterial composition of these environments, focusing on acidophilic bacteria and archaea that drive sulfide mineral dissolution through iron and sulfur oxidation. This paper discusses the oxidation of metal sulfides via two primary pathways, determined by physico-chemical characteristics of minerals. Biofilm formation and extracellular polymeric substances (EPS) significantly influence bioleaching efficiency, while quorum sensing and molecular interactions shape microbial consortia. Understanding these microbial processes is essential for the optimization of biomining, the development of hydrometallurgy, and mitigating the negative effects of ore depletion or metal contamination, such as acid mine drainage.

Keywords: Bacteria, metal sulfides, minerals, remediation, bioleaching, microbial consortia, biotechnology.

Introduction. Microbes have contributed to the formation of water-insoluble sulfides since the early history of life on Earth. The sulfate-reducing bacteria converted metal sulfates into metal sulfides (MS) that have been incorporated into the structure of rocks [1]. Likewise, the increasing abundance of such metal sulfides may be described by the release of toxic mining wastes at the mining sites. Such circumstances force gov-

ernments to use remediation techniques [2]. Microbial remediation of metal-contaminated sites is more effective since it doesn't require much energy and doesn't produce any toxic gaseous substances. Moreover, the resulting compounds are relatively chemically inert and less likely to react [1]. The bio-processing of metal contamination includes several bioremediation techniques like biosorption by microalgae, bioaccumulation, biomethylation, bio-oxidation or bioreduction, and bioleaching [3]. Bioremediation is the application of microbial systems for cleaning organic or inorganic pollutants by their detoxification, reclamation, or immobilisation [3]. This review is concerned with the mechanisms of bioleaching and their practical importance.

Research methods. Bioleaching is the mobilisation of metal cations in insoluble compounds through a series of chemical reactions [4]. Bioleaching is the principal concept of **biohydrometallurgy**, the biotechnological way of mining [6]. It was found that sulfur-oxidising bacteria that reside within mine acid waters can use insoluble MS in their life cycles and solubilise it. This technique has found its wide use in the extraction of metals from low-grade ores because of its high efficiency, ease of use, and eco-friendly principles [2, 5-6]. The main role of microorganisms in this process is to oxidise metal- and sulfur-containing minerals [5].

Singh & Cameotra (2015) highlight the following advantages of the bioleaching [6]:

1. Low capital requirement
2. The relatively low environmental impact
3. Specificity for substrate
4. Zero discharge
5. Indigenously available species
6. Relatively simple industrial facilities
7. Eco-friendly process
8. Minimal control over the process
9. Relatively convenient conditions, i.e., atmospheric pressure and room temperature
10. Accessibility for all countries since the process doesn't require sophisticated machines

Bacterial Sulfide Oxidation. Bioleaching can be classified into three types based on the chemical reactions that take place: oxidative, acid, and reductive bioleaching. **Oxidative bioleaching** involves the application of microbes that use oxygen as the final electron acceptor during specific

reactions. We'll consider only this type of bioleaching since, in the case of sulfides, the acid bioleaching is the same as the oxidative, and there are no reduction reactions [4].

The primary model was proposed in the earliest history of bioleaching to describe the biological dissolution of metal sulfides. Thus, the **direct mechanism** involves the electron transfer between the cell and the reduced substrate. Such organisms possess enzymes that directly oxidise reduced minerals and transfer the electrons to the oxygen. During this method of MS dissolution, the bacterial cell has to be close enough to the substrate [2]. Another method is called the **indirect method**. The ferric ion induces this method of oxidation. Bacteria recycle these ions to maintain the equilibrium between ferric and ferrous ions [2]. The indirect method is divided into two modes: **contact** and **noncontact modes**. Noncontact mode means the reduction of ferrous ions by planktonic bacteria, while the contact method occurs between sedimentary cells and the mineral. However, the cell isn't in contact with the substrate during contact mode, and the cell doesn't oxidize the reduced minerals itself. The oxidation occurs from the reaction between the reduced metal and the ferric ion [2]. The oxidation reaction occurs in the space very close to the surface, where there's a huge concentration of the oxidised ions [3]. Iron plays a vital role, especially its concentration, in the bioleaching process. Cells increase the redox potential locally by concentrating ferric ions in EPS on the surface of the mineral [7]. In this regard, Vera et al. (2022) think that there is no difference between direct and indirect methods. Because bacterial diversity is mainly made up of acidophilic bacteria that don't grow in the absence of ferric ions, ferric ion production has always been observed during cultivation. Thus, both methods include the use of the ferric ions [4]. However, Mishra et al. (2015) consider that there are 3 types of bioleaching: direct or contact, indirect or noncontact, and cooperative [8-9]. Though Vera et al. (2022) describe the differences between direct and indirect methods, Mishra et al. (2015) identify the indirect method as a non-contact method and the direct method as a contact method. On the other hand, Rawlings (2002) describes only the direct and indirect methods, as well as there is no identification of the contact or non-contact modes of the oxidation or the comparison of direct and indirect methods. According to Rawlings (2002), the role of microbiota in the indirect method is collateral, while in the direct method, the microbe induces the direct transfer of electrons [10]. In this regard, we can say that the definitions of Rawlings, 2002 and Mishra et al., 2015 are equal, however, the definition of Vera et al., 2022 is

supported by newer research in this area (Figure 1). Thus, no fixed model can describe the bioleaching process, that occurs in the sulfide minerals.

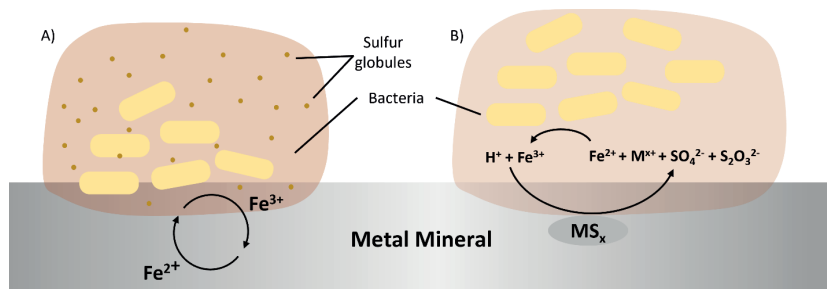


Figure 1 - The general description of direct and indirect methods of mineral dissolution, based on the literature review. A) Describes how bacterial cells directly oxidise (contact mode) reduced metal sulfides to get the energy. EPS has a constant redox potential since bacteria reduce Fe^{2+} to maintain the concentration of Fe^{3+} favourable for the reaction of mineral oxidation. B) On the other hand, we see the indirect method (non-contact mode), that involves the oxidation of mineral by Fe^{3+} from planktonic cells. Based on [4, 8-10]

Metal sulfides differ in their specificity for oxidation. This results from the structure of the mineral. Minerals with lower electrochemical potential are less resistant to the attack by ferric ions. Thus, sphalerite (ZnS) and pyrrhotite (FeS) are easier to solubilize, while molybdenite (MoS_2), with the potential of 700 mV, or enargite, is less likely to be solubilized as fast as the previous minerals [7]. Moreover, the differences in valence resulting from the structure of the sulfides impact the stability of the mineral. Thus, FeS_2 or MoS_2 are made up of 2 sulfur atoms, which create nonbonding orbitals, and these nonbonding orbitals are resistant to the protons. Thus, such minerals are acid-insoluble, and we have to use complex reactions to solubilize them [4]. As a result, 2 different pathways describe the bioleaching of 2 groups of metal sulfides. The **thiosulfate pathway** involves the oxidation of acid-insoluble metal sulfides like FeS_2 to SO_4^{2-} through the thiosulfate intermediate, while the **polysulfide pathway** involves the oxidation of acid-soluble metal sulfides like ZnS through the formation of polysulfides specific for the reaction [4,8-9]. In the polysulfide pathway, the formed sulfuric acid acts as a catalyst by attacking the MS (Figure 2) [9].

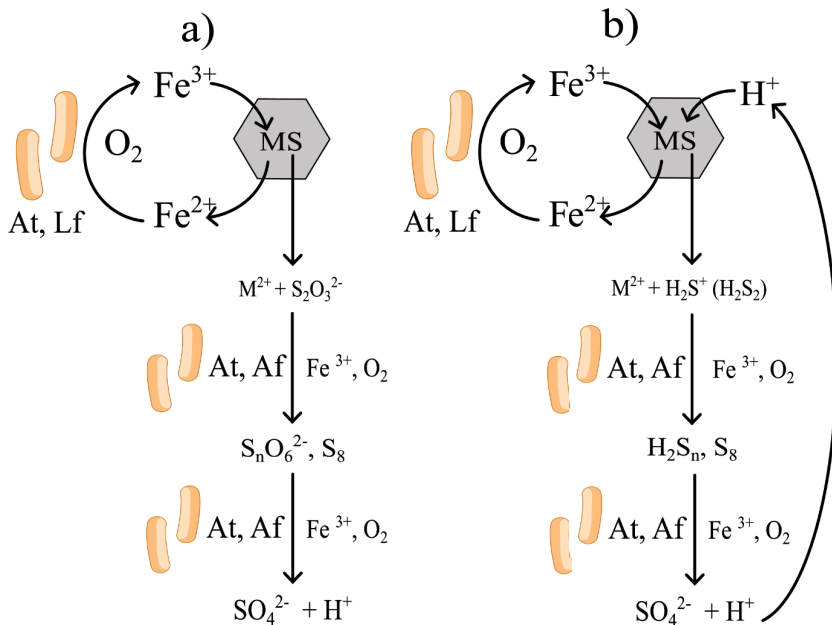


Figure-2. Schematic representation of thiosulfate and polysulfide mechanisms [9]. Degradation is induced by the proton attack and the oxidation process. During the thiosulfate pathway (a), oxidation is very important since the metal sulfide is less susceptible to the proton attack. During the polysulfide mechanism (b), formed sulphuric also induces the degradation of minerals by attacking the bonds between metal and sulfur [2, 8]. Picture based on [4, 8-9]

Bacterial Composition of Sulfide-Associated Environments. The bacterial composition of sulfide-associated environments is a crucial factor in biomining and bio-oxidation, with diverse microorganisms playing key roles in metal extraction, as was described earlier [1]. Dominant bacterial genera include *Acidithiobacillus*, *Leptospirillum*, *Sulfobacillus*,

Acidiferrobacter, and *Ferrimicrobium*, with archaeal representatives such as *Ferroplasma*,

Acidiplasma, and *Sulfolobus* [4]. Microbial communities involved in these processes are primarily composed of **acidophilic, chemolithotrophic iron- and sulfur-oxidizing bacteria**. These bacteria thrive in extreme conditions, using ferrous iron and reduced inorganic sulfur compounds (RISC) as electron donors while tolerating highly acidic en-

vironments of pH approximately 1.5- 2.0, and a wide range of temperatures i.e., **mesophiles thrive at 20–35°C, moderate thermophiles at 40–50°C, and extreme thermophiles above 70°C (Table 1)** [1, 7]. This temperature-dependent microbial distribution is particularly relevant in industrial bioleaching, where thermophilic archaea such as *Sulfolobus* sp. and *Ferroplasma* sp. contribute significantly to high-temperature mineral oxidation.

Table 1 - Temperature dependence of microorganisms found on the sulfide minerals. Different species show different optimal temperature ranges, which is very important for their effective application in industrial facilities and mass production. The table was taken from [5].

Acidophilic organism	Type of the bacteria
Iron-oxidising bacteria	
<i>Leptospirillum ferrooxidans</i>	Mesophile
<i>L. ferriphilum</i>	Mesophile
<i>L. thermoferrooxidans</i>	Moderate thermophile
<i>Ferrimicrobium acidiphilum</i>	Mesophile
<i>Ferroplasma acidiphilum</i>	Mesophile
<i>Fp. Acidarmanus</i>	Mesophile or Thermotolerant
Sulphur-oxidising bacteria	
<i>Acidithiobacillus ferrooxidans</i>	Mesophile
<i>At. caldus</i>	Moderate thermophile
<i>Metallosphaera</i> sp.	Extreme thermophile
<i>Sulfolobus</i> sp.	Extreme thermophile
Iron- and sulphur-oxidising bacteria	
<i>At. ferrooxidans</i>	Mesophile
<i>Acidianus</i> sp.	Extreme thermophile
<i>Sulfolobus metallicus</i>	Extreme thermophile
Iron reducers	
<i>Acidiphilum</i> sp.	Mesophile
Iron oxidisers/reducers	
<i>Acidimicrobium ferrooxidans</i>	Moderate thermophile
Iron oxidisers/reducers and sulfur oxidisers	
<i>Sulphobacillus</i> sp.	Mesophiles and moderate thermophiles

The bacterial composition of sulfide-associated environments plays a crucial role in bioleaching and bio-oxidation processes, with distinct microbial consortia adapted to varying temperature and chemical conditions [7]. The primary bacteria involved in these processes include *Acidithiobacillus ferrooxidans* and *Leptospirillum ferrooxidans*, both key players in iron and sulfur oxidation. However, recent studies indicate that *Leptospirillum* species often dominate iron oxidation in continuous stirred-tank reactors (CSTRs), particularly in the bio-oxidation of arsenopyrite (FeAsS) and copper sulfide concentrates. In bioleaching systems, microbial selection is highly dependent on environmental factors such as pH, temperature, and mineral composition [2, 4]. For example, the addition of ferrous iron to leach solutions can shift microbial dominance from *Leptospirillum* sp. to *Acidithiobacillus ferrooxidans*, highlighting the importance of chemical conditions in shaping microbial populations.

Another key aspect of sulfide-associated microbial communities is the presence of thermophilic and archaeal species, which play a crucial role in high-temperature bioleaching operations. *Acidianus* sp. and *Metalllosphaera* sp., along with the iron-oxidizing archaeon *Ferroplasma* sp., have been detected in bioleaching environments with extreme acidity and high metal concentrations. Their presence is particularly significant in chalcopyrite bioleaching, where mesophilic bacteria struggle due to passivation effects. Thermophiles enhance metal recovery and contribute to the stability of bio-oxidation processes by thriving in self-heating heaps and reactors [1, 7]. The shift from mesophilic to thermophilic consortia as temperature rises demonstrates the dynamic nature of these microbial ecosystems, which adapt to environmental conditions to maximize mineral dissolution. Understanding the composition and function of these

bacterial communities is essential for optimizing industrial bioleaching processes, reducing environmental impact, and improving metal recovery efficiency.



Figure 3 - The percentage of the disposal of municipal wastes.

Application of Bioleaching Nowadays. According to Yeoman et al. (2021) bioleaching is used to extract copper from covellite ore (CuS). The ore is treated with acid for the growth of *A. ferrooxidans*. Bacteria will promote the reaction between CuS and Fe³⁺, and as a result, Cu²⁺ ions will be formed. Formed Cu²⁺ ions are moved to another tank with scrap metal for the precipitation of Cu²⁺ by iron. This precipitate is used for further concentration stages [11]. Apart from that, many companies use bioleaching pilot plants or experimental copper recovery plants (Table 2). Though the widely used bioleaching mode is **dump leaching**, i.e., the substrate, like rocks, low-grade ores, or other metal garbage, is exposed to microbial attack, there are experimental plants that use techniques like **heap leaching** or **agitated leaching**. Such plants are supplied with special reactors that can maintain cultivation conditions like optimal pH range, rpm, or temperature. The substrate also dictates the microbial composition used for the bioleaching [12-13]. For instance, oxidation reactions within spoil heaps result in higher temperatures, and only thermophilic and mesophilic thermotolerant microbes can inhabit such environments [14]. Thus, they are very rich in acidophilic, thermophilic, and thermotolerant bacteria [13-14]. Waste dumps, on the other hand, are bioleached at lower temperatures by mesophilic bacteria.

Table 2 - Different companies use bioleaching for the recovery of copper, gold, and other metals [12]. Indicated leaching methods are done in special bioreactors with the supplement of nutrients and necessary compounds for the maintenance of certain conditions of cultivation.

Company	Leaching method
Newmont Mining	BIOPRO™ Process - heap leaching of refractory gold ores
Gold Fields, Ltd	BIOX™ Process - agitated tank oxidation of refractory gold ores
BHP Billiton, Ltd.	BioCOP™ Process- agitated tank oxidation and leaching of copper sulfides BioNIC™ Process - agitated tank oxidation and leaching of nickel sulfides BioZINC™ Process - agitated tank oxidation and leaching of zinc sulfides
BacTech Environment	BacTech/Mintek Process - agitated tank oxidation and leaching of copper sulfides
GeoBiotics, Inc.	GEOCOAT™ Process - heap leaching sulfide mineral concentrates

Rendón-Castrillón et al. (2023) suggest that even municipal wastes and solid agricultural debris may be exposed to microbial attack for the remediation of metals. Thus, annually, 12 billion tons of solid waste are produced, and they are very rich in metals, which may be subjected to biological leaching. Bacterial leaching may recover Au, Cu, and Zn, while fungi can recover Ni, V, Al, Mo, Co, Fe, Mn, Ag, Pt, and Pd from those wastes. Researchers recall that agricultural wastes such as crop residues, peanut shells, corn cob ash, rice husk, and cane bagasse are very rich in Ca, Si, Mg, Fe, Al, P, Mg, Zn, and Mn. In 2016, these wastes corresponded to 13% of the lost food supply, while in 2020, it increased to 13.3%. The same issue is seen with municipal wastes, which are annually produced at the level of 2 billion tons (Figure 3) [13]. The bioleaching of such wastes gave high recovery rates of Cd, Zn, Cu, Cr, and Pb [15]. Other substrates that are potentially applicable for metal recovery are industrial wastes. Old and broken TVs, phones, computers, and other e-waste can be reused. Such wastes contain 60 different elements that belong to base metals, critical metals, and platinum group metals [13]. Li-batteries, circuit boards from old phones, and batteries from electric vehicles contain many metals and may be subjected to bioleaching for the recovery of Li, Co, Ni, Mn, and base metals [19-23]. As a result, bioleaching can contribute to the prevention of the environment from heavy metal contamination by the sequestration of those metals from different sources like animal faeces, plant debris, electronic devices, etc.

Currently, there are plenty of places that have industrial bioleaching plants: Río Tinto (Spain), Bagdad, Morenci, Pinto Valley, Sierrita, Morenci in the US, Cerro Colorado, Chuquicamata SBL, Collahuasi, Ivan Zar, Punta del Cobre, Quebrada Blanca, Salvador QM, Sociedad Minera Pudahuel, and Zaldívar in Chile [12]. The abundance of bioleaching plants in Chile is a result of the high dependency of the country on its ore deposits. To mitigate the hazardous impact of traditional mining techniques, Chileans seek eco-friendly methods such as bioleaching. Nowadays, 42% of all copper is produced via environmental biotechnology, and the demand for the development of environmental biotechnology is increasing [16]. Moreover, Sen C. (2015) mentioned that there are at least 10 large-scale bioleaching plants. Some of them are Sao Bento in Brazil, Ashanti and Sansu in Ghana, and Tamboraque in Peru [16]. Such plants utilize acidophilic bacteria for the extraction of uranium from the water-insoluble uranium salts and the extraction of gold from the low-grade ores. Although we described only 2 main pathways, there are other biochemical reactions

that can recover metals from their minerals. However, those methods and pathways are specific and used only for specific metals. For instance, HCN-forming bacteria such as *Chromobacterium violaceum* or *Pseudomonas fluorescens* can leach Ni, Au, Pt, and Cu from solid materials like soil or ores, scrap, and other metallic trash [3, 18]. The cyanidation of ores like arsenopyrite (FeAsS) yields gold, however, the ore has to be pre-treated for the reactions to begin. This pre-treatment is done by acidophiles like *A. ferrooxidans*, which solubilize the rock of FeAsS[Au] and free the gold ions. As well, acidophiles can facilitate the recovery of uranium from its ores. They maintain the constant concentrations of Fe^{2+} , Fe^{3+} , as well as SO_4^{2-} that participate in the reactions of the solubilization of insoluble minerals like covellite [11, 21].

Also, the author recalls that bioleaching is mainly used for the production of gold, copper, and uranium, but in the future, bioleaching may be used at the same rate as the traditional leaching techniques, especially for the wastes, bauxite dressing, and bioremediation of contaminated sites [13, 17]. Based on the abovementioned facts, the comparison of traditional metallurgy and bioleaching was conducted with SWOT analysis (Table 3).

Table 3 - SWOT analysis of the differences between bioleaching and traditional methods. Based on the SWOT analysis, we can see that bioleaching is convenient for the extraction of metals from low-grade ores. Even though it operates at normal conditions, it demands the precise control of fluctuations in pH, temperature, and other factors.

	Bioleaching	Traditional methods
S	The main advantage of bioleaching is the use of bacteria, which operate at atmospheric pressure and moderate temperature, i.e., there's no need for a high energy supply, and can operate in low-grade ores. Hence, it's less costly and more eco-friendly [6].	Traditional mining methods, including pyrometallurgy and hydrometallurgy, are well-established and capable of processing large volumes of high-grade ores [3]. These techniques provide faster metal recovery and ensure consistent production, which is crucial for industrial demands.
		Moreover, technological advancements in mechanization and ore separation enhance the efficiency of conventional mining operations.

W	The process is relatively slow compared to traditional mining, often requiring weeks or even months for significant metal recovery. Its efficiency heavily depends on environmental conditions, such as pH, redox potential, and temperature. Furthermore, certain minerals, like molybdenite (MoS_2) and enargite, are more resistant to microbial oxidation due to their high electrochemical potential [2, 4, 7].	Traditional mining has significant environmental drawbacks, including habitat destruction, soil contamination, and the generation of acid mine drainage (AMD) [16-19]. These methods also consume large amounts of energy, contributing to greenhouse gas emissions. Additionally, extracting metals from low-grade ores using conventional techniques is often economically unfeasible.
O	Bioleaching offers promising opportunities for sustainable metal extraction from low-grade ores, mining waste, and electronic scrap. It can also be applied for soil remediation in contaminated mining areas. Recent advancements in genetic engineering may further enhance the efficiency and specificity of bioleaching microorganisms, making the process even more effective [13, 16].	While traditional mining faces environmental challenges, it can benefit from technological innovations aimed at reducing its ecological footprint. Integrating conventional techniques with bioleaching could improve metal recovery while minimizing environmental harm. Moreover, automation and digital monitoring systems can enhance the efficiency and safety of mining operations.
T	The widespread adoption of bioleaching is hindered by process variability and the difficulty of maintaining optimal conditions for microbial activity [2, 4, 7]. Regulatory uncertainties and industry resistance to new technologies further limit its implementation. Additionally, bioleaching is less effective for high-grade ores and projects requiring rapid metal extraction [5].	Traditional mining faces increasing pressure due to stricter environmental regulations, resource depletion, and rising operational costs. Public demand for sustainable practices and the global shift toward greener technologies also challenge the long-term viability of conventional mining approaches [16].

Conclusion. Even though there are no exact mechanisms of sulfide solubilization, this review describes the main mechanisms of bioleaching, such as direct or indirect, contact or non-contact modes. Since there is no fixed idea or model that describes the whole process, which is vital for the industry, further research is needed. Although we described the main 2 types of metal sulfide solubilization and degradation, some other mechanisms that are applied by bacteria were mentioned. Thus, we can recover some metals like Cd, Cu, Ni, or Zn from unusual substrates like fly ash or solid wastes with the help of microbes and fungi [3, 13].

Apart from the mechanisms of bioleaching, some basic environmental factors that affect the growth and effectiveness of bioleaching, such as pH, temperature, redox potential, and mineral composition, were considered. Still, research on the distribution of the bacterial species among minerals is needed, as there are no references on the exact species apart from the *Acidithiobacillus sp.* in this topic, as well as their optimal growth conditions of those organisms.

Nowadays application of bioleaching is also considered. Even though the use of bioleaching is limited by the recovery of copper or gold from low-grade ores, it's thought that in the future it'll be widely used for other industrial processes and will contribute to the remediation of the soil, of low-grade ores, and for the metal scrap.

References

- 1 Rawlings D. E. Heavy metal mining using microbes // Annual Review of Microbiology. - 2002. - №56. - P. 65-91. doi: <https://doi.org/10.1146/annurev.micro.56.012302.161052>
- 2 Mishra D., Kim D. J., Ahn J. G., Rhee Y. H. Bioleaching: A microbial process of metal recovery; A review // Metals and Materials International. - 2005. - №11. - P. 249-256. doi: <https://doi.org/10.1007/BF03027450>
- 3 Panda S. H. Microbial Interaction in Mining Soil / S. H. Panda, S. K. Jena, S. Das, N. Mohanty, U. Mohapatra // Environmental Microbial Biotechnology. Soil Biology / L. B. Sukla, N. Pradhan, S. Panda, B. K. Mishra. - Vol. 45. - M., 2015. - Chapter 12. - P. 223-241.
- 4 Vera M., Schippers A., Hedrich S., Sand W. Progress in bioleaching: fundamentals and mechanisms of microbial metal sulfide oxidation – part A // Applied Microbiology and Biotechnology. - 2022. - №106. - P. 6933-6952. doi: <https://doi.org/10.1007/s00253-022-12168-7>
- 5 Bosecker K. Bioleaching: metal solubilization by microorganisms // FEMS Microbiology Reviews. - 1997. - №20 (3-4). - P. 591-604. doi: <https://doi.org/10.1111/j.1574-6968.1997.tb00591.x>

org/10.1111/j.1574-6976.1997.tb00340.x

6 Singh S. Anaerobic bioleaching by acidophilic bacterial strains / S. Singh, S.S. Cameotra // Environmental Microbial Biotechnology. Soil Biology / L. B. Sukla N. Pradhan, S. Panda, B. K. Mishra. – Vol. 45. – M., 2015. – Chapter 10. – P. 179-201. doi: http://dx.doi.org/10.1007/978-3-319-19018-1_10

7 Olson G. J., Brierley J. A., Brierley C. L. Bioleaching review part B: Progress in bioleaching: applications of microbial processes by the minerals industries // Applied Microbiology and Biotechnology. – 2003. - №63. – P. 249-257. doi: <https://doi.org/10.1007/s00253-003-1404-6>

8 Twardowska I. The Role of Microbial Activity in Sulfide Oxidation at Dumping Sites of Sulfidic Wastes and in Abandoned Mining Areas / I. Twardowska // Environmental Microbial Biotechnology. Soil Biology / L. B. Sukla N. Pradhan, S. Panda, B. K. Mishra. – Vol. 45. – M., 2015. – Chapter 1. – P. 1-31.

9 Mishra S. Microbe-Mineral Interactions: Exploring Avenues Towards Development of a Sustainable Microbial Technology for Coal Beneficiation / S. Mishra, S. Panda, N. Pradhan, S. K. Biswal L. B. Sukla B. K. Mishra // Environmental Microbial Biotechnology. Soil Biology / L. B. Sukla, N. Pradhan, S. Panda, B. K. Mishra. – Vol. 45. – M., 2015. – Chapter 2. – P. 33-54.

10 Rowlings D.E. Heavy Metal Mining Using Microbes // Annual Review of Microbiology. – 2002. - №56. – P. 65-91. doi: <https://doi.org/10.1146/annurev.micro.56.012302.161052>

11 Yeoman K., Fahnert B., Lea-Smith D., Clarke T. Microbial Biotechnology. – New York: Oxford University Press, 2021. – 268p.

12 Dresher W. H. Producing Copper Nature's Way: Bioleaching [Электронный ресурс] / W. H. Dresher // Copper Development Association Inc. – 2004. – URL: Innovations in Copper: Mining & Extraction: Producing copper nature's way: Bioleaching (Дата обращения 15.02.2025)

13 Rendón-Castrillón L., Ramírez-Carmona M., Ocampo-López C., Gómez-Aroyave L. Bioleaching Techniques for Sustainable Recovery of Metals from Solid Matrices // Sustainability. – 2023. - №15(13). – P. doi: <https://doi.org/10.3390/su151310222>

14 Johnson D. B. Chemical and Microbiological Characteristics of Mineral Spoils and Drainage Waters at Abandoned Coal and Metal Mines // Water, Air and Soil Pollution: Focus. – 2003. - №3(1). – P. 47-66. doi: <https://doi.org/10.1023/A:1022107520836>

15 Zhang R., Wei X., Hao Q., & Si R. Bioleaching of Heavy Metals from Municipal Solid Waste Incineration Fly Ash: Availability of Recoverable Sulfur Prills and Form Transformation of Heavy Metals // Metals. – 2020. - №10(6). – P. 815. doi: <https://doi.org/10.3390/met10060815>

16 Sen C. Bioleaching of Gold: An alternative green mining technology for 21st century (A Review) // Microbiology World. – 2015. - №3(2). – P. 11-20.

17 Godoy-Faúndez A. Environmental-Microbial Biotechnology Inside Mining Operations from an Engineering Viewpoint Based on LCA / A. Godoy-Faúndez, D. Aitken, L. Reyes-Bozo, D. Rivera // Environmental Microbial Biotechnology. Soil

Biology / L. B. Sukla, N. Pradhan, S. Panda, B. K. Mishra. – Vol. 45. – M., 2015. – Chapter 8. – P. 133-158.

18 Sharma A., Sumbali G. Ecobiology of coal mines and spoils // Journal of Applied and Natural Science. – 2019. - №11(3). – P. 624 – 631. doi: <https://doi.org/10.31018/jans.v11i3.2130>

19 Zhang X., Shi H., Tan N., Zhu M., Tan W., Daramola D., Gu T. Advances in bioleaching of waste lithium batteries under metal ion stress // Bioresources and Bioprocessing. – 2023. - №10(1). – P. doi: <http://dx.doi.org/10.1186/s40643-023-00636-5>

20 Jung H., Inaba Y., West A. C., Banta S. Overexpression of quorum sensing genes in Acidithiobacillus ferrooxidans enhances cell attachment and covellite bioleaching // Biotechnology Reports. – 2023. - №38. – P. doi: <http://dx.doi.org/10.1016/j.btre.2023.e00789>

21 Satriadi T., Winarko R., Chaerun S.K., Minwal W. P., Mubarak Z. Recycling of spent electric vehicle (EV) batteries through the biohydrometallurgy process // E3S Web of Conferences. – 2024. - №543. – P. doi: <http://dx.doi.org/10.1051/e3sconf/202454302008>

22 Panda S., Dumble S., Mishra S., Akcil A., Agculu I., Hazrati M. E., Tuncuk A., Malavasi P., Gaydardzhiev S. Small-scale and scale-up bioleaching of Li, Co, Ni and Mn from spent lithium-ion batteries // Journal of Chemical Technology and Biotechnology. – 2024. - №99(5). – P. 1-29. doi: <http://dx.doi.org/10.1002/jctb.7609>

23 Erust C., Akcil A., Tuncuk A., Panda S. Intensified acidophilic bioleaching of multi-metals from waste printed circuit boards (WPCBs) of spent mobile phones // Journal of Chemical Technology and Biotechnology. – 2020. - №95(8). – P. 2272-2285. doi: <http://dx.doi.org/10.1002/jctb.6417>

Аймагамбетов А.Т.¹, Кайыр Д.А.¹, Арыстанбекұлы Б.¹, Аклей Л.², Жұбанова А.А.¹

¹«Экология және биоресурстар тұрақтылығы» ғылыми-зерттеу институты, әл-Фараби атындағы ҚазҰУ, Алматы қ., Қазақстан

²Брин-Мар колледжі, Брин Мар қ., Пенсильвания, АҚШ

МЕТАЛДАР ӨНДІРУДЕГІ ТОПЫРАҚТЫҢ МИКРОБИОЛЕАКЦИЯСЫ. ШОЛУ

Түйіндеме. Топырақтың ауыр металдармен ластануы, қышқылды шахталық дренаж, ағынды сулардың төгіндісі, кен тапшылығы және басқа да мәселелер ғалымдарды тау-кен өндірудің тиімді әдістерін іздеуге мәжбүрлейді. Алайда жаңа тау-кен технологиялары экологиялық тұрғыдан қауіпсіз әрі қоршаған ортаны қорғау саясатына сәйкес болуы керек. Бактериялар – жоғары бейімделгіштігі бар ерекше икемді организмдер, олар кез келген ортада өмір сүріп, бейімделіп, тез дамып кете алады. Құрамында сульфидтер бар орталар металл сульфидтерін тотықтыруға қабілетті әртүрлі бактериялық

қауымдастықтардың тіршілік ету ортасы болып табылады – бұл процесс био сілтілеу және био өндіру үшін маңызды.

Бұл мақалада осы орталардың бактериялық құрамы қарастырылып, темір мен күкіртті тотықтыру арқылы сульфидті минералдарды ерітетін ацидофильді бактериялар мен архейлерге назар аударылады. Мақалада метал сульфидтерінің физикалық-химиялық қасиеттеріне байланысты болатын екі негізгі тотығу жолы сипатталады. Биопленкалар мен жасушадан тыс полимерлі заттар (EPS) биошаймалаудың тиімділігіне айтарлықтай әсер етеді, ал кворум-сезіну механизмі мен молекулалық өзара әрекеттестіктер микробтық консорциумдардың қалыптасуын анықтайды. Бұл микробиологиялық процестерді түсіну биокен өндірісін оңтайландыру, гидрометаллургияны дамыту және қышқылды шахталық дренаж сияқты кен тапшылығы немесе металл ластануының теріс әсерлерін азайту үшін өте маңызды.

Түйінді сөздер: Бактерия, металл сульфидтері, минералдар, ремедиация, биошаймалау, микробтық консорциум, биотехнология.

Аймағамбетов А.Т.¹, Кайыр Д.А.¹, Арыстанбекулы Б.¹, Аклей Л.², Жубанова А.А.¹

¹Научно-исследовательский институт «Устойчивости экология и биоресурсов», КазНУ им. аль-Фараби, г. Алматы, Казахстан

²Колледж Брин-Мар, г. Брин Мар, штат Пенсильвания, США

БИОВЫЩЕЛАЧИВАНИЕ ПОЧВЫ МИКРООРГАНИЗМАМИ ПРИ ДОБЫЧЕ МЕТАЛЛОВ. ОБЗОР

Аннотация. Проблема загрязнения почвы тяжелыми металлами, кислотный шахтный дренаж, сброс сточных вод, нехватка руды и многие другие факторы вынуждают ученых искать более эффективные методы добычи полезных ископаемых. Однако новые горнодобывающие технологии должны быть экологически безопасными и соответствовать политике экологической безопасности. Бактерии — это чрезвычайно универсальные организмы с высокой адаптивностью, способные жить, приспосабливаться и процветать практически в любых условиях. Среды, содержащие сульфиды, являются местом обитания разнообразных бактериальных сообществ, способных к окислению сульфидов металлов — процессу, важному для биовыщелачивания и биодобычи. В данной статье исследуется бактериальный состав таких сред с акцентом на ацидофильных бактерий и археи, которые осуществляют растворение сульфидных минералов путем окисления железа и серы. В статье рассматриваются два основных пути окисления сульфидов металлов, зависящие от физико-химических свойств минералов. Образование биопленок и внеклеточных полимерных веществ (EPS) оказывает значительное влияние на эффективность биовыщелачивания, в то время как механизм кворум-

сенсинга и молекулярные взаимодействия определяют формирование микробных консорциумов. Понимание этих микробиологических процессов необходимо для оптимизации биодобычи, развития гидрометаллургии и минимизации негативных последствий истощения руд или загрязнения металлами, таких как кислотный шахтный дренаж.

Ключевые слова: Бактерия, сульфиды металлов, минералы, ремедиация, биовыщелачивание, микробный консорциум, биотехнология.

Information about the authors

Aimagambetov Alan Temirlanuly – research assistant of sustainability of Ecology and bioresources institute, corresponding author, Kazakh National University named after Al-Farabi, Almaty c., Kazakhstan, anrayalan@gmail.com

Kaiyr Damir Armanuly – research assistant of sustainability of Ecology and bioresources institute, corresponding author, Kazakh National University named after Al-Farabi, Almaty c., Kazakhstan, damir.kair16@gmail.com

Arystanbekuly Birzhan – research assistant of sustainability of Ecology and bioresources institute, corresponding author, Kazakh National University named after Al-Farabi, Almaty c., Kazakhstan, birzhanarystanbek@gmail.com

Ackley Leila – the student at Brynn Mawr College, text editor, Brynn Mawr, Pennsylvania, USA, lackley@brynmawr.edu

Zhubanova Azhar Akhmetovna – professor, doctor of biological sciences, scientific supervisor, Kazakh National University named after Al-Farabi, Almaty c., Kazakhstan, azhar_1941@mail.ru

Авторлар туралы мәлімет

Аймагамбетов Алан Темірланұлы – «Экология және биоресурстардың тұрақтылығы» ҒЗИ кіші ғылыми қызметкері, корреспондент-автор, әл-Фараби атындағы ҚазҰУ, Алматы қ., Қазақстан, anrayalan@gmail.com

Қайыр Дамир Арманұлы - «Экология және биоресурстардың тұрақтылығы» ҒЗИ кіші ғылыми қызметкері, автор, әл-Фараби атындағы ҚазҰУ, Алматы қ., Қазақстан, damir.kair16@gmail.com

Арыстанбекұлы Біржан – «Экология және биоресурстардың тұрақтылығы» ҒЗИ кіші ғылыми қызметкері, автор, әл-Фараби атындағы ҚазҰУ, Алматы қ., Қазақстан, birzhanarystanbek@gmail.com

Аклэй Лайла – Брин-Мар колледжінің студенті, автор, Брин Мар, Пенсильвания, АҚШ, lackley@brynmawr.edu

Жұбанова Ажар Ахметовна – профессор, биология ғылымдарының докторы, ғылыми жетекші, әл-Фараби атындағы, ҚазҰУ Алматы қ., Қазақстан, azhar_1941@mail.ru

Сведения об авторах

Аймагамбетов Алан Темирланұлы – младший научный сотрудник НИИ «устойчивости экологии и биоресурсов», корреспондент-автор, КазНУ им. аль-Фараби, г. Алматы, Казахстан, anrayalan@gmail.com

Кайыр Дамир Арманұлы – младший научный сотрудник НИИ «устойчивости экологии и биоресурсов», автор, КазНУ имени аль-Фараби, г. Алматы, Казахстан, damir.kair16@gmail.com

Арыстанбекулы Биржан — младший научный сотрудник НИИ «устойчивости экологии и биоресурсов», автор, КазНУ имени аль-Фараби, г. Алматы, Казахстан, birzhanarystanbek@gmail.

Аклеј Лайла – студент колледжа Брин Мар, автор, г. Брин Мар, штат Пенсильвания, США, lackley@brynmawr.edu

Жубанова Ажар Ахметовна – профессор, доктор биологических наук, научный руководитель, КазНУ имени аль-Фараби, г. Алматы, Республика Казахстан

Litovchenko I.N.¹, Lyutikova V.S.¹

¹National Scientific Center for Seismological Observations and Research of the Ministry of Emergency Situations of the Republic of Kazakhstan, Almaty c., Kazakhstan

THERMODYNAMIC PARAMETERS OF EARTHQUAKE SWARMS

Abstract. This article describes a method for recognizing earthquake swarms in seismicity and new data on their thermodynamic parameters. Earthquake swarms of the Northern Tien Shan and adjacent territories, recognized in the seismicity of this region for 2017-2024, are considered. Numerical values of thermodynamic parameters in the sources of swarms are obtained. This article is devoted to the first obtained results of calculating the thermodynamic parameters in the sources of earthquake swarms, which are made using a universal method. It is also shown that the behavior of thermodynamic parameters over time corresponds to the calculation model.

Keywords: earthquake swarms, seismicity of the Northern Tien Shan region, thermodynamic parameters

Introduction. Currently, the Earth's seismicity is actively increasing on a global and regional scale. Strong earthquakes occur in seismically active regions of the Earth, such as Turkey, Syria, Afghanistan, China, Taiwan, Japan, Russia, etc. Strong seismic events, for example, in January 2024y. in China, Aksu province, $M = 7.1$, numerous aftershocks had a magnitude of more than 4.0 [1]. Thus, on 03/04/2024 in Almaty there was a noticeable earthquake with $M = 4.7$. Along with historical catastrophic earthquakes: Vernenskoye, Keminskoye, Chilikskoye and others [2,3], the forecast and prevention of strong earthquakes is a priority task of seismology. The swarms of earthquakes recognized in the seismicity of the Northern Tien Shan region and adjacent territories for 2017-2024 are considered. [1-3, 4-7, 10] The need for research is dictated by the current stage of seismicity activation in the entire region. Swarms are background, impulsively arising and also impulsively disappearing shocks, and

vibrations of the earth's surface in certain areas of the study region. The spatio-temporal distribution of earthquake swarms in the region allows us to identify their concentration and location (Figure 1).

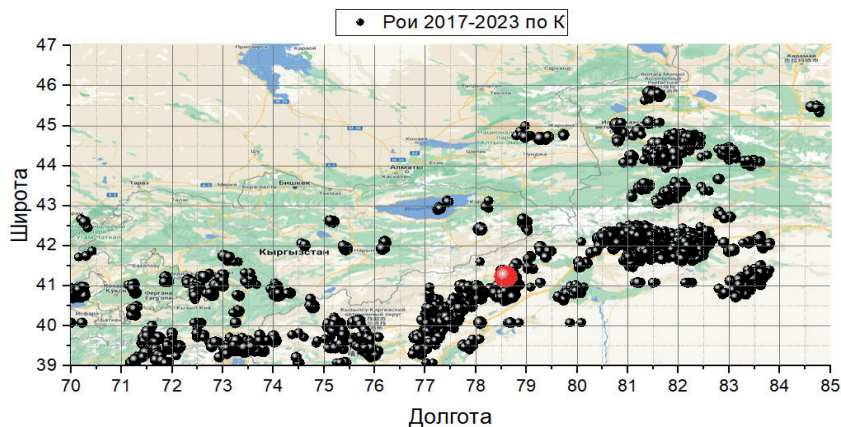


Figure 1. Spatio-temporal distribution of earthquake swarms recognized in the seismicity of the Northern Tien Shan and adjacent territories for 2017-2024 (the size of the radius of the swarms depends on the magnitude, in red is a strong earthquake on 03.04.2024 with a magnitude of $M=7.1$) [1]

Method and methodology of calculation. Method **The MGKI** method [8,11] was used to recognize swarms in the seismicity of the region. More details about it can be found in [7, 8,11]. Calculations of thermodynamic parameters in the foci of weak earthquakes ($M>1.6$) were carried out using the computational method from [4,9,10,13-15], which makes it possible to study in more detail the nature of the occurrence of earthquake swarms. For this purpose, swarms (with a magnitude greater than 1.6) of earthquakes were recognized using modern seismic data from the earthquake catalog [1], in particular, an algorithm and method for recognizing swarms [4,5,7,8,10] were used, and their thermodynamic parameters were calculated [13,14,15].

The calculation was carried out using a universal method [2-4,7-14], which resulted in obtaining numerical values of the thermodynamic parameters of earthquake swarms for 2017-2024. Note that earthquakes are sources of information about the physical parameters of the earth's crust and its stratification [2-4,5-7,9,13, 14]. The initial data for determining the thermodynamic parameters of earthquake swarms are the magnitude and

energy class of the earthquake. Table 1 shows the numerical values of some thermodynamic parameters of earthquake swarms.

Thermodynamic parameters in earthquake swarms are calculated using known and original equations from [2-4, 7-10, 13].

The thermodynamic parameters of swarms were considered in the following sequence: seismic wave energy (IgE); temperature of the source environment ($T^{\circ}C$); temperature stresses, deformation of the volume and shape of the source; density of deformation energy; potential energy of source deformation; ultimate strength of the medium in the destruction volume; determination of the ratio of the value of potential energy of deformation; destruction energy, etc. [2,7,13]. The presentation of the thermodynamic parameters of swarms is of great theoretical and practical importance for the quantitative assessment of geodynamic processes in the crust, as well as for the purposes of detailing seismotectonic zoning and clarifying the nature of the swarm. As shown in Table 1, parameters E and M are the energy and magnitude of earthquakes, V is the critical value of the source volume, U is the density of potential energy of seismic waves in a unit volume (erg/cm^3), E_k is the specific energy of change in the shape of the source, G is the bulk modulus of elasticity, K is the energy class, α_v – coefficient of volumetric thermal expansion, τ_{cr} – additional stresses released by the source, σ is the normal component of effective stresses, $Lg \eta$ is the logarithm of the viscosity of rocks in the source of swarms.

Table 1 – Thermodynamic parameters in the foci of earthquake swarms in the Northern Tien Shan region and adjacent territories for 2017-2024 [1]

Longi- tude	Lati- tude	Magni- tude	Depth	Ener- gy class	LgE	LgV	T(°C)	LgU (E rg/ cm ³)	Ek	G *10 ⁻¹¹ dynes/ cm ²	α_v 10 ⁻⁵ K ⁻¹	T _{cr} *10 ⁻⁸ dynes/ cm ²	ε	σ *10 ⁻⁹ dynes/ cm ²	lg η (P)
83.37	41.4	1.89	10	7.4	14	11.1	2381.7	2.8858	2.88	1.03615	4.44E-05	0.0015	0.1178	0.122	14.51
81.55	42.22	1.94	5	7.5	14.1	11.2	2356.4	2.891	2.89	1.04613	4.40E-05	0.00152	0.1156	0.120	14.63
83.43	41.3	2.5	5	8.5	15.3	12.4	2109.8	2.947	2.95	1.1544	3.99E-05	0.00167	0.0949	0.109	15.89
83.48	41.18	2.33	10	8.2	15.0	12.0	2182.5	2.930	2.93	1.12022	4.11E-05	0.00162	0.1008	0.112	15.52
80.08	40.82	2	25	7.6	14.2	11.3	2331.2	2.897	2.9	1.05626	4.36E-05	0.00153	0.1134	0.119	14.76
80.6	42.18	2.17	20	7.9	14.6	11.7	2256.3	2.913	2.91	1.08753	4.23E-05	0.00158	0.1069	0.116	15.14
80	40.82	1.89	20	7.4	14	11.1	2381.7	2.885	2.88	1.03615	4.44E-05	0.0015	0.1178	0.122	14.51
83.38	41.3	1.72	10	7.1	13.6	10.7	2458.51	2.869	2.87	1.00705	4.57E-05	0.00146	0.1247	0.125	14.12
80.63	42.25	1.89	15	7.4	14	11.1	2381.7	2.885	2.88	1.03615	4.44E-05	0.0015	0.1178	0.122	14.51
81.57	42.22	1.94	20	7.5	14.1	11.2	2356.46	2.891	2.89	1.04613	4.40E-05	0.00152	0.1156	0.120	14.63
81.55	42.27	1.72	20	7.1	13.6	10.7	2458.51	2.869	2.87	1.00705	4.57E-05	0.00146	0.1247	0.125	14.12
81.6	42.15	1.94	10	7.5	14.1	11.2	2356.46	2.891	2.89	1.04613	4.40E-05	0.00152	0.1156	0.120	14.63

Table 1 – Thermodynamic parameters in the foci of earthquake swarms in the Northern Tien Shan region and adjacent territories for 2017-2024 [1] (continuation)

79.97	40.87	2.06	15	7.7	14.3	11.4	2306.17	2.902	2.90	1.06653	4.31E-05	0.00155	0.1112	0.118	14.89
81.6	42.22	1.94	5	7.5	14.1	11.2	2356.46	2.891	2.89	1.04613	4.40E-05	0.00152	0.1156	0.120	14.63
80.67	42.25	1.83	10	7.3	13.8	10.9	2407.24	2.880	2.88	1.02631	4.48E-05	0.00149	0.1201	0.123	14.38
82.38	44.57	1.89	5	7.4	14	11.1	2381.79	2.885	2.88	1.03615	4.44E-05	0.0015	0.1178	0.122	14.51
82.2	44.67	2.06	20	7.7	14.3	11.4	2306.17	2.902	2.90	1.06653	4.31E-05	0.00155	0.1112	0.118	14.89
81.73	42.22	2.22	15	8	14.7	11.8	2231.64	2.919	2.92	1.09827	4.19E-05	0.00159	0.1049	0.115	15.27
81.62	42.13	2.11	10	7.8	14.5	11.6	2281.2	2.908	2.91	1.07696	4.27E-05	0.00156	0.1091	0.117	15.02
82.33	44.63	2.28	20	8.1	14.8	11.9	2207.04	2.924	2.92	1.10916	4.15E-05	0.00161	0.1028	0.114	15.39
81.62	42.15	2.17	10	7.9	14.6	11.7	2256.36	2.913	2.91	1.08753	4.23E-05	0.00158	0.1069	0.116	15.146
82.42	44.57	2.39	15	8.3	15.1	12.2	2158.2	2.935	2.93	1.13144	4.07E-05	0.00164	0.0988	0.111	15.64
82.93	44.45	1.67	20	7	13.4	10.6	2484.3	2.863	2.86	0.99762	4.61E-05	0.00145	0.1271	0.126	13.98
82.08	44.42	2.06	15	7.7	14.3	11.4	2306.1	2.902	2.90	1.06653	4.31E-05	0.00155	0.1112	0.118	14.89
81.6	42.18	2.11	15	7.8	14.5	11.6	2281.2	2.908	2.91	1.07696	4.27E-05	0.00156	0.1091	0.117	15.02
82.08	44.42	1.78	15	7.2	13.7	10.8	2432.8	2.874	2.87	1.01661	4.53E-05	0.00147	0.1224	0.124	14.25

Results. For each magnitude greater than 1.6, the values of the given thermodynamic parameters were calculated using the corresponding formulas from [2,7,13,14]. In this case: the logarithm of the specific (volume) energy density of seismic waves ($\lg U$), unlike ($\lg V$), is in a linear dependence on the magnitude. The value of the potential energy of seismic waves depends on the volume of the source and is practically independent of the specific energy density U , which follows from the differences in the changes in V and U for the range of magnitudes (see Table 1). When considering the relationships between energy and temperature in the sources of earthquake swarms, in theoretical terms, the probability of a relationship between the energy and magnitude of an earthquake with the thermodynamic parameters of the source of the swarms can be assumed from the very nature of the accumulation of thermoelastic stresses in the upper shells of the Earth.

Accumulation of stresses, according to the authors [2-4,5,6,7-14,15] is a consequence of uneven temperature distribution and differences in the physical properties of the geological environment. An indicator of stress concentration at depth is their discharge in the form of an earthquake. Empirical equations of the relationship according to [2,7-13] between the temperature in the earthquake source at the moment of release of additional elastic stresses and the energy in the swarm source: $T(K) = 196.8 K (\lg E_{\max} - \lg E)$, where 196.8 K is a constant that determines the number of degrees corresponding to a change in energy (E_{erg}) by one order of magnitude; $\lg E$ is the logarithm of the energy of seismic waves. A comparison of the values of the logarithm of the energy of seismic waves calculated using the computational method [2,13,14] and the temperatures in the swarm source calculated using the equations reveals, first of all, an inverse relationship between E and T , as well as between the magnitudes and temperatures. As the temperature in the swarm source increases, the magnitudes and, accordingly, the energy values of seismic waves decrease. A comparison of the calculated values of α_v with the data of its measurement under atmospheric pressure reveals the same nature of the increase in the value of α_v depending on the increase in temperature (T), although with the unambiguity of the order of magnitude, some discrepancy is noted in the value of the coefficient itself. The increase in the values of α_v with increasing temperatures is caused by the fact that the orientations of maximum thermal expansion and maximum compressibility are usually close. At the same time, a change in temperature and pressure in a unit volume leads to a partial mutual destruction of their effect, which

determines the parameter α_v as the average value of the thermoelastic change in volume. The change in deformation ϵ , bulk modulus of elasticity G and normal component of effective stresses σ in earthquake swarms are determined by equations [2,13,14] with substitution of the obtained values of α_v and corresponding temperatures $T(K)$. Comparison of the calculated data of the sizes ϵ , σ and G with temperature reveals that the first two of them increase with increasing temperatures, and the third one – bulk modulus of elasticity G – on the contrary, decreases. The relationships between the values of magnitude, seismic wave energy and shear modulus, on the one hand, and temperature and effective stresses, on the other, are in inverse proportions. With increasing temperature and, accordingly, effective stresses, the values of magnitude, seismic wave energy and shear modulus decrease. These relationships in the areas of seismically active orogens create a favorable geodynamic environment for the development of neotectonic deformations and partial melting of crustal matter. As can be seen from Figure 1, the contours of earthquake swarms are distributed unevenly throughout the study region in 2017-2024.

Conclusion. Based on the results of the conducted research on modern seismic data, numerical values of thermodynamic parameters in some sources of weak earthquakes (swarms) in the Northern Tien Shan region and adjacent territories for 2017-2024 were calculated. Thermodynamic parameters characterize the physical conditions in the sources of weak earthquakes, which gives a clearer idea of the nature of the occurrence of swarms.

Acknowledgments. The authors thank Academician of the National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan A.K. Kurskeyev for scientific guidance and the staff of the SOME [1] for the experimental observations provided. The work was carried out in the course of fundamental research in the laboratory of physics of geodynamic and seismic processes within the framework of the PCF code of the program BR24992763 "Assessment of seismic hazard of the territories of regions and cities of Kazakhstan on a modern scientific and methodological basis". Source of funding - the Ministry of Education and Science of the Republic of Kazakhstan.

References

- 1 Regional earthquake catalog // USGS Science for a changing world, <http://some.kz/>
- 2 Kurskeyev A.K. Earthquakes and seismic safety of Kazakhstan. Almaty, 2004. - 504 p.
- 3 Kurskeyev A.K., Kazakov V.V., Sydykov A., Sadykova A.B., Kurskeyeva L.A., Litovchenko I.N. Methodology and results of medium-term earthquake forecast in Northern Tien Shan // Abstracts of the Second International Geophysical Congress of Kazakhstan, 1998. - 1 p.
- 4 Lyutikova V.S., Litovchenko I.N. Physical and mathematical criteria for recognizing earthquake swarms in the seismicity of the Northern Tien Shan and adjacent territories // Proceedings of the collection "Modern methods of processing and interpreting seismological data" of the XVII international seismological school (Tashkent 11-15.09.23), Obninsk 2023. p. 67.
- 5 Lyutikova V.S., Litovchenko I.N. "Modern seismic visualization tools »// Proceedings of the IX International Conference "Knowledge-Ontologies-Theories" (ZONT - 2023). Novosibirsk. 2023. pp. 441-443.
- 6 Litovchenko I.N. Physical parameters of focal zones of strong earthquakes of the earth's crust of the Northern Tien Shan and adjacent territories//Bulletin of the NAS RK. Geological series. - N 5.-Almaty, 2009.- P.59-67.
- 7 Lyutikova V.S. Modern means of recognizing swarm activity in the Northern Tien Shan region and adjacent territories // materials of the international competition of the Commonwealth of Independent States countries "Best Researcher - 2023". P. 5-8.
- 8 Lyutikova V.S., Ismailova R.T. "Modern means of pattern recognition (on the example of earthquake swarms)" // Proceedings of the International Scientific and Practical Forum dedicated to the 30th anniversary of the Turan University Global changes: challenges of science and education. - Almaty, 2023. - P. 497-501.
- 9 Litovchenko I.N. On the method of calculating parameters in focal zones of strong earthquakes of the earth's crust (on the example of Northern Tien Shan) // Coll. reports of the 7th Kazakh-Chinese International Symp. "Earthquake forecast, assessment of seismic hazard and seismic risk of Central Asia. - Almaty, 2010. - P. 403-407.
- 10 Litovchenko I.N. Universality of the calculation method of some physical parameters in earthquake focal zones for seismically active regions of the Earth // Abstracts of the 5th International Symposium "Modern Problems of Geodynamics and Geoecology of Intracontinental Orogens " to the 75th anniversary of Yu. A. Trapeznikov (Kyrgyzstan, Bishkek, June 19 – June 24 2011 r): Abstracts of reports. – Bishkek, 2011. – Vol. 1, pp. 64-67.
- 11 Lyutikova V.S. IT technologies in earthquake swarm pattern recognition and their mathematical criteria// Proceedings of the international scientific and practical conference "Transformation of mechanics and mathematics education and IT

education in the context of digitalization". Minsk. 2023. pp. 177-181.

12 *Nersesov I.L., Teitelbaum Yu.M., Ponomarev V.S.* Preceding activation of weak seismicity as a predictor of strong earthquakes. - Reports of the USSR Academy of Sciences, 1979, Vol. 249, No. 6. - SS. 1335-1338.

13 *Tuliani L.I.* Seismicity and seismic hazard: based on thermodynamic and rheological parameters of the tectonosphere. M.: Scientific World, 1999. - 216s.

14 *Tuliani L.I.* Experience of earthquake forecasting in the Caucasus / L.I. Tuliani, L.E. Levin // Reports of the Academy of Sciences. - 2003. - V. 389, N 1. - P. 108-110. [Electronic resource] <http://mars.arbicon.ru/?mdl=content&id=27492>

15 *Tuliani L.I.* On the relationship between seismicity and physical parameters of the tectonosphere // DAN. - 1996. - Vol. 350, N 6. - P. 824-827.

Литовченко И.Н.¹, Лютикова В.С.¹

¹Национальный научный центр сейсмологических наблюдений и исследований Министерства чрезвычайных ситуаций Республики Казахстан, г. Алматы, Казахстан

ТЕРМОДИНАМИЧЕСКИЕ ПАРАМЕТРЫ РОЕВ ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЙ

Аннотация. В статье описывается метод распознавания рои землетрясений в сейсмичности и новые данные об их термодинамических параметрах. Рассмотрены очаги землетрясений Северного Тянь-Шаня и прилегающих территорий, распознанные в зоне сейсмичности этого региона за 2017-2024 гг. Получены численные значения термодинамических параметров в рои землетрясений. Статья посвящена впервые полученным результатам расчета термодинамических параметров в рои землетрясений, выполненным с использованием универсального метода. Также показано, что поведение термодинамических параметров во времени соответствует расчетной модели.

Ключевые слова: рои землетрясений, сейсмичность Северного Тянь-Шаня, термодинамические параметры

Литовченко И.Н.¹, Лютикова В.С.¹

¹Қазақстан Республикасы Төтенше жағдайлар министрлігінің Сейсмологиялық бақылаулар және зерттеулер ұлттық ғылыми орталығы, Алматы қ., Қазақстан

ЖЕР СІЛКІСУ ТОБЫНЫҢ ТЕРМОДИНАМИЯЛЫҚ ПАРАМЕТРЛЕРІ

Түйіндеме. Бұл мақалада сейсмикадағы жер сілкінісі ошақтарын тану әдісі және олардың термодинамикалық параметрлері туралы жаңа мәліметтер сипатталған. 2017-2024 жылдары осы аймақтың сейсмикасында танылған Солтүстік Тянь-Шань және оған жақын аумақтардың жер сілкіністерінің ошақтары қарастырылды. Ошақтардағы термодинамикалық параметрлердің сандық мәндері алынды. Бұл мақала ембебап әдісті қолдана отырып жасалған

жер сілкінісі ошақтарындағы термодинамикалық параметрлерді есептеудің алғашқы нәтижелеріне арналған. Уақыт бойынша термодинамикалық параметрлердің әрекеті есептеу моделіне сәйкес келетіні де көрсетілген.

Түйінді сөздер: жер сілкіністерінің ошақтары, Солтүстік Тянь-Шаньның сейсмикалығы, термодинамикалық параметрлер.

Information about the authors

Litovchenko Irina Nikolayevna – leading researcher, National Scientific Center for Seismological Observations and Research of the Ministry of Emergency Situations of the Republic of Kazakhstan, Almaty c., Kazakhstan, litovira@rambler.ru

Lyutikova Veronika Sergeevna – junior researcher, master of engineering and technology, National Scientific Center for Seismological Observations and Research of the Ministry of Emergency Situations of the Republic of Kazakhstan, Almaty c., Kazakhstan, nikki.valo16@gmail.com

Авторлар туралы мәліметтер

Литовченко Ирина Николаевна – жетекші ғылыми қызметкер, Қазақстан Республикасы Төтенше жағдайлар министрлігінің Сейсмологиялық бақылаулар және зерттеулер ұлттық ғылыми орталығы, Алматы қ., Қазақстан, litovira@rambler.ru

Лютикова Вероника Сергеевна — техника және технология магистрі, кіші ғылыми қызметкер, Қазақстан Республикасы Төтенше жағдайлар министрлігінің Сейсмологиялық бақылаулар және зерттеулер ұлттық ғылыми орталығы, Алматы қ., Қазақстан, nikki.valo16@gmail.com

Сведения об авторах

Литовченко Ирина Николаевна – ведущий научный сотрудник, Национальный научный центр сейсмологических наблюдений и исследований Министерства чрезвычайных ситуаций Республики Казахстан, г. Алматы, Казахстан, litovira@rambler.ru,

Лютикова Вероника Сергеевна – младший научный сотрудник, магистр техники и технологий, Национальный научный центр сейсмологических наблюдений и исследований Министерства чрезвычайных ситуаций Республики Казахстан, г. Алматы, Казахстан, nikki.valo16@gmail.com

Садықов С.О.¹, Орманбекова А.А.¹, Жұмахан Н.Б.¹

¹Алматы технологиялық университеті, Алматы қ., Қазақстан

IoT ЖӘНЕ ИНТЕЛЛЕКТУАЛДЫ ШЕШІМДЕР НЕГІЗІНДЕ ҚАЛАЛЫҚ ОРТА ЖАҒДАЙЫНДА ҒИМАРАТТАРДЫ ЭНЕРГИЯЛЫҚ ТИІМДІ БАСҚАРУ ЖҮЙЕСІ

Түйіндеме. Бұл мақалада қала жағдайында энергияны тиімді басқару жүйесін әзірлеу және енгізу мәселесі қарастырылады. Жүйенің мақсаты – автоматтандырылған басқару арқылы энергияны тұтынуды азайту, жайлылықты арттыру және пайдалану шығындарын азайту. Жұмыста IoT және интеллектуалды шешімдер арқылы деректерді жинау, талдау әдістері және параметрлер мониторингі қарастырылған. Әртүрлі сенсорлар мен энергия тұтынуды болжау және реттеу модульдерін қамтитын жүйенің архитектурасы ұсынылады. HVAC, жарықтандыру және басқа да ресурстарды адаптивті және болжамды алгоритмдер арқылы басқаруға басты назар аударылған. Мақалада пилоттық жобалар, инженерлік жүйелермен интеграциялау, қызметкерлерді оқыту, сондай-ақ қалалық инфрақұрылым деңгейінде жүйені масштабтау бойынша ұсыныстар талқыланады. Ұсынылған жүйе заманауи ғимараттардың энергия тиімділігін арттыруға және ақылды қалаларды дамытуға бағытталған.

Түйінді сөздер: энергиялық тиімділігі, IoT, интеллектуалды басқару, ақылды ғимараттар, энергетикалық ресурстар, қалалық орта, болжамды алгоритмдер.

Кіріспе. Соңғы онжылдықтарда тұрақты даму мен энергетикалық ресурстарды ұтымды тұтынуға ұмтылыс көптеген елдер, оның ішінде Қазақстан үшін басымдыққа айналды. Құрылыс және ғимараттарды пайдалану саласы энергия көлемін айтарлықтай тұтынады, бұл энергиялық тиімді шешімдерді енгізуді қажет етеді. Қалалық орта жағдайында көпқабатты тұрғын және коммерциялық ғимараттарда энергоресурстарды басқаруды оңтайландыру қажеттілігі тұрғындар санының өсуі мен инфрақұрылымның тығыздығының жоғары болуына байланысты артып келеді.

Жұмыстың мақсаты – қалалық орта жағдайында энергия тұтынуды оңтайландыру үшін IoT технологиялары мен интеллектуалды шешімдер негізінде ғимараттарды энергия тиімді басқару жүйесін әзірлеу.

Зерттеудің мақсаты – қолданыстағы шешімдерді талдау. Ғимаратты басқарудағы Интернет заттар (IoT) технологиялары. 2012 жылы сенсорлар саласында орын алған елеулі өзгерістер IoT технологияларының дамуын жылдамдатып, көптеген компаниялар үшін цифрлық трансформацияны жеделдетті. Жаңа технологиялар микроэлектромеханикалық жүйелердің (MEMS: механикалық және электрлік компоненттерді микрофабрикациялау арқылы жасалатын шағын құрылғылар) пайда болуына әкелді. Бұл технология сенсорларды өте шағын етіп жасауға мүмкіндік берді, сондықтан оларды, мысалы, киімге орнатуға болады. Бүгінде IoT «ақылды» ғимараттарды іске асыруда басты рөл атқарады. Олар ішкі және сыртқы орта туралы деректерді жинауға мүмкіндік беретін сенсорлар мен құрылғылар желілерін қамтамасыз етеді. IoT қосымшалары энергия тұтыну, климаттық жағдайлар, жабдықтың жағдайы және басқа да мәліметтер туралы үлкен көлемдегі деректерді бақылауға және талдауға мүмкіндік береді. Интеллектуалды термостаттар, жарықтандыру сенсорлары, ылғалдылық сенсорлары және қозғалыс сенсорлары сияқты құрылғылар нақты уақыт режимінде алынған деректер негізінде энергоресурстарды басқарып, олардың тұтынуын азайта алады.

Мысалы, Google Nest және Ecobee сияқты ақылды термостаттар температура мен жұмыс кестесі туралы деректерді талдап, жылыту және кондиционерлеу параметрлерін динамикалық түрде реттей алады. Бұл құрылғылар энергияны минималды тұтыну кезінде оңтайлы температураны сақтауды үйренеді. Энергоресурстарды басқарудың интеллектуалды алгоритмдері. Жасанды интеллект (ЖИ) заманауи энергетика саласында маңызды құралға айналып, энергетикалық жүйелерді оңтайландыру мен болжау үшін жаңа мүмкіндіктер ұсынады. Озық технологияларды энергетикамен үйлестіре отырып, ЖИ ресурстарды тиімді пайдалануға және энергия тұтынуды басқаруға мүмкіндік береді. Үлкен көлемдегі деректерді, мысалы, ауа райы жағдайлары мен тұтынушылардың әдеттерін талдай отырып, ЖИ энергияға деген сұранысты дәл болжай алады. Бұл энергетикалық компаниялар-

ға ресурстарды тиімдірек бөлуге, шығындарды азайтуға және электр станцияларының жұмысын оңтайландыруға мүмкіндік береді. Мысалы, ЖИ ыстық ауа райында электр энергиясына сұраныстың артуын болжай алады және электр энергиясын өндіруді алдын ала түзетеді.

ЖИ сондай-ақ электр энергиясын тұтынуды тәулік бойы неғұрлым біркелкі бөле отырып, жүктеменің оңтайлы кестесін жасауға көмектесе алады. Бұл шыңдық жүктемелерден және онымен байланысты электр энергиясын өндіру мен тасымалдауға жұмсалатын артық шығындардан аулақ болуға мүмкіндік береді. Сонымен қатар, ЖИ энергия сақтау құрылғыларын басқарып, зарядтау мен разрядтау үшін оңтайлы уақытты анықтай алады. Нақты уақыт режиміндегі деректерді пайдалана отырып, ЖИ жүйені ағымдағы жағдайларға бейімдеп, энергиямен жабдықтау тиімділігі мен сенімділігін арттыра алады. Мысалы, егер электр станциясында апат орын алса, ЖИ энергия ағындарын қайта бөлуді тез жүзеге асырып, тұтынушыларға әсерін барынша азайта алады.

ЖИ тұтынушылармен өзара әрекеттесіп, энергия тұтынуды басқару бойынша ұсыныстар бере алады. Мысалы, ол энергияны тарифтердің төмен кезінде қалай пайдалану керектігін ұсына алады немесе үй шаруашылықтары мен кәсіпорындарға энергия тиімділігін арттырудың жолдарын көрсете алады.

Іске асыру мысалдары және олардың тиімділігі. Зерттеулер көрсеткендей, мұндай шешімдерді өртүрлі қабаттардағы ғимараттарға енгізу энергия тұтынуды ғимараттың ерекшеліктеріне және технологиялық жабдықтау деңгейіне байланысты 20-40%-ға азайтуға мүмкіндік береді. Сәтті жобалардың мысалдарына Жапония, Германия және АҚШ сияқты елдердегі шешімдер жатады, онда энергиялық тиімді жүйелер қалалық энергетикалық желілерге түсетін жүктемені азайтуға көмектеседі.

Энергетикалық желілердегі сұраныс пен ұсынысты басқару: Siemens және Schneider Electric сияқты компаниялар энергияға деген сұранысты дәл болжау және оны ұсынысымен теңестіру үшін ЖИ пайдаланады. Бұл өнеркәсіпте және кәсіпорындарда энергия тұтынуын автоматты түрде реттеуді қамтиды әрі үлкен жүктемелерді төмендетуге мүмкіндік береді.

Ақылды электр желілері (Smart Grids): IBM компаниясы сияқты

интеллектуалды желілерді құру жобалары ЖИ-ды тұтынушылардың есептегіштерінен, метеостанциялардан және басқа көздерден деректерді талдау үшін қолданады. Бұл энергияның желіде таралуын және тұтынуын болжауға және оңтайландыруға, сондай-ақ желінің сенімділігін арттырып, пайдалану шығындарын азайтуға мүмкіндік береді.

Honeywell компаниясының ақылды ғимараттарды басқару жүйелері: Бұл жүйелер жылу, вентиляция және кондиционерлеу жүйелерін бақылау мен басқару үшін кешенді IoT шешімдерін пайдаланады. Бұл шешімдер жылыту және салқындату бойынша энергияны 20%-ға дейін үнемдеуді қамтамасыз етеді.

Ұсынылған жүйенің архитектурасы. Жүйенің жалпы құрылымы. Өзірленіп жатқан энергияны үнемдейтін басқару жүйесі келесі негізгі деңгейлерді қамтитын көп қабатты архитектураға негізделген:

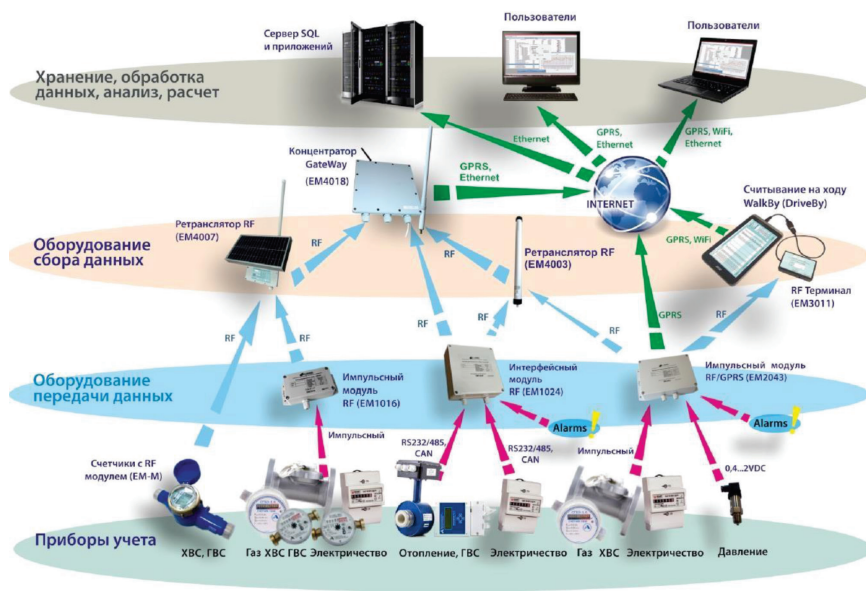
Датчиктер мен деректерді жинау құрылғыларының деңгейі: қоршаған ортаның параметрлерін (температура, ылғалдылық, жарық), энергия мен көмірқышқыл газын тұтыну көрсеткіштерін өлшейтін IoT сенсорларын қамтиды. Құрылғылар орталық басқару жүйесіне деректерді беруді қамтамасыз ететін шлюздерге қосылған.

Аралық деңгей-шлюздер мен деректерді өңдеу түйіндері: архитектураның осы бөлігіндегі құрылғылар орталық жүйеге жүктемені азайту және жүйенің қоршаған ортаның өзгеруіне жылдам жауап беруін қамтамасыз ету арқылы деректерді алдын ала өңдеуге және сүзуге жауап береді.

Орталық деңгей – бұлтты платформа: негізгі деректер қоймасын, аналитикаға қол жеткізуді және деректерді өңдеуді қамтамасыз етеді. Бұл деңгейде деректер талданады және құрылыс жүйелерін басқару үшін сигналдар жасалады.

Басқару және бақылау деңгейі: энергияны оңтайлы тұтыну үшін жылыту, жарықтандыру және желдету жүйелерінің жұмысын бейімдейтін Машиналық оқыту мен болжамды модельдерге негізделген интеллектуалды алгоритмдерді қамтиды (1-сурет).

Жүйенің негізгі модульдері. Параметрлерді бақылау модулі – ғимараттың ішіндегі және сыртындағы ағымдағы жағдайлар туралы деректерді жинауға және бастапқы өңдеуге жауап беретін жүйенің негізгі элементі. Модульде температура, ылғалдылық, жарықтандыру, үй-жайлардың толықтығы және көмірқышқыл газының концентра-



1-сурет – жүйе архитектурасының мысалы

циясы, сондай-ақ әртүрлі жүйелердің қуат тұтынуы сияқты қоршаған орта параметрлерін тікелей бақылауға арналған бірқатар сенсорлар мен құрылғылар бар.

Бұл жұмыста, жолда немесе демалыста болсаңыз да, үйді және ондағы барлық нәрсені басқаруды жеңілдетеді. Айта кету керек, мұндай жүйелер адамның қауіпсіздігін де, жайлылығын да қамтамасыз ету үшін қолданылады.

Су немесе газ ағып кеткен жағдайда, жүйе бұл оқиғаны жазып және пайдаланушыға дыбыстық сигнал беріп қана қоймайды, сонымен қатар өшіру клапанын автоматты түрде іске қосады және қауіпті аймақта электр қуатын өшіреді.

Қауіпсіздік жүйесінің жұмысы туралы егжей-тегжейлі есептерді және бейнекамералардан жазуды кез-келген уақытта Интернет арқылы алуға болады, ал егер қаласаңыз, SMS немесе веб-интерфейс арқылы бірқатар әрекеттерге араласуға болады.

Осыған байланысты SmartThings қуатты бақылау құралын ұсынады. Үйді бақылау жинағы виртуалды құлақ пен көз ретінде әрекет

ету үшін арнайы жасалған. Бұл сіздің пәтеріңізде не болып жатқаны туралы алаңдамай күнделікті мәселелерді шешуге мүмкіндік береді. Жинаққа әртүрлі сенсорлар, құлыптар, камералар және басқа да көптеген құрылғылар кіреді. Мысалы, есікті ашатын сенсорлар гараждың, кіреберіс есіктердің және терезелердің күйін басқара алады. Қозғалыс сенсорлары пәтердегі әртүрлі қозғалыстарды үнемі қадағалап отырады, ал ақылды розеткалар белсенді құрылғылар туралы хабарлайды.

Датчиктер деректерді шлюздерге – орталық серверге немесе бұлттық платформаға жібермес бұрын оларды алдын ала өңдейтін құрылғыларға жібереді. Бұл оларға:

- берілетін деректер көлемін азайту және желідегі жүктемені азайтуға;
- шулы деректерді жою және жіберілген ақпараттың дәлдігін жақсарту үшін сүзуді орындауға;
- жергілікті есептеулерді орындау және шешімдерді тезірек қабылдау, мысалы, пайдаланылмаған бөлмелердегі жарықты өшіруге мүмкіндік береді.

Бақылау модулі берілген параметрлерден ауытқуларды анықтауға арналған (мысалы, белгілі бір аймақтарда тым көп қуат тұтыну, қызып кету немесе гипотермия). Алгоритмдер анықталған ауытқулар туралы хабарламаларды автоматты түрде жібере алады. Бұл ақауларға уақтылы жауап беруге және төтенше жағдайлардың, сондай-ақ артық шығындардың алдын алуға және энергия шығындарын азайтуға мүмкіндік береді.

Энергияны тұтынуды болжау модулі. Модуль бақылау модулі жинаған бұрынғы энергия тұтыну деректерің, соның ішінде температура, ылғалдылық, адамдардың болу кестелері және энергия шығынына әсер ететін әрекеттер туралы ақпаратты пайдаланады. Бұл деректер тұтынудың қоршаған орта факторларына тәуелділігі мен заңдылықтарын анықтау үшін талданады. Осы тәсіл әдеттегі және бірегей тұтыну сценарийлерін ескеретін тұрақты модель құруға мүмкіндік береді.

Модульдің негізі сызықтық регрессия, нейрондық желілер және уақыт қатарларының әдістерінің бірі Машиналық оқыту және статистикалық талдау алгоритмдері болып табылады. Олар деректердегі жасырын үлгілерді анықтауға және нақты уақыттағы өзгерістерді ескере

отырып, қуат тұтынуды болжауға мүмкіндік береді. Негізгі тәсілдерге мыналар жатады:

- Тарихи деректер мен ағымдағы жағдайларға негізделген тұтынуды болжауға арналған *регрессиялық модельдер*;
- Көлемді деректерден үйренетін және күрделі сценарийлерді дәлірек болжайтын *нейрондық желілер мен шешім ағаштары*;
- Тұтынудың маусымдық және уақыттық ауытқуларын ескеретін *уақыт қатарларының әдістері*.

Басқару модулі – бақылау модулінен және энергияны тұтынуды болжау модулінің болжамдарынан алынған мәліметтер негізінде командалардың орындалуын қамтамасыз ететін, энергияны үнемдейтін ғимаратты басқару жүйесінің құрамдас бөлігі. Оның міндеті – ғимараттың инженерлік жүйелерінің жұмысын оңтайлы ету, жайлылық жағдайларын сақтау және энергия шығынын азайтуға бейімдеу. Басқару модулінің негізгі функциялары: кіріс деректерді талдау және командаларды қалыптастыру. Басқару модулі бақылау модулінен келетін деректерді өңдейді, сонымен қатар жүйенің параметрлерін реттеу үшін энергияны тұтыну болжамдарын қолданады. Ағымдағы жағдайлар мен болжамдарға сүйене отырып, ол ғимараттарды жылыту, желдету және кондиционерлеу (HVAC), жарықтандыру және қуат тұтынатын құрылғылар сияқты әртүрлі жүйелер үшін командалар құрады. Басқару модулі тәулік уақытына, үй-жайларды пайдалану кестесіне және басқа факторларға байланысты реттелетін берілген сценарийлер бойынша жұмыс істей алады. Мысалы:

Модуль түнде және белсенділігі төмен кезеңдерде энергия тұтынатын жабдықтың жұмысын барынша азайтатын энергия үнемдеу режимі. Ыңғайлы режим, жұмыс уақытында және ғимаратты пайдалану шыңында пайдаланушылардың жайлылығын арттыру үшін ауаны баптау және жарықтандыру реттеледі. Төтенше жағдай режимі, егер электр қуаты өшіп қалса немесе басқа күтпеген жағдайлар болса, басқару модулі маңызды жүйелерді қорғау үшін ауысады және барлық негізгі емес ресурстарды өшіреді. Деректерді жинау және талдау механизмдері ғимараттарды энергияны тиімді басқару жүйесінің орталық элементтері болып табылады. Олар әртүрлі көздерден деректерді ұқыпты және уақтылы жинауды және басқару шешімдерін қабылдау үшін оларды кейіннен өңдеуді қамтамасыз етеді. Энергия

тиімділігін басқару жүйесінің жұмысы энергия тұтынуды, микроклиматты және үй-жайларды жұмыспен қамту деңгейін талдауға көмектесетін сенсорлар мен IoT құрылғыларынан келетін сапалы деректерсіз тиімсіз болмақ.

Деректерді жинау мен талдаудың негізгі кезеңдері.

IoT құрылғылары мен сенсорларынан деректерді жинау.

Жүйе температура, ылғалдылық, жарық, көмірқышқыл газының концентрациясы, сондай-ақ адамдардың болуы туралы деректер сияқты қоршаған орта параметрлерін өлшеу үшін ғимаратта орнатылған көптеген IoT сенсорларын пайдаланады. Энергияны тұтыну датчиктері энергияны тұтынуды дәл есепке алу үшін ғимараттың негізгі жүйелері мен жеке аймақтарына да орнатылған.

Деректерді алдын ала өңдеу

Жиналғаннан кейін деректер алдын-ала өңдеу кезеңінен өтеді, онда Шу сигналдары, дұрыс емес немесе қате деректер жойылады. Өңдеу деректерді орталық қоймаға жібермес бұрын сүзетін жергілікті шлюздерде жүреді, бұл жүйеге жүктемені азайтады және аналитикалық деректердің дәлдігін арттырады.

Деректерді сақтау

Өңделген деректер аналитикалық және басқару модульдері қол жеткізе алатын орталық дерекқорда немесе бұлттық қоймада сақталады. Деректерді ұзақ мерзімді сақтау ретроспективті талдауға және трендтерді анықтауға, сондай-ақ болжамды модельдерді үйрету үшін деректерді пайдалануға мүмкіндік береді.

Нақты уақыттағы деректерді талдау және болжамды талдау

Жиналған деректерді талдау үшін уақыт сериялары, регрессиялық модельдер және нейрондық желілер сияқты Машиналық оқыту алгоритмдері қолданылады. Бұл алгоритмдер ресурстарды тұтыну және қоршаған орта факторлары арасындағы байланысты анықтауға көмектеседі. Нақты уақыттағы талдау жүйеге ғимараттардың жұмысын автоматты түрде реттеуге мүмкіндік береді, ал болжамды талдау болашақта қуатты тұтынуды оңтайландыру үшін ақпарат береді.

Есептер жасау және деректерді визуализациялау

Жиналған мәліметтер негізінде жүйе есептерді қалыптастырады және негізгі параметрлерді визуализациялайды. Бұл операторларға энергияны тұтынудың қазіргі тенденцияларын жақсы түсінуге және

жүйелердің тиімділігін бағалауға көмектеседі. Бейнелеу сонымен қатар энергияны тым жоғары тұтынатын проблемалық аймақтарды анықтауды жеңілдетеді және ауытқуларға уақтылы жауап беруге мүмкіндік береді.

Төмендегі диаграммадан (2 сурет) ғимараттың энергия тұтынуындағы маусымдық өзгерістерін байқауға болады. Бұл әртүрлі жүйелердің температура мен жарық деңгейінің өзгеруіне қалай бейімделетінін анық көрсетеді.



2-сурет – ғимараттың айлар бойынша энергия шығыны

Деректерді жинау және талдау механизмдері ғимараттардың энергияны тиімді басқару жүйесінің жұмыс істеуіне негіз болады. Деректерді жинау, алдын-ала өңдеу және сақтаудың нақты жүйесі болмаса, энергияны оңтайландыруға қол жеткізу және инженерлік жүйелерді адаптивті басқаруды қамтамасыз ету мүмкін емес.

Ғимараттың энергия ресурстарын басқару моделі (1-кесте) ғимараттың ішіндегі және сыртындағы өзгермелі жағдайларды ескере отырып, энергияны тиімді және ұтымды пайдалануды қамтамасыз етуге арналған. Ол инженерлік жүйелердің жұмысын бақылау және бейімдеу үшін бақылау жүйесі жинаған деректерге және энергияны

тұтыну болжамдарына сүйенеді. Басқару моделінің негізгі компоненттеріне жүйелердің жұмысын бақылау, талдау, реттеу және оңтайландыру кіреді.

1-кесте – Энергия ресурстарын басқару моделінің схемасының мысалы

Компонент	Сипаттама
Деректерді жинау	Температура, ылғалдылық, жарық, CO ₂ және қуат тұтыну көрсеткіштерінен деректерді алу.
Өңдеу және талдау	Деректерді сүзу, біріктіру және алдын ала өңдеу; негізгі көрсеткіштерді анықтау.
Болжау	Қысқа мерзімді және ұзақ мерзімді болжамдарды құру Машиналық оқыту алгоритмдеріне негізделген энергияны тұтыну.
Оңтайландыру	Энергияны үнемдеу сценарийлерін құру, жүктемені бөлу және ғимарат жүйелерін адаптивті басқару.
Кері байланыс және оқыту	Тиімділікті бағалау негізінде жүйені бейімдеу; энергия тиімділігін жақсарту үшін басқару модельдері мен сценарийлерін түзету.

Энергияны басқарудың бұл моделі инженерлік жүйелерді ұзақ мерзімді перспективада ғимараттың энергия тиімділігі мен тұрақтылығын қамтамасыз ететін бірыңғай басқару шешіміне біріктіруге мүмкіндік береді. IoT және смарт шешімдерге негізделген энергияны үнемдейтін ғимаратты басқару жүйесі энергияны тұтынуды оңтайландыру, пайдаланушылардың жайлылығын арттыру және экологиялық көрсеткіштерді жақсарту үшін болашағы зор платформа болып табылады. Жүйені сәтті енгізу және одан әрі кеңейту үшін келесі аспектілерді ескеру қажет.

Жүйені енгізу кезеңдері. Басқару жүйесін бірнеше ғимараттарға біріктірмес бұрын, оның функционалдығын нақты жағдайда сынау үшін пилоттық жобадан бастаған жөн. Пилоттық жоба ықтимал кедергілерді анықтауға және жүйені бейімдеу үшін нақты деректерді алуға мүмкіндік береді. Келесі маңызды қадам – жабдықты таңдау. Ғимараттың қажеттіліктерін талдау температураны, ылғалдылықты,

жарықтандыруды, көмірқышқыл газын және қуат тұтынуды бақылауға қолайлы IoT құрылғылары мен сенсорларын анықтайды. Техникалық қызмет көрсету шығындарын азайтатын өзін-өзі диагностикалау функциясы бар жабдықты пайдалану ұсынылады. HVAC және жарықтандыру сияқты ғимараттың қолданыстағы инженерлік жүйелері біріктірудің негізгі аспектісі болып табылады. Оны BACnet немесе KNX сияқты әртүрлі жүйелермен үйлесімді стандарттар мен хаттамаларды қолдану арқылы жеңілдетуге болады. Бағдарламалық жасақтаманы орнату ғимараттың қажеттіліктерін және оны пайдалану сценарийлерін ескеруі керек, осылайша операторлар деректерге оңай қол жеткізе алады және жүйені басқара алады. Жүйені тиімді пайдалану үшін жүйені басқару және техникалық қызмет көрсету бойынша техникалық персоналды оқыту қажет.

Жүйені қалалық деңгейде масштабтау. Жүйені көптеген ғимараттарға кеңейту кезінде әртүрлі нысандардан деректерді бірыңғай басқару платформасына біріктіретін жалпы инфрақұрылымды дамыту қажет болады. Бұған деректерді орталықтан талдауға және жүйелерді басқаруға мүмкіндік беретін бұлтты технологияларды қолдану арқылы қол жеткізуге болады. Масштабтаудың маңызды элементі нақты уақыт режимінде талдау мүмкіндігімен деректердің үлкен көлемін сақтауды, өңдеуді және оларға қол жеткізуді қамтамасыз ететін бірыңғай дерекқорды құру болады.

Қала деңгейінде масштабтау кезінде ғимараттарды аймақтарға бөлу және жергілікті басқару алгоритмдерін қолдану мүмкіндігін қарастыруға болады. Бұл энергия ресурстарын дәл басқаруды қамтамасыз ете отырып, әр ғимараттың әртүрлі қажеттіліктері мен ерекшеліктерін ескеруге мүмкіндік береді. Болжамдар мен басқарудың дәлдігін жақсарту үшін жаңа деректерге бейімделе алатын және өзін-өзі оқыта алатын болжамды алгоритмдерді енгізу ұсынылады. Мұндай Алгоритмдер уақыт өте келе жүйенің тиімдірек болуына көмектеседі. Масштабтау кезінде деректерді қорғау қажеттілігі де артады, сондықтан тасымалдау және сақтау кезеңдерінде сенімді шифрлауды қамтамасыз ету және авторизацияланған пайдаланушыларға қол жеткізу жүйесін құру маңызды.

Аяқтау және тиімділікті бақылау. Жүйені жаңа деңгейде енгізгеннен кейін нәтижелерді үнемі бағалау және басқару алгоритмдеріне

түзетулер енгізу маңызды. Мұндай бағалаулар энергияны үнемдеуді, пайдаланушылардың жайлылық деңгейін және жағдайлардың өзгеруіне жауап беру жылдамдығын талдауға негізделуі мүмкін. Жүйені үнемі жаңартып отыру және жақсарту оның өзгеріп отыратын жұмыс жағдайларына бейімделуіне және энергия ресурстарын басқарудың озық әдістерін қолдануға мүмкіндік береді.

Қорытынды. IoT және интеллектуалды шешімдерге негізделген ғимараттарға энергияны тиімді басқару жүйесін енгізу және масштабтау энергия шығындарын едәуір азайтуға, жайлылықты арттыруға және инженерлік жүйелердің қызмет ету мерзімін ұзартуға мүмкіндік береді. Пилоттық жобалар, қолданыстағы жүйелермен интеграция, болжамды модельдерді қолдану және деректердің қауіпсіздігін қамтамасыз ету жүйені сәтті енгізу және кеңейту үшін ескерілуі керек негізгі аспектілер болып табылады.

Зерттеуді қаржыландыру көзі.

Жұмыс Алматы Технологиялық Университетінің «Автоматтандыру және робототехника» кафедрасының қолдауымен орындалды.

Алғыс. Алғыс Авторлар Алматы Технологиялық университетінің «Автоматтандыру және робототехника» кафедрасының меңгерушісі Орманбекова Айнура Алибековнаға зерттеулерді ұйымдастыруға және жүргізуге көмектескені үшін алғыс айтады.

References

- 1 Il i energetika: klyuch k effektivnomu upravleniyu energeticheskimi resursami [AI and energy: the key to efficient management of energy resources] // Dzen – 2019.
- 2 Prognostirovanie i planirovanie potrebleniya elektroenergii s pomoshch'yu machine learning [Forecasting and planning of electricity consumption using machine learning] // Habr.
- 3 Yarosh E.V. Ispol'zovanie interneta veshchej (IoT) dlya upravleniya energopotrebleniem v umnyh gorodakh [Using the Internet of Things (IoT) for energy management in smart cities]// Zhurnal «Aktual'nye issledovaniya» #16 (198), aprel' 24.
- 4 Eliseev E. Internet veshchej (IoT) i ego vliyanie na umnye zdaniya [The Internet of Things (IoT) and its impact on smart buildings] // FriDom – 2022.

5 Sistema upravlениya energopotreblenіem zdaniya (BEMS)- chto eto? [Building Energy Management System (BEMS)-what is it?]/ Dzen -2020.

6 Anishchenko V.A., Kozlovskaya V.B. Metody i sredstva upravleniya energosnabzhenіem i potreblenіem elektroenergii [Methods and means of energy supply and consumption management]: uchebnoe posobie – Minsk: BNTU, 2013. -202p.

7 Rozyev A. Suvhanberdiev R. KakadzhanoV A. Ashyrov K. Avtomatizirovannaya sistema upravleniya elektrosnabzhenіem zdaniya [Automated building power supply control system]/ Mezhdunarodnyj zhurnal «Simvol nauki» - #12–2023.

8 Avtomatizaciya sistem upravleniya energosnabzhenіem [Automation of power supply control systems] // TMRsila-M – Minsk -2023.

Садыков С.О.¹, Орманбекова А.А.¹, Жумахан Н.Б.¹

¹Алматинский технологический университет, г. Алматы, Казахстан

СИСТЕМА УПРАВЛЕНИЯ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТЬЮ ЗДАНИЙ В ГОРОДСКОЙ СРЕДЕ НА ОСНОВЕ ИОТ И ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫХ РЕШЕНИЙ

Аннотация. В статье рассматривается разработка и внедрение системы энергоэффективного управления зданиями на базе технологий Интернета вещей (IoT) и интеллектуальных решений для городской среды. Цель системы — минимизация энергопотребления, повышение комфорта и снижение эксплуатационных затрат за счет автоматизированного управления системами умного здания. В работе анализируются существующие решения, предлагается архитектура системы, включающая датчики, модули прогнозирования и регулирования, а также механизм сбора и анализа данных. Основное внимание уделено управлению HVAC, освещением и другими ресурсами, с использованием адаптивных и предсказательных алгоритмов. Обсуждаются этапы внедрения, включая пилотные проекты, интеграцию с инженерными системами и обучение персонала, а также рекомендации по масштабированию системы на уровень городской инфраструктуры. Система направлена на повышение энергоэффективности и устойчивости современных зданий, что является важным этапом в создании умных городов.

Ключевые слова: энергоэффективность, IoT, интеллектуальное управление, умные здания, энергетические ресурсы, городская среда, прогностические алгоритмы.

Sadykov S.O.¹, Ormanbekova A.A.¹, Zhumakhan N.B.¹

¹Almaty Technological University, Almaty c., Kazakhstan

ENERGY EFFICIENCY MANAGEMENT SYSTEM FOR BUILDINGS IN THE URBAN ENVIRONMENT BASED ON IOT AND INTELLIGENT SOLUTIONS

Abstract. This article explores the development and implementation of an energy-efficient building management system based on Internet of Things (IoT) technologies and smart solutions for urban environments. The system aims to reduce energy consumption, enhance comfort, and lower operational costs through automated control of engineering systems. The study analyzes existing solutions and proposes system architecture incorporating sensors, forecasting, and control modules, along with mechanisms for data collection and analysis. Key areas include HVAC, lighting, and other resources, managed through adaptive and predictive algorithms. The paper discusses the stages of implementation, including pilot projects, integration with building systems, and staff training, as well as recommendations for scaling the system to city infrastructure levels. The system aims to improve energy efficiency and sustainability in modern buildings, a crucial step in developing smart cities.

Keywords: energy efficiency, IoT, intelligent control, smart buildings, energy resources, urban environment, predictive algorithms.

Авторлар туралы мәліметтер

Садықов Самат Оспанович – 2-курс магистранты, Алматы технологиялық университеті, Алматы қ., Қазақстан, samat.1092@mail.ru

Жұмахан Нұржан Бейбітұлы - аға оқытушы, техника ғылымдарының магистрі, Алматы технологиялық университеті, Алматы қ., Қазақстан, n.zhumakhan@atu.edu.kz

Орманбекова Айнура Алибековна – PhD докторы, Алматы технологиялық университеті, Алматы қ., Қазақстан, a.ormanbekova@atu.edu.kz

Сведения об авторах

Садықов Самат Оспанович – магистрант 2-го курса, Алматинский технологический университет, г. Алматы, Казахстан, samat.1092@mail.ru

Жумахан Нуржан Бейбитұлы – сеньор-лектор, магистр технических наук, Алматинский технологический университет, г. Алматы, Казахстан, n.zhumakhan@atu.edu.kz

Орманбекова Айнура Алибековна – PhD-доктор, Алматинский технологический университет, г. Алматы, Казахстан, a.ormanbekova@atu.edu.kz

Information about the authors

Sadykov Samat Ospanovich – 2nd year Master's student, Almaty Technological University, Almaty c., Kazakhstan, samat.1092@mail.ru

Zhumahan Nurzhan Beibituly – Senior Lecturer, Master of Technical Sciences, Almaty Technological University, Almaty c., Kazakhstan, n.zhumakhan@atu.edu.kz

Ormanbekova Ainur Alibekovna – PhD doctor, Almaty Technological University, Almaty c., Kazakhstan, a.ormanbekova@atu.edu.kz

Василевская О.Ф.¹, Василевская Е.О.¹, Бахшян А.И.¹

¹ ТОО «Полифлекс», г. Алматы, Казахстан

РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИИ ОЧИСТКИ ЖИДКОЙ ФАЗЫ ХВОСТОХРАНИЛИЩА СОРБЦИИ ОТ МЫШЬЯКА И ЦИАНИДОВ

Аннотация. Проведены лабораторные исследования по определению оптимальных расходов реагентов для очистки слива хвостохранилища сорбции. Установлено, что лучшие результаты по очистке водной фазы от растворенных ионов мышьяка и цианидов достигаются при дозировании окислителя в виде 12,5% раствора FeSO_4 в количестве 1,0–1,5 мл/дм³ при создании pH на уровне 7,2–7,5 и последующей подаче Metalsorb FZ на уровне 0,5 мл/дм³. Подтверждена возможность доизвлечения золота из образовавшегося осадка. Обнаружено, что после обработки стоков для сброса в хвостохранилище флотации 15% раствором FeSO_4 из расчета 1 дм³/м³ водная фаза приобретает цветность. Были проведены эксперименты по изменению цветности воды с изменением расхода сульфата железа от 1,0 до 3,0 мл/дм³. Сделан вывод, что содержание мышьяка после обработки только FeSO_4 возрастает в 6 раз, железа в 4 раза. Разработан и предоставлен к обсуждению Технологический Регламент на очистку накопленной воды хвостохранилища сорбции на ЗИФ АО «Altyntau Kokshetau» от ионов мышьяка и цианида. Предоставленные результаты показали технологическую возможность снижения вредных примесей мышьяка и цианистых соединений в жидкой фазе хвостохранилища сорбции. Предложена Технологическая схема очистки от мышьяка и цианидов слива хвостохранилища сорбции. Рассмотрен контроль технологического процесса очистки слива и условия ТБ при работе с предлагаемыми реагентами.

Ключевые слова: сливы хвостохранилища, сорбции, обеззараживание сливных вод, очистка от мышьяка и цианида, металсорб, загрязняющие вещества, очистка вод хвостохранилища, доизвлечение золота.

Введение. Методы очистки сточных вод можно разделить на механические, химические, физико-химические и биологические. Загрязнённые сточные воды очищают также с помощью ультразвука, озона, ионообменных смол и высокого давления. Хорошо зарекомендовала себя очистка путём хлорирования. Химической очисткой достигается уменьшение нерастворимых примесей до 95% [1-3].

Одним из основных направлений работы по охране водных ресур-

сов является внедрение новых технологических процессов производства, переход на замкнутые (бессточные) циклы водоснабжения, где очищенные сточные воды не сбрасываются, а многократно используются в технологических процессах. Замкнутые циклы промышленного водоснабжения дадут возможность полностью ликвидировать сбрасываемые сточных вод в поверхностные водоемы, а свежую воду использовать для пополнения безвозвратных потерь [4-5].

В горно-металлургической промышленности намечено более широкое внедрение малоотходных и безотходных технологических процессов, дающих наибольший экологический эффект. Большое внимание уделяется повышению эффективности очистки производственных сточных вод. Существенное влияние на повышение водооборота может оказать внедрение высокоэффективных методов очистки сточных вод, в частности физико-химических, из которых одним из наиболее эффективных является применение реагентов.

Использование реагентного метода очистки производственных сточных вод не зависит от токсичности присутствующих примесей [6-10], что по сравнению со способом биохимической очистки имеет существенное значение.

Комплексообразователь марки метасорб для осаждения ионов тяжелых металлов, находящихся в ионной форме [11] в жидкой фазе сточных вод. В данном случае комплексообразующая группа содержит сульфид, которая химически привита на органическую молекулу. Органометаллическое осаждение относится к структуре образования хлопьев.

Metalsorb эффективен с большим рядом металлов и одновременно удаляет различные комбинации тяжелых металлов. Сила комплексообразования дитиокарбаматных групп позволяет напрямую осадить связанные в комплексы металлы. Химически устойчивый осадок не выделяет вторичные загрязнения. Полимерный реагент применяется в широких областях pH (в основном в области 3-10) и температур.

Методы с использованием сульфата или хлорида железа (III) при осаждении мышьяка наиболее дешёвы, достаточно эффективны, поддаются контролю и управлению. Они в большинстве случаев обеспечивают очистку сточных вод до санитарных норм и удовлетворительные свойства твердых осадков при хранении.

Достаточно глубокая очистка кислых растворов от мышьяка достигается при гидролитическом соосаждении его с трехвалентным железом. Практически после одно-стадийной гидролитической очистки (60–80°C, pH = 3-8) получают растворы, содержащие ОД-5 мг/дм³ As. При сочетании операций известкования и осаждения арсената железа и проведении многостадийной очистки в ряде случаев удается снизить содержание мышьяка в растворе до 0,01–0,03 мг/дм³. Эффек-

тивность осаждения мышьяка выше 99,9% может быть достигнута при применении методов охлаждения мышьяка с фосфатами, экстракции, сорбции и др. Для очистки больших объемов воды, содержащей значительное количество мышьяка, практическое значение имеет метод химического осаждения в виде трудно растворимых соединений, например в форме арсенидов и арсенатов кальция.

Для очистки больших объемов воды, содержащей значительное количество мышьяка, практическое значение имеет метод химического осаждения в виде трудно растворимых соединений, например в форме арсенидов и арсенатов кальция.

Общепринятым методом очистки в настоящее время является известковый. Он прост, но имеет существенные недостатки. Во-первых, мышьяк осаждается неполно и остаточные концентрации его в растворе иногда во много раз превышают санитарную норму. Во-вторых, при длительном хранении известковых осадков происходит загрязнение мышьяком природных вод.

На золотоизвлекающей фабрике АО «Altyntau Kokshetau» проблемным вопросом является накопление объема водной фазы в хвостохранилище сорбции.

Хвостохранилище сорбции разделено на три карты. В каждой карте сосредоточено определенное количество воды и твердого.

В настоящее время осуществляется сосредоточенный сброс хвостов сорбции только в третью карту, где происходит накопление твердой фазы, в картах №1 и №2 аккумулируется водная фаза. Целью разделения хвостохранилища сорбции на карты являлось: отстаивание жидкой фазы от твердых взвешенных веществ и обособленное складирование твердой фазы в картах.

Объем накопленной воды с высоким содержанием цианид - ионов и ионов мышьяка является критичным, что может привести к экологическим проблемам и проблемам промышленной безопасности.

Накопленная вода в хвостохранилище сорбции — это фактор, который может явиться причиной порыва дамбы хвостохранилища сорбции и привести к экологической катастрофе, так как скорость испарения жидкой фазы с поверхности хвостохранилища сорбции меньше, чем количество поступающей пульпы, наблюдается постепенное увеличение уровня, а хвостохранилище сорбции по высотным отметкам находится на одном уровне с прудом хвостохранилища флотации.

Цель исследований - снижение объема накопленной воды в хвостохранилище сорбции ЗИФ «АТК», исключение риска экологической катастрофы при возможном размыве дамбы хвостохранилища, в сливе которого отмечается высокое сверхнормативное содержание вредных компонентов в том числе мышьяка и циан-ионов с возмож-

ностью использования очищенной водной фазы в качестве оборотной воды.

Методы исследований. Лабораторные исследования для подбора реагентов-окислителей для корректировки воды до нейтральных значений pH и марки комплексообразователя для очистки водной фазы слива хвостохранилища сорбции производится в литровых цилиндрах по стандартной методике. После замеров pH при нейтральных значениях вводится установленное количество определенной марки Металсорба и перемешивается с помощью штоковой мешалки. Через 30 мин. разделения фаз жидкую фазу отфильтровывают и направляют на химический анализ для определения содержания основных загрязняющих веществ.

Для проведения промышленных испытаний проведен расчет оборудования для очистки слива окислительного пруда из расчета 300 м³/час и направления доочищенной воды в канал питания хвостохранилища флотации – источника оборотной вода обогатительной фабрики.

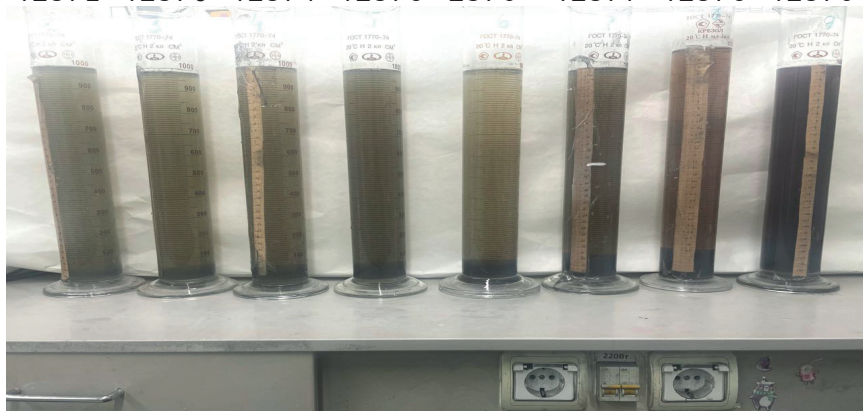
Результаты лабораторных исследований. Для разработки технологического регламента по доочистке водной фазы хвостохранилища сорбции необходимо дополнительно провести тестирование различных расходов для выбора оптимального дозирования реагентов при минимальных значениях загрязняющих веществ.

В первой серии опытов (тесты 2-9) на 1 дм³ вводили 1,0 мл 12,5% водный раствор FeSO₄ и перемешивали со всем объемом воды. Предварительно было установлено, что это количество является минимальным оптимальным расходом для создания требуемого pH для контакта с вводимым металсорбом и образование осадка, включающего загрязняющие вещества из водной фазы.

Затем дозировались различные расходы металсорба, замерялись pH и через 25 мин. отстоя и определялся объем образованных осадков.

Результаты проведенных экспериментов приведены на рисунке 1 и в таблице 1.

ТЕСТ 2 ТЕСТ 3 ТЕСТ 4 ТЕСТ 5 ТЕСТ 6 ТЕСТ 7 ТЕСТ 8 ТЕСТ 9

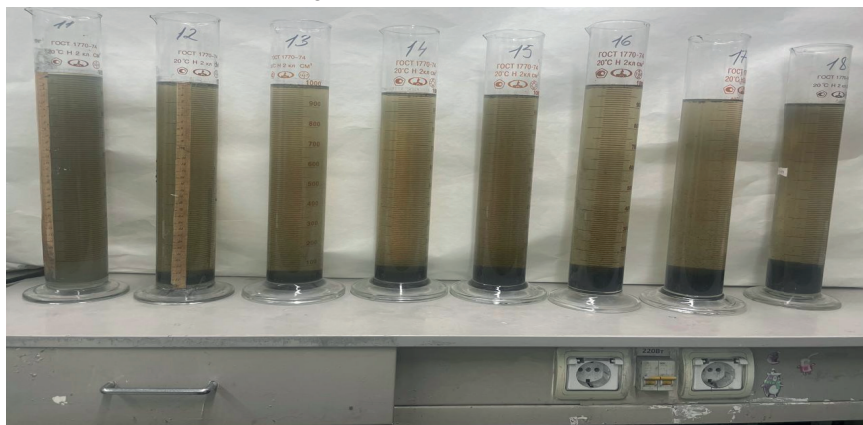


Расход MS, мл/дм³

0,1 0,2 0,3 0,4 0,5 0,7 0,8 1,0

Рисунок 1 - Проведение исследований по очистке слива х/х сорбции при подаче 12,5% раствора окислителя в количестве 1,0 мл и различных расходов Металсорба

ТЕСТ 11 ТЕСТ 12 ТЕСТ 13 ТЕСТ 14 ТЕСТ 15 ТЕСТ 16 ТЕСТ 17 ТЕСТ 18



Расход MS, мл/дм³

0,1 0,2 0,3 0,4 0,5 0,7 0,8 1,0

Рисунок 2 - Проведение исследований по очистке слива х/х сорбции при подаче различных расходов Металсорба и 1,0 мл 12,5% раствора окислителя

Таблица 1 - Результаты химических анализов доочистки стоков хвостохранилища сорбции

Номер опыта	pH	общ. жестк. $\Sigma[C^{2+}M^{2+}]$	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Cu	As (ICAP)	Fe (ICAP)	S сульфат	CN-токс.	CNS-
Тест 1	7,66	14,19	211,14	44,42	0,051	9,203	12,020	2 357	0,812	380,00
Тест 2	7,46	14,82	205,37	55,50	0,023	0,472	4,197	2 336	н/о	310,00
Тест 3	7,29	15,10	210,98	55,50	н/о	0,091	9,119	2 338	н/о	650,00
Тест 4	7,48	15,50	221,88	53,75	н/о	1,001	5,977	2 308	н/о	370,00
Тест 5	7,38	14,54	214,51	46,56	н/о	0,609	7,534	2 330	н/о	360,00
Тест 6	7,37	13,38	217,87	30,42	н/о	0,082	5,712	2 363	н/о	310,00
Тест 7	8,12	14,60	214,67	47,24	0,002	2,061	0,260	2 300	н/о	370,00
Тест 8	7,40	15,02	216,59	51,22	0,003	0,190	0,344	2 365	н/о	470,00
Тест 9	8,21	14,17	209,86	44,91	0,003	4,170	1,592	2 323	н/о	380,00
Тест 10	7,58	13,04	207,29	32,76	0,061	8,930	12,710	2 307	2,930	430,00
Тест 11	7,18	14,17	207,77	46,17	н/о	0,415	17,650	2 312	н/о	430,00
Тест 12	7,33	13,03	204,09	34,60	0,007	0,365	6,588	2 346	н/о	360,00
Тест 13	7,32	15,37	216,75	55,31	0,009	0,353	8,837	2 367	н/о	500,00
Тест 14	7,55	14,05	218,84	38,01	н/о	0,105	2,298	2 343	н/о	410,00
Тест 15	7,55	13,69	219,80	33,05	н/о	0,247	1,275	2 311	н/о	450,00
Тест 16	7,77	14,57	215,63	46,27	н/о	0,102	3,298	2 344	н/о	560,00
Тест 17	7,43	14,16	214,35	42,09	0,001	2,028	1,534	2 381	н/о	340,00
Тест 18	8,19	13,83	216,75	36,64	н/о	2,977	1,024	2 419	н/о	340,00

*н/о – не опознано

Напоминаем, что основной задачей было снижение содержания растворенных ионов мышьяка – основного токсичного загрязняющего вещества в водной фазе хвостов сорбции. Анализируя результаты химического анализа опытов, показывает, что при очистке стоков хвостохранилища сорбции предложенная технология очистки позволяет практически до 99% снизить количество растворенных ионов мышьяка, причем последовательность подачи реагентов имеет большое значение.

Приведенные результаты показывают, что при дозировании 1,0 мл/дм³ 12,5% FeSO₄ и Металсорба в количестве 0,5 мл/дм³ именно в таком порядке позволяет исключить содержание ионов меди, токсичных цианидов и снизить показатели остальных загрязняющих веществ.

Проведение опытно-промышленных испытаний. Эти показатели предлагаемой технологии легли в основу разработки технологического регламента для очистки

250,0 м³/ч при проведении опытно-промышленных испытаний и возможности сброса в питание хвостохранилища флотации для увеличения количества оборотной воды на фабрику АТК.

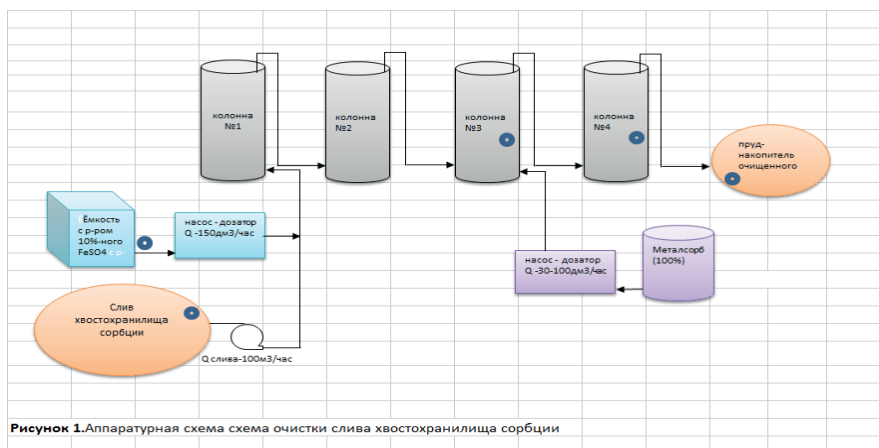


Рисунок 1. Аппаратурная схема очистки слива хвостохранилища сорбции

Рисунок 3 – Аппаратурная схема очистки слива хвостохранилища сорбции

На рисунке 3 представлена аппаратная схема очистки водной фазы хвостохранилища сорбции.

В качестве окислителя применялся раствор железного купороса 15%-ной концентрации (1 ступень очистки) и полимерный реагент - комплексообразователь ионов тяжёлых металлов Metalsorb (вторая

ступень) в виде водного раствора, готовый к употреблению, не требует предварительного разбавления и дополнительного оборудования для приготовления.

Опытно-промышленная установка очистки слива хвостохранилища сорбции состоит из четырёх параллельно установленных колонн. Объём каждой колонны составляет 5м³. Водная фаза хвостохранилища сорбции перекачивался насосами непосредственно из пруда в колонну №1. В эту же колонну (№1) была организована подача раствора железного купороса 15,0%-ной концентрации, и в колонну №3 подавался полимерный реагент Metalsorb в установленных расходах через насосы-дозаторы.

Полностью очищенная водная фаза хвостохранилища сорбции поступала в пруд-отстойник с последующей транспортировкой по водному каналу в питание хвостохранилища флотации.

В таблице 2 представлены результаты эффективности очистки водной фазы хвостохранилища сорбции.

Таблица 2 - Результаты эффективности очистки водной фазы хвостохранилища сорбции

Наименование	Содержание загрязняющих веществ, мг/дм ³		
	Cu	As	CN ⁻ общий
	До очистки		
Исходный слив хвостохранилища сорбции	5,54	20,27	0,81
	После очистки сульфатом железа		
После обработки раствором железного купороса			
	2,0	2,5	0,37
	После очистки сульфатом железа и Metalsorb		
Очищенная водная фаза перед сбросом в пруд-отстойник	0,92	1,64	0,36
Эффективность очистки с FeSO ₄ , %	63,89	87,66	54,32
Эффективность очистки FeSO₄+ Metalsorb FZ, %	83,48	91,90	55,60

Обсуждение результатов. Основным преимуществом применения предлагаемой технологии очистки водной фазы хвостохранилища сорбции является возможность максимально снизить содержание

основных загрязняющих веществ с показателями ниже, чем в оборотной воде, поступающей на ОФ АТК.

Следует отметить, что технология работает в потоке независимо от объема очищаемой водной фазы в час. Этот положительный эффект позволяет ускорить сброс слива хвостохранилища сорбции для снижения нагрузки на показатели экологической обстановки работы данного объекта.

Полимерные реагенты класса Металсорб содержат порядка 10 модификаций, которые используются для перевода ионов тяжелых и /или других металлов в осадки. Только благодаря тестированию всех марок был подобран полимерный реагент, который максимально очищает слив хвостохранилища сорбции от ионов мышьяка и цианидов.

Вывод. Проведены дополнительные лабораторные исследования по определению оптимальных расходов реагентов для очистки слива хвостохранилища сорбции. В результате экспериментов установлено, что лучшие результаты по очистке водной фазы от растворенных ионов мышьяка и цианидов достигаются при дозировании окислителя в виде 12,5% раствора FeSO_4 в количестве 1,0 – 1,5 мл/дм³ при создании pH на уровне 7,2-7,5 и последующей подаче Metalsorb на уровне 0,5 мл/дм³.

В объеме 130 литров провели обработку реагентами и в соответствии с установленными расходами был образован осадок в количестве 53,0 гр. По результатам экспресс-анализов установлено, что в образовавшемся осадке **содержание золота составляет 52,41 г/т концентрата**. В результате проведенных экспериментов подтверждена возможность доизвлечения золота из образовавшегося осадка и следует продолжить исследования с учетом дисперсионной характеристики осадка в данной технологии. На основании проведенных лабораторных и опытно-промышленных испытаний в течении 3 месяцев подтверждена эффективность разработанной технологии очистки сливов хвостохранилища сорбции от основных загрязняющих веществ до требуемых значений позволит увеличить объем оборотной воды, поступающей на обогатительную фабрику.

Следует обратить внимание на значительное снижение растворенных ионов серы, т.к. в выпавшем осадке при обработке сульфатом железа и предприятием Металсорб содержание возрастает практически в 12 раз, что положительно скажется на процессе сорбции. Разработан и предоставлен к обсуждению Технологический Регламент

на очистку накопленной воды хвостохранилища сорбции на ЗИФ АО «Altıntau Kokshetau» от ионов мышьяка и цианида.

Источник финансирования исследований. Работа выполнена на основании финансирования утвержденных ежегодных Планов проведения НИР для предприятий ТОО «Казцинк».

Список литературы

- 1 Алферова А.А. Замкнутые системы водного хозяйства промышленных предприятий, комплексов и районов / А.А. Алферова // М.: Стройиздат. - 2008. - №14. - С. 25-35
- 2 Беспамятнов Г.П. Предельно допустимые концентрации химических веществ в окружающей среде, /К.К.Рихтер//Химия 1987, 450 с.
- 3 Евилевич А.З. Утилизация осадков сточных вод. М.: Стройиздат 1989
- 4 Кунц К.Л. Комплексное использование и охрана водных ресурсов. / Кунц К.Л. Металлургия, 2021. - 394 с.
- 5 Жуков А.И. Методы очистки производственных сточных вод / А.И. Жуков // М.: Стройиздат. - 2008. - 114с.
- 6 Кушни Дж.К. "Удаление металлов из сточных вод" /М: Дж.К. Кушни. Металлургия, 2010,436 с.
- 7 Смирнов Д.Н. "Очистка сточных вод в процессах обработки. Водохозяйственный комплекс России: понятие, состояние, проблемы// Водные ресурсы, 2010, N5.-с.617-632.
- 8 Розенталь Е.Д. Анализ эффективности инвестиций в восстановление водных ресурсов//Водные ресурсы. Вода, Промышленность, Водные ресурсы, Восстановление, Эффективность. 1989.259 с.
- 9 Путилина В.С., Галицкая И.В., Юганова Т.И. Поведение мышьяка в почвах, горных породах и подземных водах. Трансформация, адсорбция / десорбция, миграция: анализ. обзор. Учреждение Рос. акад. наук Гос. публич. науч.-техн. б-ка Сиб. отд-ния РАН, Учреждение Рос. акад. наук Ин-т геоэкологии им. Е. М. Сергеева РАН. - Новосибирск: ГПНТБ СО РАН, 2011. - 249 с.
- 10 Серова В.А., Коган Б.И. Способы очистки сточных вод и технологических растворов от мышьяка. М.: Цветмет информация, - 1977. - 52 с.
- 11 Kobya M., Akyol E., Demirbas M.S. Oncel. Removal of arsenic from drinking water by batch and continuous electrocoagulation processes using hybrid Al-Fe plate electrodes, 2013. - 32с.

References

- 1 Alferova A.A. Zamknutyte sistemy vodnogo khozyaystva promyshlennykh predpriyatiy, kompleksov i rayonov / A.A. Alferova // M.: Stroyizdat. - 2008. - №14. - S. 25-35

- 2 *Bespamyatnov G.P.* Predel'no dopustimyye kontsentratsii khimicheskikh veshchestv v okruzhayushchey srede, /K.K.Rikhter//Khimiya 1987, 450 s
- 3 *Yevilovich A.Z.* Utilizatsiya osadkov stochnykh vod. M.: Stroyizdat 1989
- 4 *Kunts K.L.* Kompleksnoye ispol'zovaniye i okhrana vodnykh resursov. / Kunts K.L. Metallurgiya, 2021. - 394 s.
- 5 *Zhukov A.I.* Metody ochistki proizvodstvennykh stochnykh vod / A.I. Zhukov // M.: Stroyizdat. - 2008. - 114s
- 6 *Kushni Dzh.K.* "Udaleniey metallov iz stochnykh vod" /M: Dzh.K. Kushni. Metallurgiya, 2010, 436 s
- 7 *Smirnov D.N.* "Ochistka stochnykh vod v protsessakh obrabotki. Vodokhozyaystvennyy kompleks Rossii: ponyatiye, sostoyaniye, problemy// Vodnyye resursy, 2010, N5.-s.617-632
- 8 *Rozental' Ye.D.* Analiz effektivnosti investitsiy v vosstanovleniye vodnykh resursov//Vodnyye resursy. Voda, Promyshlennost', Vodnyye resursy, Vosstanovleniye, Effektivnost'. 1989.259 s.
- 9 *Putilina V.S., Galitskaya I.V., Yuganova T.I.* Povedeniye mysh'yaka v pochvakh, gornykh porodakh i podzemnykh vodakh. Transformatsiya, adsorbtsiya / desorbtsiya, migratsiya: analit. obzor. Uchrezhdeniye Ros. akad. nauk Gos. publich. nauch.-tekhn. b-ka Sib. otd-niya RAN, Uchrezhdeniye Ros. akad. nauk In-t geokologii im. Ye. M. Sergeyeva RAN. -Novosibirsk: GPNTB SO RAN, 2011. - 249 s.
- 10 *Serova V.A., Kogan B.I.* Sposoby ochistki stochnykh vod i tekhnologicheskikh rastvorov ot mysh'yaka. M.: Tsvetmet informatsiya, - 1977. - 52 s.
- 11 *Kobyva M., Akyol E., Demirbas M.S. Oncel.* Removal of arsenic from drinking water by batch and continuous electrocoagulation processes using hybrid Al-Fe plate electrodes, 2013. - 32c.

Васи́левская О.Ф.¹, Васи́левская Е.О.¹, Бахшыя А.И.¹

¹ТОО «Полифлоск», Алматы, Қазақстан

СОРБЦИЯ ҚАЛДЫҚ ҚОЙМАСЫНЫҢ СҰЙЫҚ ФАЗАСЫН МЫШЬЯК ПЕН ЦИАНИДТЕРДЕН ТАЗARTУ ТЕХНОЛОГИЯСЫН ӘЗІРЛЕУ

Түйіндеме. Сорбция қалдық қоймасының ағызбасын тазарту үшін реагенттердің оңтайлы шығындарын анықтау бойынша зертханалық зерттеулер жүргізілді. Мышьяк пен цианидтердің еріген иондарынан су фазасын тазартудың ең жақсы нәтижелеріне тотықтырғышты 1,0–1,5 мл/дм³ мөлшерінде 12,5% FeSO₄ ерітіндісі түрінде дозалау кезінде рН 7,2–7,5 деңгейінде құру және Metalsorb FZ 0,5 мл/дм³ деңгейінде беру кезінде қол жеткізілетіні анықталды.

Алынған шөгіндіден алтынды қосымша алу мүмкіндігі расталды. Флотация қалдық қоймасына 1дм³/м³ мөлшерінде 15% FeSO₄ ерітіндісімен ағызу үшін ағындыны өңдегеннен кейін су фазасының түске енетіні анықталды. Темір сульфатының шығынын 1,0-ден 3,0 мл/дм³ -ке дейін өзгерте отырып, судың түсін өзгерту бойынша эксперименттер жүргізілді. Мышьяқтың құрамы тек FeSO₄ өңдеуден кейін 6 есе, темір 4 есе артады деген қорытынды жасалды. «Altyntau Kokshetau» АҚ алтын шығаратын зауытына мышьяк пен цианид иондарынан сорбция қалдық қоймасының жинақталған суын тазартуға

арналған Технологиялық регламент әзірленді және талқылауға ұсынылды. Ұсынылған нәтижелер сорбция қалдық қоймасының сұйық фазасында мышьяк пен цианид қосылыстарының зиянды қоспаларын азайтудың технологиялық мүмкіндігін көрсетті. Сорбция қалдық қоймасының ағызбасын мышьяк пен цианидтерден тазартудың технологиялық схемасы ұсынылған. Ұсынылған реагенттермен жұмыс істеу кезінде ағызбаны тазартудың технологиялық процесін бақылау және техникалық қауіпсіздік шарттары қарастырылады.

Түйінді сөздер: сорбция қалдықтар қоймасының ағызбалары, ағызба суларын залалсыздандыру, мышьяк пен цианидтен тазарту, металлсорб, лаптаушы заттар, қалдық қоймасының суларын тазарту, алтынды қосымша өндіру.

Vasilevskaya O.F.¹, Vasilevskaya E.O.¹, Bakhshyan A.I.¹

¹LLP «Poliflox», Almaty c., Kazakhstan

DEVELOPMENT OF A TECHNOLOGY FOR PURIFYING THE LIQUID PHASE OF A TAILINGS STORAGE FACILITY FROM ARSENIC AND CYANIDES

Abstract. Laboratory studies were conducted to determine the optimal reagent dosages for the treatment of effluent from the tailings storage facility via sorption. It was established that the best results for the removal of dissolved arsenic ions and cyanides from the aqueous phase are achieved by dosing an oxidizing agent in the form of a 12.5% solution of FeSO_4 at a rate of 1.0–1.5 ml/dm³, while maintaining a pH level between 7.2 and 7.5, followed by the application of Metalsorb FZ at a dosage of 0.5 ml/dm³. The feasibility of recovering gold from the resultant precipitate was confirmed. It was observed that after treatment of the effluent for discharge into the flotation tailings storage facility with a 15% solution of FeSO_4 at a rate of 1 dm³/m³, the aqueous phase acquired color. Experiments were conducted to assess the variation in water color in relation to the dosage of iron sulfate, ranging from 1.0 to 3.0 ml/dm³. It was concluded that the concentration of arsenic after treatment solely with FeSO_4 increases sixfold, while the concentration of iron rises fourfold. A Technological Regulation for the treatment of accumulated water from the sorption tailings storage facility at JSC “Altyntau Kokshetau” has been developed and presented for discussion. The results provided demonstrate the technological feasibility of reducing harmful impurities, specifically arsenic and cyanide compounds, in the liquid phase of the sorption tailings storage. A technological scheme for the purification of arsenic and cyanides from the effluent of the sorption tailings storage has been proposed. The control of the technological process for the treatment of the effluent and the safety conditions when working with the proposed reagents have been examined.

Keywords: tailings dump discharges, sorption, disinfection of discharge waters, purification from arsenic and cyanide, metalsorb, pollutants, purification of tailings dump waters, additional gold extraction.

Авторлар туралы мәліметтер

Василевская Ольга Федоровна – техника ғылымдарының кандидаты, «Полифлоск» ЖШС директоры, Алматы қ., Қазақстан, polifloks@gmail.com
Жұмысқа қосқан үлесі: мақалаға ағынды суларды тазарту технологиясын жасау.

Василевская Екатерина Олеговна – «Полифлоск» ЖШС директорының орынбасары, Алматы қ., Қазақстан, polifloks@gmail.com
Жұмысқа қосқан үлесі: зертханалық және тәжірибелік сынақтар кезінде реагенттерді таңдау арқылы тазарту дәрежесін бақылау.

Бахшян Арина Игоревна – магистр, «Полифлоск» ЖШС жетекші инженері, Алматы қ., Қазақстан, polifloks@gmail.com
Жұмысқа қосқан үлесі: зертханалық, тәжірибелік-өндірістік сынақтарды жүргізу және мақала жоспарын құру.

Сведения об авторах

Василевская Ольга Федоровна – кандидат технических наук, директор ТОО «Полифлоск», г. Алматы, Казахстан, polifloks@gmail.com

Вклад в работу: разработка технологии очистки сточной воды для статьи.

Василевская Екатерина Олеговна – заместитель директора ТОО «Полифлоск», г. Алматы, Казахстан, polifloks@gmail.com

Вклад в работу: мониторинг степени очистки по подбору реагентов при проведении лабораторных и опытно-промышленных испытаний.

Бахшян Арина Игоревна – магистр, ведущий инженер ТОО «Полифлоск», г. Алматы, Казахстан, polifloks@gmail.com

Вклад в работу: проведение лабораторных, опытно-промышленных испытаний и составление плана статьи.

Information about the authors

Vasilievskaya Olga Fedorovna – Candidate of Technical Sciences, Director of LLP “Poliflox,” Almaty c., Kazakhstan, poliflox@gmail.com
Contribution to the work: Development of wastewater treatment technology for the article.

Vasilievskaya Ekaterina Olegovna – Deputy Director of LLP “Poliflox,” Almaty c., Kazakhstan, poliflox@gmail.com

Contribution to the work: Monitoring the degree of purification through the selection of reagents during laboratory and pilot industrial tests.

Bakhshyan Arina Igorevna – Master’s degree holder, Leading Engineer at LLP “Poliflox,” Almaty c., Kazakhstan, poliflox@gmail.com
Contribution to the work: Conducting laboratory and pilot industrial tests and drafting the article plan.

Baizakov A.T.¹, Saginaev M.E.²

¹National Centre for State Scientific and Technical Expertise, Legal Support
Department, Almaty c., Kazakhstan

²Caspian University, Department of Law, Almaty c., Kazakhstan

«THE MARTIAN» AND ROMAN LAW

Abstract. The article examines the role of Roman law in the development of space law in the Republic of Kazakhstan. Despite the fact that Kazakhstan has ratified the main international agreements in the field of peaceful exploration of outer space, a huge number of legal problems of a theoretical and practical nature in the field of space law remain unresolved. Of particular importance in space law, is the question of the legal regime of space objects (Mars and other celestial bodies): what regime of property rights applies to celestial bodies; what is the procedure for extracting resources from celestial bodies and the procedure for their appropriation? Particular attention is paid to issues of legal regulation of celestial bodies and problems of determining their legal regime (if they cannot be objects of property rights, what regime of property rights applies to them?). Throughout the ongoing examination, sources of Roman law whose categories and legal constructs may play a significant role in resolving current issues in space law are considered. Particular attention is paid to the legal category *res communes omnium*, developed by the eminent Roman jurist Martianus. According to many jurists, the category of *res communes omnium* is directly enshrined in international agreements on the exploration of outer space. However, there are theoretical and practical problems in implementing the category of *res communes omnium* in the field of space law. Since the above problem is theoretical in nature, scientific works in the field of Roman law that directly address the topic of our research will undoubtedly help to shed light on this issue.

Keywords: space law, Roman private law, *res communes omnium*, Mars, celestial bodies, property law, Roman jurists.

Introduction. In 2015, Ridley Scott's famous film *The Martian*, based on Andy Weir's book of the same name, was released worldwide. The film is about an astronaut named Mark Watney who is left alone on Mars, whose training and ingenuity help him survive until a new group of astronauts arrives. However, what does *The Martian* have to do with legal

science and Roman law? The fact is that the film touched on legal issues, in particular, issues of space law.

First, in one of the episodes of the film, Mark Watney discusses the application of space law on Mars. In this case, he mentions Article 2 of the Treaty on Principles Governing the Activities of States in the Exploration and Use of Outer Space, including the Moon and Other Celestial Bodies, which establishes the principle of non-appropriation of outer space by states and private individuals. Then, according to the film's script, Mark Watney was supposed to arrive at the Schiaparelli crater, where the *Mars Ascent Vehicle* (MAV) was located, which he was supposed to use to ascend to the Hermes spacecraft. Since the territory of Mars is not subject to national appropriation, and Mark Watney was not granted the right to appropriate the MAV, Mark Watney justly considered himself a space pirate who had captured a spacecraft in international waters.

Furthermore, as we know, in the film Mark Watney was engaged in mining (he used Martian soil to grow crops and the Martian atmosphere to produce fuel) and conducted scientific research by collecting various samples of Martian soil. The above episode in the film raises an interesting question: what legal regime applies to resources extracted from celestial bodies if the latter are not subject to national appropriation? In our study, we will try to answer this question.

Second, despite the film's happy ending, Ridley Scott's picture raises an interesting question for our legal science: what legal regime applies to Mars and other celestial bodies? Are there legal constructs that allow for the lawful appropriation of resources extracted from celestial bodies that are not subject to national or private appropriation? What forms of ownership legitimise the right of future colonists of celestial bodies (Mars) to use the natural resources of celestial bodies?

To answer the above questions, we will not only conduct a brief analysis of the main sources of space law, but also refer to Roman law.

Nevertheless, how does Roman law relate to the topic under consideration? The point is that Roman law contains legal categories that can clarify the legal regime of Mars and other celestial bodies. This most important category is *res communes omnium*, enshrined in many international agreements in the field of space exploration. Thus, for a more accurate study of the topic of this article, we shall make some clarifications: it is very important to distinguish between such concepts as objects of space law (which include spacecraft, space vehicles, etc.), areas of outer space (geostationary orbit, libration points) and celestial bodies (Mars, asteroids,

stars, planets). These are different objects of legal regulation that deserve separate scientific analysis.

Therefore, this article will examine issues related to the legal regime of celestial bodies (using Mars as an example) that are important for the economic and technological progress of humanity. Issues related to the legal regime of Mars and the legal regulation of mineral extraction shall be examined using Roman law.

Purpose of the study – clarification of the concept of *res communes omnium*, which is of great importance for the effective determination of the legal status of Mars and other celestial bodies, as well as the development of effective legal mechanisms for regulating public relations in the field of exploration of Mars and other celestial bodies.

To achieve this goal, the following **tasks** are set:

1. Establish the potential possibility of extending the concept of *res communes omnium*, as understood in Roman law, to outer space and celestial bodies;
2. Identify problematic issues in the application of *res communes omnium* to Mars and other celestial bodies;
3. To consider the existence of legal constructs capable of legalising the extraction and appropriation of minerals on Mars and other celestial bodies.

Research methods. The study methods include the application of general scientific and specific cognition method. The main cognition method used in the article is formal-legal, which includes the analysis of normative legal acts in the field of space law, as well as sources that are directly related to our topic.

In the course of the study, international agreements on the exploration of outer space, scientific articles by domestic and foreign scientists, and works by Roman law legislators relating to the subject of the study will be used.

Of particular importance for the study is an article by Leiden University doctoral student Andrea Capurso entitled '*The Non-Appropriation Principle*,' published in October 2018.

Study results and discussion of results. To begin the study, it was necessary to have a general understanding of the planet Mars.

As the fourth planet in our solar system, the average distance between Earth and Mars is 12.5 light minutes, with a maximum distance of 3 light minutes and a minimum distance of 22 minutes. The period of Mars' rotation around its axis is 24 hours and 37 minutes, and a year there is 686 days (sol).

Since Mars has virtually no atmosphere or magnetic field, the Red Planet is devoid of flora and fauna. This means that future colonists will not have access to many civil rights objects such as animals and water resources, and land plots will have no value because it is impossible to grow crops on them. It is worth noting that Mars' subsoil contains minerals. For example, the Red Planet's subsoil contains deposits of water ice, copper, iron, tungsten, rhenium, uranium and gold.

International space law prohibits the national appropriation of outer space and celestial bodies, but does not specify the legal regime for the subsoil of celestial bodies (in particular, Mars). With the colonisation of the Red Planet and other celestial bodies, this issue will become very relevant.

Thus, according to Professor S. Zh. Aidarbayev, the active economic activity of the world's leading countries in the exploration of outer space necessitates the legal regulation of space activities [1, p. 134]. In this part, we will add that the above issue should be studied from the point of view of Roman law and civil law science, which shall determine the legal regime of Mars, celestial bodies and extracted resources used to meet the economic needs of states, and possibly for industry (in the distant future).

When studying the legal regime of Mars and other celestial bodies, we shall rely on the scientific doctrines of Roman law and civil law science and actively introduce them into international treaties that form a solid legal foundation for the further peaceful exploration of space.

To prevent future legal conflicts in the exploration of Mars, the following measures were envisaged: international agreements on the exploration of outer space (Agreement Governing the Activities of States on the Moon and Other Celestial Bodies, 1979) enshrine the principle of non-appropriation of celestial bodies, and outstanding achievements in the field of space exploration cannot be grounds for acquiring ownership rights to celestial bodies (Mars) [2, p. 121]; Article 11 of the Agreement Governing the Activities of States on the Moon and Other Celestial Bodies (this international document can be applied to Mars and other celestial bodies) declares all natural resources of the Moon (Mars and other celestial bodies) to be 'the common heritage of mankind.'

This means that states do not acquire ownership rights to celestial bodies when extracting minerals and placing scientific laboratories and space stations on the surface of celestial bodies. However, paragraph 3 of Article 11 of the Agreement Governing the Activities of States on the Moon and Other Celestial Bodies, 1979, does not prohibit the appropriation of

extracted resources that may be subject to property rights under civil law principles. Thus, according to Professor V.M. Postyshev, this indicates that states do not intend to prohibit the appropriation of extracted resources and, in particular, resources extracted on Mars may become objects of property rights [3, p. 96].

The most important step in improving the legal regime of Mars and other celestial bodies is the introduction of the term 'common heritage of mankind' into international agreements on the exploration of outer space, proposed by Argentine jurist A. Cocca in 1963. He proposed that outer space be considered *res communes humanitatis* (the common heritage of mankind). To justify his position, A. Cocca writes that the regime of Mars and other celestial bodies has the same basis as the legal regime of the seabed and oceans [4, p. 153]. Another Argentine jurist, M. Ferrera, writes that Mars and other celestial bodies by their nature belong to no one — *res nullius* — a new character of *res communes humanitatis*, which determines the legality of the exploitation of natural resources on Mars and other celestial bodies [5, p. 146].

From the theses of the above-mentioned scientists, it can be concluded that human scientific research and resource extraction on Mars and other celestial bodies will inevitably lead to the emergence of certain forms of ownership of some areas of the Mars surface, and that resource extraction and scientific study will lead to the creation of new forms of things (or intellectual property objects) that will be appropriated by subjects of space law.

Consequently, a paradoxical situation arises that requires a theoretical and legal solution: international treaties on the peaceful exploration of outer space enshrine the principle of non-appropriation of Mars and other celestial bodies, but the peaceful exploration of space entails legal consequences of a property law nature; Mars and other celestial bodies are outside the scope of civil circulation, but in the future, resource extraction work will be carried out on their surfaces; if Mars and other celestial bodies cannot be objects of private and state ownership, then what property law regime applies to the above-mentioned objects of space law?

How can this legal problem be resolved? To examine our question in detail, we will use Roman law, which can answer the questions posed. Therefore, in Roman law, there is a legal category that, in spirit and meaning, corresponds to the provisions of Article II of the Treaty on Principles Governing the Activities of States in the Exploration and Use of Outer Space, including the Moon and Other Celestial Bodies — *this is res communes omnium – things belonging to all mankind*.

In Roman law, things in the category of *res communes omnium* are also not subject to alienation and cannot be objects of private or state property. They are, as it were, in the use and disposal of all humanity (*omnium* – all humanity).

An important fragment on the meaning of *res communes omnium* in Roman law are the quotations from the Roman jurist Martian, reflected in Title 8 of the Digest under the title «*De divisione rerum et qualitate*»:

D.1.8.2 (Marcianus 3 institutionum) pr. Quaedam naturali iure communia sunt omnium, quaedam universitatis, quaedam nullius, pleraque singulorum, quae variis ex causis cuique adquiruntur. 1. Et quidem naturali iure omnium communia sunt illa: aer, aqua profluens, et mare, et per hoc litora maris.

It is important to note that in this fragment, Martian lists objects of the material world (running water, air, and the sea coast) that belong to *res communes omnium* [6, p. 125]. However, Martian does not list the main characteristics of the category of *res communes omnium* and does not distinguish them from objects of state (public) property.

Despite the apparent incompleteness of the category of *res communes omnium* in Martian's works, the idea of the importance of *res communes omnium* becomes relevant in the era of technological breakthroughs that allow humanity to conquer space. Moreover, the most important issue in the exploration of outer space is the problem of objects used in space programmes [7, p. 18].

The concept of the importance of introducing the category of *res communes omnium* into space law to determine the legal regime of Mars and other celestial bodies is developed in a scientific article by Leiden University doctoral student Andrea Capurso entitled '*The Non-Appropriation Principal*,' published in October 2018. Capurso's research focuses on categories of Roman law that are present in space law: a field of law that is of paramount importance for international law and the law of the future. Capurso's main idea is that the Roman jurists' theory of the existence of *res communes omnium* can be applied to improve the legal regime of Mars and other celestial bodies. Capurso is confident that the necessary conceptual apparatus and mechanisms for regulating space law were developed by Roman jurisprudence. Therefore, we will now briefly examine his main theses on the application of *res communes omnium* to the legal regime of Mars and other celestial bodies.

In the first paragraph of his work, Capurso analyses the main objects of the material world that are included in *res communes omnium* according

to Roman law: air, running water, the sea, and the sea coast. Capurso defines these objects as '*out-of-the-world*,' which has a similar meaning in Roman jurisprudence. These objects were subject to the regulation of the law of nations. To clarify the issue under consideration, Capurso offers the following comparison: what was within the borders of the Roman state can be considered planet Earth, and what is beyond the borders of the Roman state is outer space. Therefore, the category of *res communes omnium* can be applied to objects in outer space. This Roman category shall become the foundation for the *Corpus Iuris Spatialis*.

Next, Capurso analyses the concept of 'things' and the system of objects in Roman private law. However, he finds no direct reference to things from the category *res communes omnium* in the works of Gaius:

I.2.1 pr.: quaedam enim naturali iure communia sunt omnium, quaedam publica, quaedam universitatis, quaedam nullius, pleraque singulorum, quae variis ex causis ciuque adquiruntur.

In this fragment, we see that things are divided according to the principle of their ownership and order of use. Things that are more accessible are *res communes*, while inaccessible things are *res privatorum*. Things that are public property and objects of private property belong to a specific entity — the owner; *res nullius* do not belong to any person but can be appropriated. In addition, *res communes omnium* things are practically ownerless and cannot be privatised or nationalised. That is, any legal entity (regardless of nationality or citizenship) has free access to these things and has the right to use them without hindrance.

However, for a clearer understanding of the topic under study, we will refer to another excerpt from Gaius' Institutions:

I.2.1.1: Et quidem naturali iure communia sunt omnium haec: aer et aqua profluens et mare et per hoc litora maris.

Here, Gaius writes that these objects (air, running water, the sea and the seashore) could not be appropriated by other persons and were outside civil circulation. As for the seashore, everything depended on the specific legal situation (*ad hoc*). Based on the above quotations from Gaius' Institutions, Capurso identifies the main characteristics of the category of *res communes omnium*: free access to these objects; freedom of their use and application; prohibition of their private and national appropriation [8, p. 32]. Further, analysing the meaning and relationship of the concept of celestial bodies and other objects in outer space with the principles of inalienability, Capurso writes that celestial bodies should be perceived as 'containers' (*contentitore*), and the resources that will

be extracted as 'contents' (*contenido*). Celestial bodies (including Mars) are inalienable objects of space law (having no owner), but the resources they possess may be objects of civil circulation and appropriated by subjects of space law.

The statutory concept proposed by Capurso is similar to the concept of personal servitude in Roman private law – usufruct. When exercising this personal servitude, the holder of usufruct (usufructuary) has the right to extract fruits (*usus*) from property belonging to another person. These fruits became the property of the usufructuary from the moment they were harvested – perceptio [9, p. 245]. Thus, drawing an analogy with usufruct, it can be said with a high degree of probability that Capurso's position on the introduction of the Roman category of *res communes omnium* into space law is well-founded and logical.

However, Capurso (like many other legal scholars) completely overlooks the question of the form of ownership of Mars and other celestial bodies, which will inevitably arise for subjects of space law. What do we mean by this? The fact is that Article 11 of the Treaty on Principles Governing the Activities of States in the Exploration and Use of Outer Space, including the Moon and Other Celestial Bodies declares outer space (including celestial bodies) to be 'the common heritage of mankind,' but does not reveal the meaning of this norm from the point of view of property law: can humanity be considered the sole owner of outer space, with all the legal consequences that this entails? What form of ownership is applicable to subjects of space law on Mars and other celestial bodies in the context of a complete ban on private and national appropriation of outer space?

When applying the category of *res communes omnium* to the legal regime of Mars and other celestial bodies, the subjective criterion of ownership is effectively abolished — that is, the specific subject of law who has the will to retain the thing in his own possession and use it in his own interests disappears.

In other words, humanity is not a full-fledged subject of private (public) law, and general legal theory does not currently provide for cases in which humanity can become such a subject of law.

It is obvious that other subjects of space law — states, international organisations, astronauts — will effectively dominate celestial bodies and extract useful properties from them. This raises a similar question: what form of ownership (possession) do the above-mentioned subjects of law have? Will this possession be only the actual retention of the thing (*possessio naturalis*), or will possession also have legal consequences (*possessio civilis*)? At the same time, possession of Mars and other celestial bodies shall be such that it

does not violate the principle of inalienability of the above-mentioned objects of space law.

Conclusion. The study led to the following conclusions:

1. When improving the norms and principles of space law, it is necessary to pay primary attention to property issues arising in the process of exploring Mars and other celestial bodies. As Professor D.U. Baitukenova rightly points out, it is necessary to give binding legal force to international agreements and principles in the field of the exploration of Mars and other celestial bodies. We are confident that the Roman law system, which has the necessary conceptual apparatus, can play a role in achieving this goal [10, p. 114].

2. Roman law has sufficient scientific terminology for precise description the legal regime of Mars and other celestial bodies. One of the fundamental terms is *res communes omnium*, which is suitable for establishing the meaning of Article II of the Treaty on Principles Governing the Activities of States in the Exploration and Use of Outer Space, including the Moon and other celestial bodies. We believe that the introduction of the term *res communes omnium* to describe the legal regime of Mars and other celestial bodies should be accompanied by compliance with the principle of close cooperation between states in determining the legal regime of Mars and other celestial bodies. According to S.I. Sylkina, '*the principle of cooperation implies the obligation of states to jointly carry out activities in the field of maintaining international peace and security*' [11, p. 122]. The authors of the article fully agree with this opinion.

3. Capurso's academic work, '*The Non-Appropriation Principal*,' contributes to a better understanding of legal categories — including *res communes omnium* — that have become firmly established in space law. Capurso's contribution lies in his analysis of the connection between the Roman category of *res communes omnium* and modern space law, thereby opening a new chapter in the academic debate on the role of Roman law in the development of space law.

4. Capurso's idea of applying the category of *res communes omnium* to the legal regime of Mars and other celestial bodies can be justified from a legal point of view by means of a personal servitude — usufruct. In its structure, usufruct is similar to the principles of legal regulation of *res communes omnium*, as well as to the legal regime of Mars and other celestial bodies: both in relation to usufruct and in relation to *res communes omnium*, the owner has the right to extract the fruits; in the case of usufruct, the usufructuary does not acquire possession with subsequent transfer of ownership, and in the case of the use of *res communes omnium* (Mars), subjects of space law do not acquire ownership rights to celestial bodies.

References

- 1 *Ajdarbaev S.Zh., Bajtukaeva D.U.* Kosmicheskaja dejatel'nost' gosudarstv v ramkah mezhdunarodnogo kosmicheskogo prava // *Vestnik KazNPU im. Abaja.* - 2 (45). - 2016. S.134-137.
- 2 *Malkov S.P.* Mezhdunarodnoe kosmicheskoe pravo: Ucheb. posobie / SPb-GUAP. SPb., 2002. – 344 s.
- 3 *Postyshev V.M.* Konceptcija obshhego nasledija chelovechestva v sovremennom mezhdunarodnom prave // *SGP.* - 1988. - № 6. - S.89-97.
- 4 *Cocca A.* Manking as a new legal subject: A new juridical dimension // *Proceedings of the 13th colloquium on the law of outer space.* - 1971. S.150-156.
- 5 *Ferrer M.* Activities on celestial bodies including the exploration of natural resources // *Proceedings of the 12th colloquium on the law of outer space.* - 1970. - S. 146-156.
- 6 *Schiavon A.* Acqua e diritto romano: «invenzione» di un modello? // *Acqua e il diritto.* Torino. - 2011. - № 99. - P. 117 – 181.
- 7 *Falcone M.* Res communes omnium e diritto dell'outer space. Contributo al dialogo sulla «Roman space law» // *Teoria e storia del diritto privato.* - № XII. - 2019. - C.1-65.
- 8 *Capurso A.* The Non - Appropriation Principal: A Roman International // *International Astronautical Congress (LAC), Bremen, Germany - 1-5 October 2018.* - S. 18-91.
- 9 *Pereterskij I.S., Novickij I.B.* Rimskoe chastnoe pravo. – M.: Izdatel'stvo Jurajt, 2013. – 607 s.
- 10 *Bajtukaeva D.U.* Mezhdunarodno – pravovye problemy issledovanija i ispol'zovanija kosmicheskogo prostranstva: dissertacija na soiskanie uchenoj stepeni doktora filosofii (PhD). – Almaty, 2024. – 139 s.
- 11 *Sylkina S.M.* Princip mezhgosudarstvennogo sotrudnichestva v oblasti issledovanija i ispol'zovanija kosmicheskogo prostranstva // *Izvestija Nacional'noj Akademii nauk Respubliki Kazahstan. Serija obshhestvennyh i gumanitarnyh nauk.* - 2013.-№ 6 (292). – S.121-125.

Байзаков А.Т.¹, Сагинаев М.Е.²

¹Ұлттық мемлекеттік ғылыми-техникалық сараптама орталығы Құқықтық қамтамасыз ету департаментінің заңгері, Алматы қ., Қазақстан

² Каспий университеті, Алматы қ., Қазақстан

«МАРСИАНИН» ЖӘНЕ РИМ ҚҰҚЫҒЫ

Түйіндеме. Осы мақалада Қазақстан Республикасында ғарыш құқығын дамытудағы Рим құқығының рөлі туралы сұрақтар зерттеледі. Қазақстан

Республикасы ғарыш кеңістігін бейбіт жолмен игеру саласындағы негізгі халықаралық келісімдерді ратификациялағанына қарамастан ғарыш құқығы саласындағы теориялық және практикалық сипаттағы шешілуі қажет көптеген құқықтық проблемалар қала бермек. Ғарыш кеңістігі объектілерінің (Марс және басқа аспан денелері) құқықтық режимі туралы мәселе ғарыш құқығында ерекше маңызға ие: аспан денелеріне заттық құқықтардың қандай режимі қолданылады; аспан денелеріндегі ресурстарды алу тәртібі және оларды иемдену тәртібі қандай? Осылайша, мақалада аспан денелерін құқықтық реттеу мәселелеріне және олардың құқықтық режимін анықтау мәселелеріне ерекше назар аударылады (егер олар меншік құқығының объектілері бола алмаса, онда оларға заттық құқықтардың қандай режимі қолданылады?). Зерттеуді жүзеге асыру барысында біз санаттары мен құқықтық құрылымдары ғарыш құқығының өзекті мәселелерін шешуде үлкен рөл атқара алатын Рим құқығының көздеріне жүгінеміз. Рим заңгері Марциан жасаған *res communes omnium* құқықтық категориясына ерекше назар аударылуда. *Res communes omnium* санаты көптеген заңгерлердің пікірінше ғарыш кеңістігін игеру туралы халықаралық келісімдерде тікелей бекітілген. Алайда, *Res communes omnium* санатын ғарыш құқығы саласында жүзеге асыруда теориялық және практикалық мәселелер бар. Жоғарыда аталған мәселе теориялық сипатқа ие болғандықтан, бұл мәселені ашуда бізге, әрине, біздің зерттеу тақырыбына тікелей әсер ететін Рим заңгерлерінің Рим құқығы саласындағы ғылыми жұмыстары көмектеседі.

Түйінді сөздер: ғарыш құқығы, римдік жеке құқық, *res communes omnium*, Марс, аспан денелері, заттық құқық, Рим заңгерлері.

Байзақов А.Т.¹, Сагинаев М.Е.²

¹Национальный центр государственной научно-технической экспертизы, Департамент правового обеспечения. г. Алматы, Казахстан

²Каспийский университет, кафедра Юриспруденции, г. Алматы, Казахстан

«МАРСИАНИН» И РИМСКОЕ ПРАВО

Аннотация. В статье исследуются вопросы роли римского права в развитии космического права в Республике Казахстан. Несмотря на то, что Казахстан ратифицировал основные международные соглашения в области мирного освоения космического пространства, но остаются неразрешенными огромное множество правовых проблем теоретического и практического характера в области космического права. Особое значение в космическом праве имеет вопрос о правовом режиме объектов космического пространства (Марс и другие небесные тела): какой режим вещных прав распространяется на небесные тела; каков порядок добычи ресурсов на небесных телах и процедура их присвоения? Особое внимание уделяется вопросам правового регулирования небесных тел и проблемам определения их правового режима (если они не могут быть объектами права собственности, то какой режим вещных прав на них распространяется?). В ходе реализации данного

исследования рассмотрены источники римского права, чьи категории и правовые конструкции могут сыграть большую роль в решении актуальных проблем космического права. Особое внимание уделяется правовой категории *res communes omnium*, разработанной выдающимся римским юристом Марцианом. Категория *res communes omnium*, по мнению многих юристов, прямо закреплена в международных соглашениях об освоении космического пространства. Однако существуют теоретические и практические проблемы при реализации категории *res communes omnium* в сфере космического права. Поскольку вышеуказанная проблема обладает теоретическим характером, то в раскрытии этого вопроса, безусловно, помогут научные работы в области римского права, которые прямо затрагивают тему нашего исследования.

Ключевые слова: космическое право, римское частное право, *res communes omnium*, Марс, небесные тела, вещное право, римские юристы.

Сведения об авторах

Байзаков Адиль Талгатович – магистр юридических наук, юрист, Национальный центр государственной научно-технической экспертизы, Департамент правового обеспечения, г. Алматы, Казахстан, ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7589-6831>, hannibal_invictus@mail.ru,

Сагинаев Мейржан Егинбаевич – магистр юридических наук, Каспийский университет, старший преподаватель кафедры «Юриспруденции» г. Алматы, Казахстан, sme728ok@mail.ru

Авторлар туралы мәліметтер

Байзақов Әділ Талғатұлы – заң ғылымдарының магистрі, ұлттық мемлекеттік ғылыми-техникалық сараптама орталығы, Құқықтық қамтамасыз ету департаментінің заңгері, Алматы қ., Қазақстан, ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7589-6831>, hannibal_invictus@mail.ru

Сағынаев Мейржан Егінбайұлы – заң ғылымдарының магистрі, Каспий университетінің «Құқықтану» кафедрасының аға оқытушысы, Алматы қ., Қазақстан, sme728ok@mail.ru

Information about the authors

Baizakov Adil Talgatovich – master of Laws, National center of state scientific and technical expertise, lawyer of the Department of Legal Support, Almaty c., Kazakhstan, ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7589-6831>, hannibal_invictus@mail.ru

Saginaev Meirzhan Eginbaevich – master of Laws, Senior Lecturer at the Department of Jurisprudence of the Caspian University, Almaty c., Republic of Kazakhstan, sme728ok@mail.ru

ПЕРЕВОД СТАТЬИ / МАҚАЛАНЫҢ АУДАРМАСЫ

Байзаков А.Т.¹, Сагинаев М.Е.²

¹Национальный центр государственной научно-технической экспертизы, Департамент правового обеспечения г. Алматы, Казахстан

²Каспийский университет, кафедра Юриспруденции, г. Алматы, Казахстан

«МАРСИАНИН» И РИМСКОЕ ПРАВО

Аннотация. В статье исследуются вопросы роли римского права в развитии космического права в Республике Казахстан. Несмотря на то, что Казахстан ратифицировал основные международные соглашения в области мирного освоения космического пространства, но остаются неразрешенными огромное множество правовых проблем теоретического и практического характера в области космического права. Особое значение в космическом праве имеет вопрос о правовом режиме объектов космического пространства (Марс и другие небесные тела): какой режим вещных прав распространяется на небесные тела; каков порядок добычи ресурсов на небесных телах и процедура их присвоения? Особое внимание уделяется вопросам правового регулирования небесных тел и проблемам определения их правового режима (если они не могут быть объектами права собственности, то какой режим вещных прав на них распространяется?). В ходе реализации данного исследования рассмотрены источники римского права, чьи категории и правовые конструкции могут сыграть большую роль в решении актуальных проблем космического права. Особое внимание уделяется правовой категории *res communes omnium*, разработанной выдающимся римским юристом Марцианом. Категория *res communes omnium*, по мнению многих юристов, прямо закреплена в международных соглашениях об освоении космического пространства. Однако существуют теоретические и практические проблемы при реализации категории *res communes omnium* в сфере космического права. Поскольку вышеуказанная проблема обладает теоретическим характером, то в раскрытии этого вопроса, безусловно, помогут научные работы в области римского права, которые прямо затрагивают тему нашего исследования.

Ключевые слова: космическое право, римское частное право, *res communes omnium*, Марс, небесные тела, вещное право, римские юристы.

Введение. В 2015 г. в мировой кинопрокат выходит знаменитый фильм Ридли Скотта «Марсианин» по одноименной книге Энди Вейера. Суть фильма заключается в том, что на Марсе остался в полном одиночестве астронавт по имени Марк Уотни, чья подготовка и смекалка помогают ему выжить до прибытия новой группы астронавтов. Но какое отношение имеет фильм «Марсианин» к юридической науке и к римскому праву? Дело в том, что в фильме были затронуты юридические вопросы: в частности, вопросы космического права.

Во - первых, в одном из эпизодов фильма Марк Уотни рассуждает о действии космического права на Марсе. В данном случае, он упоминает статью 2 «Договора о принципах деятельности государств по исследованию и использованию космического пространства», включая Луну и другие небесные тела, закрепляющая принцип не присвоения космического пространства небесных тел со стороны государства и частных лиц. Затем, согласно сценарию фильма, Марк Уотни должен был прибыть в кратер Скиапарелли, где находится взлетный MAV (*Mars Ascent Vehicle*), на котором он должен был подняться до корабля «Гермес». Поскольку территория Марса не подлежит национальному присвоению - а Марку Уотни не предоставляли права на присвоение взлетного MAV, то Марк Уотни справедливо стал относить себя к космическим пиратам, захвативший космический корабль в международных водах.

Далее, как известно, в фильме Марк Уотни занимался добычей полезных ископаемых (он использовал марсианский грунт для выращивания сельскохозяйственных культур и марсианскую атмосферу для производства топлива), и осуществлял научные исследования путем сбора различных образцов марсианской почвы. И вышеуказанный эпизод в фильме ставит перед нами интересный вопрос: какой правовой режим применим к извлекаемым ресурсам на небесных телах, если последние не подлежат национальному присвоению. В рамках нашего исследования мы постараемся дать ответ на данный вопрос.

Во - вторых, несмотря на благополучный исход фильма, картина Ридли Скотта - по принципу *volens-nolens* - ставит интересный вопрос для нашей юридической науки: какой правовой режим действует в отношении планеты Марс и других небесных тел? Существуют ли правовые конструкции, позволяющие законно присваивать ресурсы, добытые на небесных телах, неподлежащих национальному и

частному присвоению? Какие формы владения легитимизируют право будущих колонистов небесных тел (Марса) на использование природных ресурсов небесных тел?

Чтобы дать ответы на вышестоящие вопросы, мы не только проведем краткий анализ основных источников космического права, а также обратимся к римскому праву.

Но какое отношение имеет римское право к исследуемой теме? Суть в том, что в римском праве существуют правовые категории, имеющие возможность уточнить правовой режим Марса и иных небесных тел. Данной важнейшей категорией является *res communes omnium*, закрепленной во многих международных соглашениях в сфере освоения космического пространства. Таким образом, для более точного исследования темы настоящей статьи, мы должны сделать некоторые уточнения: очень важно отличать такие понятия как объекты космического права (к которым относятся космические аппараты, космические корабли и т.д.), области космического пространства (ГСО, точки либрации) и небесные тела (Марс, астероиды, звезды, планеты). Это разные объекты правового регулирования, которые заслуживают отдельного научного анализа.

Поэтому в статье будут изучаться проблемы правового режима небесных тел (на примере Марса), имеющих важное значение для экономического и технологического прогресса человечества. И вопросы правового режима Марса, проблемы правового регулирования добычи полезных ископаемых – всё это должно изучаться с применением римского права.

Цель работы – раскрытие понятия *res communes omnium*, имеющее большое значение для эффективного определения правового статуса Марса и других небесных тел, а также разработки эффективных правовых механизмов для регулирования общественных отношений в сфере освоения Марса и других небесных тел.

Для реализации поставленной цели, ставятся следующие **задачи**:

1. Установить потенциальную возможность распространить действия концепции *res communes omnium* в том понимании, которым оно наделяется в римском праве, к космическому пространству и небесным телам;
2. Определить проблемные вопросы при применении *res communes omnium* в отношении Марса и других небесных тел;
3. Рассмотреть вопрос о наличии правовых конструкций,

способных узаконить добычу и присвоение полезных ископаемых на Марсе и других небесных телах.

Методы исследования. Методы исследования включают в себя применение общенаучных и частных методов познания. Основным методом познания, используемым в статье, является формально — юридический, который включает в себя анализ нормативных правовых актов в области космического права, а также источников, которые непосредственно относятся к нашей теме.

В ходе реализации исследования будут использоваться международные соглашения об освоении космического пространства, научные статьи отечественных и зарубежных ученых, труды законодателей Римского права, касающиеся тематики исследования.

Особую важность для реализации исследования является статья докторанта Университета Лейдена Андреа Капурзо под названием «*The Non - Appropriation Principal*», опубликованная в октябре 2018 г.

Результаты исследования и обсуждение результатов. Для начала исследования было необходимо иметь общее представление о планете Марс.

Являясь четвертой планетой в нашей Солнечной системе, среднее расстояние между Землей и Марсом составляет 12,5 световых минут, при максимальном расстоянии — 3 световые минуты, при минимальном — 22 минуты. Период вращения Марса вокруг своей оси составляет 24 ч. и 37 ми., а год там составляет 686 дней (солов).

Так как на Марсе практически отсутствует атмосфера и магнитное поле, то Красная планета лишена растительного и животного мира. Это означает, что будущим колонистам не будут доступны многие объекты гражданских прав такие как животные, водные ресурсы, а земельные участки не будут иметь какой - либо ценности, потому что на них невозможно выращивать урожай. При этом стоит отметить, что недра Марса содержат полезные ископаемые. Так, в недрах Красной планеты имеются залежи водяного льда, меди, железа, вольфрама, рения, урана и золота.

Международное законодательство в области космического права хотя запрещает национальное присвоение космического пространства и небесных тел, но не уточняет правовой режим недр небесных тел (в частности, Марса). А при колонизации Красной планеты и других небесных тел, данный вопрос станет очень актуальным.

Так, по мнению профессора С.Ж. Айдарбаева, активная экономическая деятельность ведущих государств мира в освоении

космического пространства влечет необходимость правового регулирования космической деятельности [1, с. 134]. В данной части мы дополним, что вышеуказанный вопрос необходимо изучать с точки зрения римского права и науки гражданского права, которое должно определить правовой режим Марса, небесных тел и добываемых ресурсов, используемые для удовлетворения экономических нужд государств, а возможно — для промышленности (в самом далеком будущем).

При изучении правового режима Марса и других небесных тел мы должны опираться на научные доктрины римского права и науки гражданского права и активным образом внедрять в международные договоры, формирующие прочный правовой фундамент для дальнейшего мирного освоения космоса.

Для предотвращения в будущем правовых конфликтов при освоении Марса были предусмотрены следующие меры: международные соглашения в области освоения космического пространства (Соглашение о Луне, 1979 г.) закрепляют принцип не присвоения небесных тел, а выдающиеся достижения в сфере изучения космического пространства не могут быть основанием для приобретения права собственности на небесные тела (Марс) [2, с. 121]; статья 11 Соглашения о Луне (этот международный документ можно применять в отношении Марса и других небесных тел) все природные ресурсы Луны (Марса и других небесных тел) были объявлены «*всеобщим достоянием человечества*».

Это означает, что государства не приобретают права собственности на небесные тела при добыче полезных ископаемых и размещении научных лабораторий, космических станций на поверхности небесных тел. Однако пункт 3 статьи 11 Соглашения о Луне 1979 года не устанавливает запрета на присвоение добытых ресурсов, которые могут быть объектами права собственности согласно принципам гражданского права. Так, по мнению профессора В.М. Постышева, это свидетельствует о том, что государства не намерены устанавливать запрет на присвоение добытых ресурсов и, в частности, добытые ресурсы на Марсе могут стать объектами права собственности [3, с. 96].

Важнейшим шагом в совершенствовании правового режима Марса и других небесных тел становится введение в международные соглашения об освоении космического пространства термина «общего достояния человечества», предложенного аргентинским юристом А.

Коккой в 1963 году. Он предлагал считать космическое пространство *res communes humanitatis* (всеобщее достояние человечества). В качестве обоснования своей позиции А. Кокки пишет, что режим Марса и других небесных тел имеет одинаковые основания с правовым режимом дна морей и океанов [4, с.153]. Другой аргентинский юрист — М. Феррера — пишет, что Марс и другие небесные тела по своей природе не принадлежат никому, — *res nullius* — новый характер *res communes humanitatis*, который определяет законность эксплуатации природных ресурсов на Марсе и других небесных телах [5, с. 146].

Из тезисов вышеупомянутых ученых можно сделать вывод, что научно – исследовательская деятельность человека и добыча ресурсов на Марсе и других небесных телах неизбежно повлечёт возникновение определённых форм владения на некоторые участки поверхности Марса, а добыча ресурсов и научно – исследовательская деятельность приведет к созданию новых форм вещей (или объектов интеллектуальной собственности), которые будут присвоены субъектами космического права.

Таким образом, возникает парадоксальная ситуация, требующая теоретико — правового решения: международные договоры в области мирного освоения космического пространства, закрепляют принцип не присвоения Марса и других небесных тел, но мирное освоение космоса влечет юридические последствия вещно – правового характера; Марс и другие небесные тела находятся вне гражданского оборота, но в будущем на их поверхности будут проводиться работы по добыче ресурсов; если Марс и другие небесные тела не могут быть объектами частной и государственной собственности, то какой вещно – правовой режим применим к вышеуказанным объектам космического права?

Каким образом возможно решить эту правовую проблему? Для точного исследования нашего вопроса мы будем использовать римское право, способное ответить на поставленные вопросы. Итак, в римском праве существует правовая категория, которая по духу и смыслу сочетается с диспозицией статьи II Договора о принципах деятельности государств по исследованию и использованию космического пространства, включая Луну и другие небесные тела – это *res communes omnium* – вещи, принадлежащие всему человечеству.

В римском праве вещи категории *res communes omnium* также не подлежат отчуждению и не могут являться объектами частной и государственной собственности. Они как бы находятся в пользовании

и распоряжении всего человечества (*omnium* – всего человечества).

Важным фрагментом о значении *res communes omnium* в римском праве являются цитаты римского юриста Марциана, отраженные в 8 титуле Дигест под названием «*De divisione rerum et qualitate*»:

D.1.8.2 (Marcianus 3 institutionum) pr. Quaedam naturali iure communia sunt omnium, quaedam universitatis, quaedam nullius, pleraque singulorum, quae variis ex causis cuique adquiruntur. 1. Et quidem naturali iure omnium communia sunt illa: aer, aqua profluens, et mare, et per hoc litora maris.

Важно отметить, что в этом фрагменте Марциан перечисляет объекты материального мира (проточная вода, воздух и морской берег), относящиеся к *res communes omnium* [6, с. 125]. Однако Марциан не перечисляет основные признаки категории вещей *res communes omnium* и не разграничивает их от объектов государственной (общенародной) собственности.

Несмотря на кажущуюся недоработку категории *res communes omnium* в работах Марциана, идея о значимости *res communes omnium* приобретает свою актуальность в эпоху технологического рывка, позволяющий человечеству покорить космос. И самым важным вопросом при освоении космического пространства является проблема о объектах, которые используются в космических программах [7, с. 18].

Идея о важности внедрения в космическое право категории *res communes omnium* для определения правового режима Марса и других небесных тел находит свое развитие в научной статье докторанта Университета Лейдена Андреа Капурзо под названием «*The Non - Appropriation Principal*», опубликованной в октябре 2018 года. Тема исследования Капурзо посвящена категориям римского права, присутствующим в космическом праве: отрасли, имеющей важнейшее значение для международного права и права будущего. Основная идея Капурзо заключается в том, что теория римских юристов о существовании вещей *res communes omnium* может быть применена для совершенствования правового режима Марса и других небесных тел. При этом Капурзо уверен, что необходимый понятийный аппарат и механизмы регулирования космического права были разработаны римской юриспруденцией. Поэтому мы сейчас вкратце разберем его основные тезисы о применении *res communes omnium* к правовому режиму Марса и других небесных тел.

В первом параграфе своей работы Капурзо анализирует основные

объекты материального мира, входящие в *res communes omnium* согласно римскому праву: воздух, проточная вода, море, морской берег. Капурзо определяет данные объекты как «*out - of - the - world*», имеющие в римской юриспруденции аналогичное значение. Эти объекты были предметом регулирования права народов. Для внесения большей ясности в рассматриваемый вопрос, Капурзо предлагает такое сравнение: то, что находилось в границах римского государства — можно считать планетой Земля, а то, что находится за пределами римского государства — это космическое пространство. Поэтому в отношении объектов космического пространства можно применять категорию *res communes omnium*. Именно эта римская категория должна стать фундаментом для *Corpus Iuris Spatialis*.

Далее, Капурзо анализирует понятие «вещи» и систему объектов в римском частном праве. Однако в работах Гая он не находит прямой ссылки на вещи из категории *res communes omnium*:

I.2.1 pr.: quaedam enim naturali iure communia sunt omnium, quaedam publica, quaedam universitatis, quaedam nullius, pleraque singulorum, quae variis ex causis ciuque adquiruntur.

В этом фрагменте мы видим, что разделение вещей производится по принципу их принадлежности и порядку применения. Более доступные вещи являются *res communes*, недоступные вещи — это *res privatorum*. Вещи из общенародной собственности и объекты частной собственности принадлежат конкретному субъекту - владельцу, *res nullius* не принадлежат какому - либо лицу, но могут быть присвоены. А вещи *res communes omnium* практически лишены собственника и не могут быть приватизированы и национализированы. То есть любой субъект права (независимо от национальности, гражданства) располагает свободным доступом к этим вещам и имеет право беспрепятственно ими пользоваться.

Однако для более ясного представления об изучаемой теме, мы обратимся к другому фрагменту из Институций Гая:

I.2.1.1: Et quidem naturali iure communia sunt omnium haec: aer et aqua profluens et mare et per hoc litora maris.

Здесь Гай пишет, что данные объекты (воздух, проточная вода, море и морской берег) не могли быть присвоены другими лицами и находились вне гражданского оборота. Что касается морского берега, то это все зависело от конкретной ситуации правового характера (*ad hoc*). Исходя из вышеприведенных цитат из Институций Гая, Капурзо выделяет основные признаки категории вещей *res communes omni-*

um: свободный доступ к этим объектам; свобода их использования и применения; запрет на их частное и национальное присвоение [8, с. 32]. Далее, анализируя значение и соотношение понятия небесных тел и других объектов космического пространства с принципами неотчуждаемости, Капурзо пишет, что небесные тела необходимо воспринимать как «вместилища» (*contenitore*), а ресурсы, которые будут добываться – «содержимым» (*contenuto*). Небесные тела (включая Марс) являются неотчуждаемыми объектами космического права (не имеющие собственника), но ресурсы, которыми они располагают, могут быть объектами гражданского оборота и присваиваться субъектами космического права.

Правовая конструкция, предложенная Капурзо, аналогична конструкции личного сервитута в римском частном праве – узуфрукту. При реализации данного личного сервитута у обладателя узуфрукта (узуфруктарий) имеется право на извлечение плодов (*usus*) из вещи, находящейся в чужой собственности. Эти плоды становились собственностью узуфруктария с момента их сбора – *perceptio* [9, с. 245]. Таким образом, при проведении аналогии с узуфруктом можно с большой долей вероятности утверждать, что позиция Капурзо по внедрению римской категории *res communes omnium* в космическое право является обоснованной и логичной.

Однако Капурзо (как и многие другие ученые – юристы) совершенно упускает из виду вопрос о форме владения на Марс и другие небесные тела, которая неизбежно возникнет у субъектов космического права. Что мы имеем ввиду? Дело в том, что статья 11 «Соглашения о Луне» объявляет космическое пространство (включая небесные тела) «*всеобщим достоянием человечества*», однако не раскрывает смысл этой нормы с точки зрения вещного права: можно ли считать единственным собственником космического пространства человечество со всеми вытекающими правовыми последствиями? Какая форма владения применима для субъектов космического права на Марс и другие небесные тела в условиях полного запрета на частное и национальное присвоение космического пространства?

При применении категории *res communes omnium* к правовому режиму Марса и других небесных тел фактически упраздняется субъективный признак владения — то есть исчезает конкретный субъект права, имеющий волю удерживать вещь в собственном владении и пользоваться ею в своих интересах.

Иначе говоря, человечество не является полноценным субъектом

частного (публичного) права, а общая теория права на данный момент не предусматривает случаи, когда человечество может стать как таковым субъектом права.

Очевидно, что другие субъекты космического права — государства, международные организации, астронавты — будут фактически господствовать над небесными телами и извлекать из них полезные свойства. Здесь возникает аналогичный вопрос: какая форма владения (удержания) возникает у вышеуказанных субъектов права? Будет ли это владение только фактическим удержанием вещи (*possessio naturalis*), или владение будет иметь и юридические последствия (*possessio civilis*)? При этом владение на Марс и другие небесные тела должны иметь такой характер, чтобы не нарушать принцип неотчуждаемости вышеуказанных объектов космического права.

Вывод. В ходе проведенных исследований пришли к следующим выводам:

1. При совершенствовании норм и принципов космического права необходимо уделять первостепенное внимание имущественным вопросам, возникающим в процессе освоения Марса и других небесных тел. Как справедливо отмечает профессор Д.У. Байтуkenова, что необходимо придавать обязательную юридическую силу международным соглашениям и принципам в сфере освоения Марса и других небесных тел. И мы уверены, что в достижении данной цели может сыграть система римского права, располагающая необходимым понятийным аппаратом [10, с. 114].

2. Римское право располагает достаточным количеством научной терминологии для точного описания правового режима Марса и других небесных тел. Одним из фундаментальных терминов является *res communes omnium*, подходящий для установления смысла статьи II «Договора о принципах деятельности государств по исследованию и использованию космического пространства», включая Луну и другие небесные тела. Мы полагаем, что внедрение термина *res communes omnium* для описания правового режима Марса и иных небесных тел должно сопровождаться с соблюдением принципа тесного сотрудничества между государствами при определении правового режима Марса и других небесных тел. По мнению С.И. Сылкиной - «*принцип сотрудничества предполагает обязанность*

государств совместно проводить деятельность в области поддержания международного мира и безопасности» [11, с. 122]. С данным мнением авторы статьи полностью солидарны.

3. Научный труд Капурзо «*The Non - Appropriation Principle*» способствует лучшему пониманию правовых категорий - в том числе *res communes omnium*, — которые прочно вошли в космическое право. Заслуга Капурзо заключается в том, что он проанализировал связь римской категории *res communes omnium* с современным космическим правом — и тем самым он открывает новую страницу в научной дискуссии о роли римского права в развитии космического права.

4. Идея Капурзо о применении категории *res communes omnium* к правовому режиму Марса и других небесных тел может обоснована с юридической точки зрения при помощи личного сервитута — узуфрукта. По своей конструкции узуфрукт схож с принципами правового регулирования *res communes omnium*, а также с правовым режимом Марса и других небесных тел: как в отношении узуфрукта, так и в отношении *res communes omnium* у владельца есть право на извлечение плодов; при узуфрукте у узуфруктария не возникает владения с последующим переходом его в собственность, также при пользовании объектами *res communes omnium* (Марсом) у субъектов космического права не возникают права собственности на небесные тела.

Список литературы

- 1 Айдарбаев С.Ж., Байтукаева Д.У. Космическая деятельность государств в рамках международного космического права // Вестник КазНПУ им. Абая. - 2 (45). - 2016. С.134-137.
- 2 Малков С.П. Международное космическое право: Учеб. пособие / СПбГУАП. СПб., 2002. – 344 с.
- 3 Постышев В.М. Концепция общего наследия человечества в современном международном праве // СГП. - 1988. - № 6. - С.89-97.
- 4 Cossa A. Manking as a new legal subject: A new juridical dimension // Proceedings of the 13th colloquium on the law of outer space. - 1971. С.150-156.
- 5 Ferrer M. Activities on celestial bodies including the exploration of natural resources // Proceedings of the 12th colloquium on the law of outer space. - 1970. - С. 146-156.
- 6 Schiavon Alvise. Acqua e diritto romano: «invenzione» di un modello? // Acqua e il diritto. Torino. - 2011. - № 99. - P. 117 – 181.

7 *Marco Falcone*. Res communes omnium e diritto dell'outer space. Contributo al dialogo sulla «Roman space law» // Teoria e storia del diritto privato. - № XII. - 2019. - С.1-65.

8 *Capurso A*. The Non - Appropriation Principal: A Roman International // International Astronautical Congress (IAC), Bremen, Germany - 1-5 October 2018. - С. 18-91.

9 *Перетерский И.С., Новицкий И.Б.* Римское частное право. – М.: Издательство Юрайт, 2013. – 607 с.

10 *Байтукаева Д.У.* Международно – правовые проблемы исследования и использования космического пространства: диссертация на соискание ученой степени доктора философии (PhD). – Алматы, 2024. – 139 с.

11 *Сылкина С.М.* Принцип межгосударственного сотрудничества в области исследования и использования космического пространства // Известия Национальной Академии наук Республики Казахстан. Серия общественных и гуманитарных наук. - 2013.-№ 6 (292). - С.121-125.

Amantayeva A.K.¹, Seilkhan A.¹, Childibayev Zh.B.¹, Aksoy A.²

¹Abai Kazakh National Pedagogical University, Almaty c., Kazakhstan

²Akdeniz University, Antalya c., Turkey

«GREEN SCHOOL» AS AN EFFECTIVE TOOL FOR ACHIEVING SUSTAINABLE DEVELOPMENT GOALS

Abstract. The concept of sustainable development has become one of the key and pressing issues of modern society. In particular, the interrelation between sustainable development and environmental culture is of special significance in the education system. In this regard, green schools play an important role in fostering environmental culture. Furthermore, the experience of green schools represents a significant step toward active participation in addressing environmental issues, developing nature conservation skills, and implementing sustainable development goals. This article explores the interconnection between sustainable development and environmental culture, analyzing the significance and role of green schools within the system of environmental education. Green schools act as a crucial factor in the implementation of sustainable development principles, as they foster environmental awareness, instill a sense of ecological responsibility, and encourage nature conservation. Within the framework of achieving sustainable development goals, a survey was conducted to introduce an elective course aimed at maintaining the balance between nature and ecosystems, enhancing ecological literacy, and engaging students in environmental protection activities. The content of this course is presented in the article.

Keywords: sustainable development, environmental education, environmental culture, ecological thinking, green school, teaching method, biodiversity conservation.

Introduction. The severity of the current environmental crisis, closely associated with adverse economic and social phenomena and driven by globalization processes, became evident in the late 20th century. This recognition led the global community to realize the need for joint international efforts to prevent global catastrophes, curb the deepening of crisis processes, and develop fundamental solutions for transformative change. Critical challenges emerged, including preventing future global crises and ensuring the economic, social, and cultural development of society within the ecological capacity of the biosphere.

In this context, the “Clean Kazakhstan” Concept for 2024-2029, aimed at developing the ecological culture of the Republic of Kazakhstan, provides a comprehensive approach to fostering environmental awareness (Ministry of Ecology and Natural Resources of the Republic of Kazakhstan, 2024) [1]. This approach involves diverse methods and strategies, including environmental education, upbringing, literacy, eco-socialization, and self-directed learning, tailored to various social groups.

The Concept outlines key areas of activity, such as:

- promoting ecological thinking and behavior, including measures to encourage environmentally responsible practices;
- strengthening environmental education;
- enhancing environmental literacy and disseminating it through public information campaigns [2].

The development of ecological thinking and responsible behavior is determined by factors such as awareness of the environment's value, a sense of responsibility for nature conservation, sustainable consumption habits, and a heightened understanding of ecological issues (Smith, 2023).

The formation of ecological culture includes the following core components:

- environmental literacy and willingness to adapt behavior;
- conscious consumption and waste-sorting practices;
- efficient use of energy and water resources;
- sustainable mobility habits;
- environmentally responsible business conduct;
- decision-making in government institutions that considers environmental impact;
- participation in environmental campaigns, including afforestation initiatives;
- incentives to promote and sustain environmentally responsible behavior.

The environmental education, upbringing, eco-socialization, and self-education strategies presented in the Concept align with the core principles of the green school model. Green schools are designed as eco-friendly, energy-efficient spaces that implement environmental projects and actively engage students and teachers in solving ecological problems. By fostering ecological culture and embedding sustainable development principles, these schools contribute to preparing future genera-

tions to protect nature and support the long-term sustainable development of society.

The aim of this article is to analyze the effectiveness of educational activities aimed at fostering environmental awareness, conserving biodiversity, and implementing the principles of sustainable development among students. Furthermore, it seeks to identify ways of enhancing young people's sense of responsibility towards nature through school-based environmental projects, research competitions, and tree-planting campaigns, as well as to define their role in environmental protection.

Research methods. There is a close interconnection between the "Clean Kazakhstan" Concept and the principles of green schools and sustainable development. A green school is an educational institution designed to foster ecological culture, where environmental issues and sustainable development principles are integrated as fundamental components of the learning process. Sustainable development implies a long-term societal pathway that maintains a balance between environmental, social, and economic aspects [3]. Thus, the "Clean Kazakhstan" Concept provides an integrated approach to developing ecological culture through green schools and implementing sustainable development principles.

In recent years, the green school initiative has become widespread in Kazakhstan, with several schools introducing ecological education and sustainable development principles. Green schools are characterized by eco-friendly environments, energy-saving practices, efficient resource use, and fostering a sense of environmental responsibility.

The establishment of green schools in Kazakhstan is guided by several key principles:

1. Energy conservation and efficient resource use – Green schools incorporate energy-efficient technologies, such as wind generators, solar panels, water-saving systems, and energy-efficient building designs, to optimize natural resource use.
2. Environmental protection and ecological projects – These schools engage students in environmental activities, including tree planting, waste recycling, and water and energy conservation measures, thereby fostering ecological culture and responsible behavior.
3. Environmental education – Green schools prioritize teaching students about ecology, sustainable development, climate change, and natural resource protection as core components of the curriculum.

Currently, the number of green schools in Kazakhstan is growing. Initiatives have been implemented in cities such as Almaty, Astana (Nur-Sul-

tan), Shymkent, and Kyzylorda, as well as in several regional schools [4].

Today, sustainable development represents a multidisciplinary issue encompassing philosophical, ecological, socio-political, economic, and technical dimensions. According to international research, the concept of sustainable development comprises 57 definitions, 19 principles, 12 criteria, 4 conceptual frameworks, 9 strategies, and a list of 28 indicators [5].

The Sustainable Development Goals (SDGs) represent a global strategy adopted by the United Nations in 2015, outlining 17 goals and 169 targets to be achieved by 2030. These goals provide a common development agenda for all countries and aim to ensure equal opportunities for all by respecting human rights, promoting social equity, ensuring economic stability, and protecting the environment [6].

The core ideas of sustainable development include:

- integrating three main dimensions of human thinking, worldview, and activity: economic, social, and environmental;
- acknowledging the interconnection and interdependence of these aspects, including:

- a) environmental goals – preserving the integrity of natural ecosystems and improving environmental quality;

- b) economic goals – ensuring economic growth and development;

- c) social goals – improving living conditions, ensuring social justice, maintaining cultural identity, and enhancing quality of life;

- recognizing the primacy of natural laws. As Austrian philosopher Karl Popper noted, “Since the laws of nature remain unchanged, they cannot be violated or abolished.” Ignoring ecological laws inevitably leads to environmental crises;

- highlighting the leading role of culture – including science, education, and polyethnic traditions – in harmonizing human-nature relations;

- fostering ecological and project-oriented culture, emphasizing foresight, precaution, and “soft governance”;

- preserving natural and cultural heritage as a prerequisite for humanity’s survival;

- ensuring ecological safety across all types and spheres of human activity;

- taking into account national characteristics in implementing sustainable development strategies.

Results and Discussion. The implementation of sustainable development concepts relies on a range of mechanisms, including a system of treaty relations and obligations that facilitate the integrated realization

of existing and emerging programs and agreements between nations; advancements in science and innovative technologies; the promotion of a “Green Economy”; equitable distribution of benefits derived from natural resource utilization at both national and international levels; and the enhancement of environmental management based on the principle of “anticipation and prevention” rather than “reaction and correction”. Additionally, it requires the establishment of a state environmental assessment framework (ensuring mandatory public participation) that incorporates evaluation of potential ecological impacts of projects; strengthening of self-governance practices; and continuous improvement of environmental legislation to safeguard natural and cultural diversity, expand wildlife areas, and ensure long-term ecological stability [7, 8, 9]. A pivotal element in achieving sustainable development goals is the formation of a culture of sustainability through targeted education – Education for Sustainable Development (ESD). As N.N. Moiseev aptly noted: “At present, not only the future of civilization but also the survival of humanity on Earth depends upon the educator” [10].

The Sustainable Development Concept places particular emphasis on the following:

Goal 12 – Responsible Consumption and Production: promoting efficient resource use and minimizing waste;

Goal 13 – Climate Action: addressing climate change and adapting to its impacts;

Goal 14 – Life Below Water: safeguarding oceans, seas, and marine ecosystems;

Goal 15 – Life on Land: conserving terrestrial ecosystems, protecting forests, and preventing desertification.

These objectives are explicitly incorporated into the updated Biology curriculum for Grade 7 students, which highlights the following learning targets:

7.3.2.1 – Characterize the interactions between humans and ecosystems;

7.3.2.2 – Provide examples of human activities with negative ecological impacts;

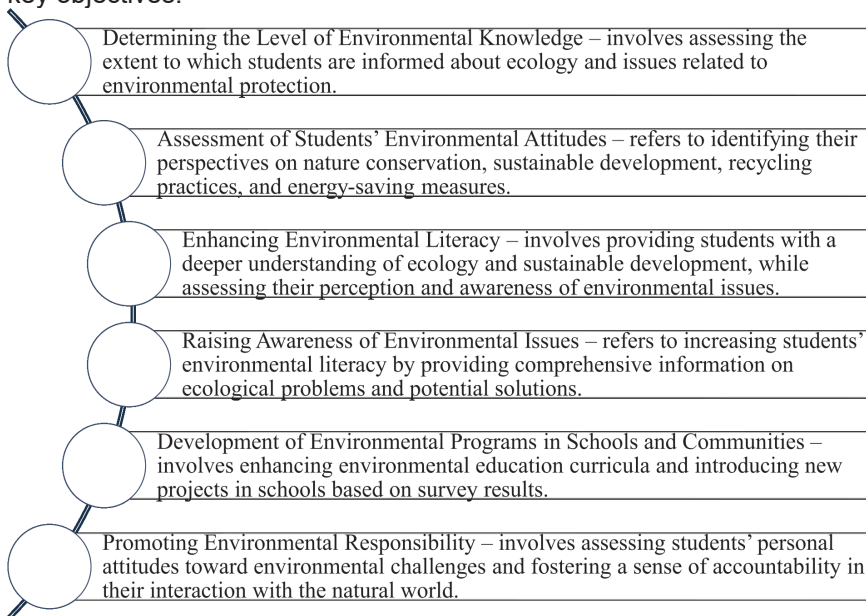
7.3.2.3 – Describe flora and fauna of specially protected natural areas in Kazakhstan;

7.3.2.4 – Identify local species included in the Red Data Book of Kazakhstan.

In alignment with these priorities, several initiatives have been imple-

mented, including the introduction of a specialized elective course entitled “Biodiversity Conservation” for Grade 7 learners [11].

Prior to embedding this course within the school curriculum, a survey was conducted to evaluate students’ knowledge, understanding, and attitudes regarding ecological issues, sustainable development principles, and environmental protection. The survey successfully addressed several key objectives.



Survey Questions:

1. What is biodiversity?
 2. Name the most significant environmental issues in Kazakhstan.
 3. Which ecosystems face the greatest threat to biodiversity?
 4. What could be an example of environmentally responsible behavior?
 5. On what principles is the concept of sustainable development based?
 6. What is the primary goal of green schools?
 7. Explain the concept of a green economy.
 8. What ecological crises might result from climate change?
 9. What actions are necessary to ensure biodiversity conservation?
 10. What is the main objective of the “Clean Kazakhstan” initiative?
- Based on the survey results, most participants consider environmental

protection, biodiversity conservation, the implementation of green schools, and the “Clean Kazakhstan” initiative to be crucial for fostering ecological culture. Numerous measures are required to enhance environmental education and ecological responsibility. The promotion of a green economy, sustainable development, and climate change mitigation is actively advancing in Kazakhstan, emphasizing the importance of strengthening the roles of both governmental bodies and individuals in addressing these challenges [12]. The “Clean Kazakhstan” initiative and the green school concept play a key role in cultivating students’ environmental awareness and culture.

The elective course aims to maintain the balance between nature and ecosystems, enhance environmental literacy, and engage students in nature conservation activities. It provides students with an in-depth understanding of the significance of biodiversity, its impact on human life and global ecosystems, as well as the threats to species extinction and measures to prevent it. The course also focuses on the rational use of natural resources, ecological balance, and the principles of sustainable development. Furthermore, it encourages research in biotechnology, ecology, and nature conservation, participation in environmental projects, and the protection of local ecosystems and flora [13].

Course on Biodiversity Conservation biodiversity conservation is conducted with consideration of the principles of sustainable development, as biodiversity represents a vital component of sustainability. Its significance is reflected in the following aspects:

1. Supporting Sustainable Development

- Ecological Balance: Biodiversity contributes to maintaining ecosystem stability, enabling the long-term use of natural resources.
- Social Stability: Biodiversity provides essential ecosystem services-such as clean water, air purification, food, and medicinal plants-improving the quality of human life.
- Economic Development: Natural resources serve as a foundation for agriculture, tourism, and various other sectors.

2. Conservation and Sustainable Use of Biodiversity

- Rational Use of Natural Resources: Utilizing resources efficiently without causing environmental harm.
- Preservation of Ecosystem Services: Maintaining nature’s services to humanity, including pollination, water regulation, and soil fertility.

3. Engaging Youth in Sustainable Development

- Encouraging students to implement sustainable development con-

cepts and actively participate in environmental projects.

- Promoting the search for long-term solutions in nature conservation.

4. Safeguarding the Needs of Future Generations

• Preserving natural resources not only for the current generation but also for future ones.

• Ensuring long-term human well-being by maintaining quality living conditions within the natural environment. Through this course, students will explore practical measures for biodiversity conservation, examine national and international ecological initiatives, and learn how to apply them in daily life. It fosters environmental responsibility and prepares students to actively address ecological challenges in the future.

Course Objective. To provide students with an understanding of the importance of biodiversity, the need for its conservation, and to cultivate a sense of responsibility toward nature protection.

Course Tasks

- Explain the concept and levels of biodiversity.
- Demonstrate the role of biodiversity within ecosystems.
- Familiarize students with the current state of biodiversity in Kazakhstan and globally.
- Teach methods and strategies for biodiversity conservation.
- Develop ecological culture by involving students in nature protection activities.

Teaching Methods

- Lectures and presentations.
- Group discussions and debates.
- Project-based learning.
- Field trips and outdoor research.

Assessment Criteria

- Class participation and engagement.
- Quality of project work.
- Final test performance.

In collaboration with the Almaty State Nature Reserve, the district organized the “Parade of Parks” tree-planting campaign, during which students regularly plant fruit trees in schoolyards. This initiative aims to foster environmental awareness among students and encourage a responsible attitude toward nature. Additionally, it contributes to improving the environment, purifying the air, regulating the climate, and preserving biodiversity. The event also promotes teamwork among students and helps them develop a sense of responsibility for the future of nature. The campaign

is aligned with the principles of sustainable development and seeks to improve ecological conditions by expanding green zones.

Under the supervision of the nature reserve, competitions on environmental protection, wildlife conservation, and plant care are organized among school students across the district. Furthermore, students from grades 2 to 7 participate in the national research and creative projects competition “Zerde,” where they have achieved awards at both district and regional levels. The participation in these competitions serves several key objectives:

1. Development of Research and Creative Skills

The competition fosters students’ abilities to conduct scientific research and design creative projects, enhancing their analytical and problem-solving skills.

2. Promotion of Scientific Interest

It encourages students to develop an interest in science, research, and innovation, fostering curiosity and motivation for academic exploration.

3. Experience Exchange

By presenting their research and projects, students gain an opportunity to learn from their peers’ work, broadening their knowledge and gaining valuable experience.

4. Recognition and Motivation

Winners and awardees receive certificates, diplomas, and special prizes, which serve as formal acknowledgment of their academic achievements.

5. Preparation for the Future

The competition equips students with skills in scientific writing, research methodology, and data analysis, preparing them for higher education and potential careers in research fields.

6. Development of Innovative Thinking and Creativity

It provides a platform for students to propose new ideas and innovative solutions.

This competition plays a crucial role in fostering students’ holistic development, promoting intellectual curiosity, and motivating them toward continuous learning.

In addition, a project defense competition titled “Let Us Cherish Mother Earth” is held among students of grades 7-9 within the school, aimed at promoting environmental protection. The competition pursues the following key objectives:

1. Formation of Environmental Awareness

Instilling a responsible attitude toward nature and fostering ecological consciousness among students.

2. Raising Attention to Environmental Issues

Encouraging students to focus on contemporary ecological challenges and guiding them toward seeking effective solutions.

3. Development of Practical Skills

Enhancing students' research abilities through the acquisition of skills in conducting investigations, analyzing data, and proposing practical solutions.

4. Introduction of New Ideas

Motivating students to develop innovative and creative approaches to address environmental problems.

5. Increasing Youth Engagement

Strengthening the role of young people in environmental protection and increasing their contribution to society.

6. Preparation for the Future

Supporting professional orientation through environmental education and fostering the development of future ecologists, biologists, and researchers.

7. Promotion of Social Responsibility

Encouraging students to take concrete actions toward preserving and improving their local environment, thereby fostering a sense of civic duty.

This competition represents an important initiative designed to expand students' knowledge, skills, and responsibility in the field of environmental protection.

The experiment was conducted in the 7 "A" and 7 "B" classes. Both classes were introduced to the elective course "Biodiversity Conservation". The purpose of the experiment was to assess students' ecological knowledge, understanding, and responsibility as a result of completing the elective course. Experimental Design: Classes: 7 "A" (15 students), 7 "B" (16 students), Assessment methods: pre- and post-tests (10-question survey), project work, and classroom participation observation. Pre-test results: 7 "A" class: average score 45%, 7 "B" class: average score 43%. Post-course test results: 7 "A" class: average score 62% (an increase of 37 percentage points in ecological knowledge). 7 "B" class: average score 48% (an increase of 25 percentage points). Project work results: 7 "A" class: all students actively participated and presented their projects; average score 68%, 7 "B" class: 50% of students actively participated; average score 52%. Qualitative observations

in 7 “A” class, students actively engaged in nature conservation activities, contributed to class discussions, and significantly improved their ecological culture. In 7 “B” class, student engagement was moderate, some groups did not fully complete project tasks, but overall ecological culture increased. The elective course significantly enhanced students’ ecological knowledge and responsibility. The 7 “A” class demonstrated higher results than the 7 “B” class (62% vs. 48%), which was associated with the level of classroom engagement and participation (Figure 1).

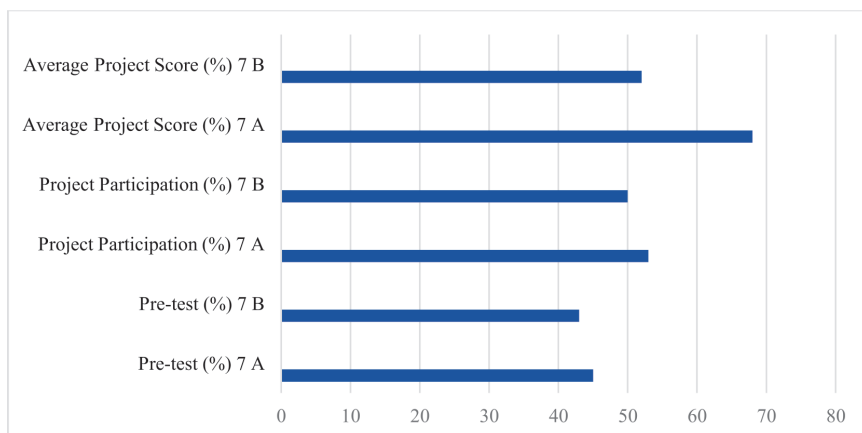


Figure 1 - Pre- and Post-Experiment Results of 7 “A” and 7 “B” Classes

The experiment confirmed the effectiveness of the elective course in improving the quality of environmental education and highlighted the importance of continuing its implementation.

Conclusion. The ongoing activities aimed at fostering sustainable development and cultivating ecological culture - particularly biodiversity conservation and participation in environmental projects - constitute significant steps toward improving ecological literacy in modern society. The “Clean Kazakhstan” concept and the Green School initiative are intended to promote environmental education and training, as well as to instill ecological responsibility, awareness, and culture through the organization of nature conservation events.

Through the implementation of various projects and programs across the country, essential measures are being undertaken to develop students’ research competencies, involve them in ecological initiatives, and stimulate the younger generation to engage actively in environmental pro-

tection. These systematic efforts contribute to enhancing the ecological culture of future generations and fostering a sense of responsibility for sustainable development.

Implementing environmental projects in Green Schools, involving students in nature conservation activities, conducting tree-planting campaigns, and organizing other initiatives aligned with the goals of sustainable development play a crucial role in shaping students' ecological outlook. Particular emphasis should be placed on biodiversity conservation, the rational use of natural resources, and the provision of education addressing climate change adaptation.

References

1 «Taza Qazaqstan» ekologialyq mädenietin damytudyń 2024-2029 jylдарға арналған тўжырымдамасы // Qazaqstan Respublikasy Үкіметінің 2024 Jылғы 31 қазандағы № 910 қаулысы

2 Ekologialyq bılıм беру [Elektrondyq resurs]. URL: <https://strategy2050.kz/ru/news/eko-obrazovanie-v-rk-ekologicheskij-predmet-vshkolakh-i-koordinatsionnyy-sovet> -(ötiniş berilgen күн: 22.12.2024 j.)

3 SDG. The 2030 Agenda for Sustainable Development. UNESCO.2014. Paris, France. URL: <https://en.unesco.org/sustainabledevelopmentgoals> (date 25.12.2024).

4 Almaty qalasy äkımdıgı. «Jasyl mektep» aksiasy turaly. –<https://www.gov.kz> Qazaqstandaғы климаттық өзгерістер туралы ұлттық есеп. – <https://climate.kz>

5 Ot celej ustojchivogo razvitija – k celjam jekologicheskogo obrazovanija v interesah ustojchivogo razvitija: ucheb.-metod. pos. dlja pedagogov i rukovoditelej obshheobraz. organizacij, realizujushhih programmy jekologicheskoy napravlenosti / pod red. S.V. Alekseeva, Je.V. Gushhinoj. – SPb.: SPb APPO, 2019. – 130 s.

6 *Dzjatkovskaja E.N.* Obrazovanie dlja ustojchivogo razvitija. Kul'turnye koncepty. «Zelenye aksiomy». Transpredmetnost'. M.: Jekologija i obrazovanie, 2015. – 340s.

7 *Bolatbek D.M.* Jasyl tehnologialar men тұрақты даму идеяларын мектеп бағдарламасына енгізу және оқушылардың ekologialyq сауатын қалыптастыру// OF Mejdunarodnyi nauchno-issledovatel'skiy sentr «Endless Light in Science». – 2024. – 24-25p.

8 *Zhilbaev Zh.O., Moiseeva L.V.* Ot ohrany okruzhajushhej sredy – k ustojchivomu razvitiju «Zelenoj jekonomike»: nacional'nyj proekt jekologizacii obrazovanija v Kazahstane // Obrazovanie i nauka. 2016;(6): – S.62-74.

9 Celi obrazovanija v interesah ustojchivogo razvitija. Zadachi obuchenija. Parizh: UNESCO, 2017.- 66 s.

10 Moiseev N.N. Sud'ba civilizacii. Put' razuma M.: Jazyki russkoj kul'tury, 2000. - 224 s.

11 Ąlimjanov S. Tūraқты damu bılıminıń mektep baғdarlamasyna integrasiyası / S. Ąlimjanov. – Bılım beru ādistemesi jurnaly. – 2020. – №5. – 32-37s.

12 Amirasheva B.K. Theoretical and methodological foundations of environmental education in the training of biologists (on the example of anthropogenically disturbed biogeocenoses) Dissertation prepared for the degree of PhD. //Abai Kazakh National University. Almaty, 2013. - 111 p.

13 Amantayeva A.K., Childibaev J.B. Pedagogtıń ekologialyq qūzyrettiliğı bılım aluşıylardıń ekologialyq mädenietin qalyptastyrudıń negizi // Habarşı Abai at.QazĀPU, Seria «Pedagogikalyq ğylymdar». – 2020. - №1 (65). – B. 210-215.

Амантаева А.К.¹, Сейлхан А.¹, Чилдибаев Ж.Б.¹, Аксой А.²

¹Абай атындағы Қазақ ұлттық педагогикалық университеті, Алматы қ., Қазақстан

² Ақдениз Университеті, Анталия қ., Түркия

«ЖАСЫЛ МЕКТЕП» – ТҰРАҚТЫ ДАМУ МАҚСАТТАРЫНА ЖЕТУДІҢ ТИІМДІ ҚҰРАЛЫ

Түйіндеме. Тұрақты даму концепциясы қазіргі қоғам үшін маңызды әрі өзекті мәселе болып отыр. Білім беру жүйесінде тұрақты даму мен экологиялық мәдениеттің өзара байланысы ерекше мәнге ие. Осы тұрғыдан, жасыл мектептер экологиялық мәдениетті қалыптастыруда маңызды рөл атқарады. Сонымен қатар, жасыл мектептердің практикасы экологиялық мәселелерге белсенді қатысуға, табиғатты қорғау дағдыларын дамытуға және Тұрақты даму мақсаттарына жетуге бағытталған маңызды қадам болып табылады. Мақалада жасыл мектептердің экологиялық білім беру жүйесіндегі маңызы мен рөлі талданады, тұрақты даму мен экологиялық мәдениет арасындағы өзара байланысты зерттейді. Жасыл мектептер тұрақты даму принциптерін жүзеге асыруда шешуші фактор болып табылады, яғни оқушыларды экологиялық мәдениетпен тәрбиелейді, табиғатты қорғау және экологиялық жауапкершілікті саналы түрде түсінуге ықпал етеді. Табиғат пен экожүйелер арасындағы тепе-теңдікті сақтау, экологиялық сауаттылықты арттыру және оқушыларды табиғатты қорғау іс-шараларына тарту мақсатында Тұрақты даму мақсаттарын іске асыру барысында сауалнама нәтижесінде факультативтік курс енгізілгені және мақаланың мазмұны көрсетілген.

Түйінді сөздер: тұрақты даму, экологиялық білім беру, экологиялық мәдениет, экологиялық ойлау, Жасыл мектеп, оқыту әдісі, биоалуантүрлілікті сақтау.

Амантаева А.К.¹, Сейлхан А.¹, Чилдибаев Ж.Б.¹, Аксой А.²

¹ Казахский национальный педагогический университет имени Абая, г. Алматы, Казахстан

² Университет Акдениз, г. Анталия, Турция

«ЗЕЛЕНАЯ ШКОЛА» - ЭФФЕКТИВНОЕ СРЕДСТВО ДОСТИЖЕНИЯ ЦЕЛЕЙ УСТОЙЧИВОГО РАЗВИТИЯ

Аннотация. Концепция устойчивого развития стала важной и актуальной проблемой современного общества. Особое значение в системе образования имеет взаимосвязь устойчивого развития и экологической культуры. В этом смысле зеленые школы играют важную роль в формировании экологической культуры. Кроме того, практика зеленых школ является важным шагом на пути к активному участию в экологических вопросах, развитию природоохранных навыков и достижению целей устойчивого развития. В статье анализируется важность и роль зеленых школ в системе экологического образования, исследуя взаимосвязь между устойчивым развитием и экологической культурой. Зеленые школы являются решающим фактором в реализации принципов устойчивого развития. т.е. воспитывает учащихся в экологической культуре, осознает природоохранную и экологическую ответственность. В целях сохранения баланса между природой и экосистемой, повышения экологической грамотности и вовлечения учащихся в природоохранные мероприятия в ходе реализации Целей устойчивого развития, в результате анкетирования внедрен элективный курс и приведено содержание статьи.

Ключевые слова: устойчивое развитие, экологическое образование, экологическая культура, экологическое мышление, Зеленая школа, метод обучения, сохранение биоразнообразия.

Information about authors

Amantayeva Araylym Kairatovna – PhD, Postdoctoral Researcher at Abai Kazakh National Pedagogical University, Almaty, Kazakhstan, e-mail: amantayeva2190@bk.ru

Seilkhan Ainur – postdoctor of KazNPU named after Abaya, PhD, Associate Professor, Researcher at G. Washington University, Almaty, Kazakhstan, ainura_seilkhan@mail.ru

Childibaev Jumadil Baydildayevich – Doctor of Pedagogical Sciences, Professor-Researcher at Abai Kazakh National Pedagogical University, Almaty, Kazakhstan, zhumadil_47@mail.ru

Ahmet Aksoy – PhD, Akdeniz University, Antalya, Turkey, aksoy@akdeniz.edu.tr

Авторлар туралы мәліметтер

Амантаева Арайлым Кайратовна – PhD, Абай атындағы Қазақ ұлттық педагогикалық университеті постдокторанты, Алматы қ, Қазақстан, amantayeva2190@bk.ru

Сейлхан Айнур - Абай атындағы ҚазҰПУ постдокторы, PhD, қауымдастырылған профессор лауазымын атқарушысы, кафедра доценті, G.Washington университетінің зерттеушісі, Алматы қ, Қазақстан, ainura_seilkhan@mail.ru

Чилдибаев Жумадил Байдильдаевич – Педагогика ғылымдарының докторы, профессор-зерттеуші, Абай атындағы Қазақ ұлттық педагогикалық университеті, Алматы қ, Қазақстан, zhumadil_47@mail.ru

Ахмет Аксой – PhD, Ақдениз университеті, Анталия, Түркия, aksoy@akdeniz.edu.tr

Сведения об авторах

Амантаева Арайлым Кайратовна – PhD, постдокторант Казахского национального педагогического университета имени Абая, Алматы қ., Казахстан, amantayeva2190@bk.ru

Сейлхан Айнур – постдоктор КазНПУ им. Абая, PhD, ассоциированный профессор, доцент кафедры, исследователь G. Washington University, г. Алматы, Казахстан, ainura_seilkhan@mail.ru

Чилдибаев Жумадил Байдильдаевич – доктор педагогических наук, профессор-исследователь Казахский национальный педагогический университет имени Абая г. Алматы, Казахстан, zhumadil_47@mail.ru

Ахмет Аксой – PhD, Университет Акдениз, Анталия, Турция, aksoy@akdeniz.edu.tr

ШАБЛОН НАПИСАНИЯ СТАТЬИ

ҚОЛЖАЗБАНЫ РӘСІМДЕУ ТАЛАПТАРЫ

Эксперименттік мақаланың көлемі – 7-ден 15 бетке дейін (A4 форматы), 4-6 сурет (кесте); үш тілдегі түйіндемелерді, кестелерді, суреттерді, Әдебиеттер тізімін, Әдебиеттер тізімінің сілтемелерін, Авторлар туралы мәліметтерді есептемегенде.

Шолу мақаласы – 7-15 бет, оның ішінде түйіндеме, кестелер, суреттер, әдебиеттер тізімі, әдебиеттер тізімінің сілтемелері, суреттер немесе кестелер саны 9-дан аспайды (3 сурет 1 бетке есептеледі); үш тілдегі авторлар туралы мәліметтер.

Қысқаша хабарлама – түйіндемелерді, кестелерді, суреттерді, әдебиеттер тізімін, әдебиеттер тізімінің сілтемелерін, үш тілдегі авторлар туралы мәліметтерді қоспағанда, суреттерді немесе кестелерді (үштен аспайтын) қоса алғанда 5-9 бет.

Мәтіндік файлдарды PDF және Word форматында (6.0 және одан кейінгі нұсқалары), қаріп – Times New Roman, өлшемі – 12pt, 1,15 интервалмен, бір бағанда ұсыну керек.

МАҚАЛА ЖАЗУ ҮЛГІСІ

ҒТАМА коды (Ғылыми-техникалық ақпараттың мемлекетаралық айдары)

Авторлардың тегі мен аты-жөні – 3 тілде (қазақ, орыс, ағылшын) (біріншісі – мәтіннің авторы, содан кейін бірлескен авторлар мен ғылыми жетекшілер);

Мекеменің атауы, қаласы, елі – 3 тілде (қазақ, орыс, ағылшын);

Егер мақаланың авторлары әртүрлі мекемелерден болса, онда әр фамилияның соңына жоғарғы жағына сан қойыңыз. Әр автордың жұмыс орнын көрсетіңіз және тиісті автордың жұмыс орны атауының басына үстіңгі санды қойыңыз.

Мысал: **А.К. Бериков¹, С.И. Васильев²**

¹Тау-кен ісі институты, Алматы қ., Қазақстан

²Академик Ө. Асаналиев атындағы Қырғыз тау-кен металлургиялық институты, Бішкек қ., Қырғызстан

Мақаланың тақырыбы – 3 тілде (қазақ, орыс, ағылшын);
– барынша қысқа, ақпараттық, қысқартусыз болуы тиіс;

Түйіндеме: 3 тілде жазылады (орыс, қазақ, ағылшын):

150-200 сөзден аспауы тиіс. (**Түйіндеме мазмұны:** Зерттеу мақсаты. Не істелді. Не табылды. Нәтижелері несімен маңызды, қолдану аясы, әлемде аналогтары бар ма);

Түйінді сөздер: 3 тілде (қазақ, орыс, ағылшын) жазылады – барлығы 5-6 жалғыз сөз және екі-үш сөз тіркесінен аспайды;

Мақала мәтіні: кестелер, суреттер, келтірілген әдебиеттер тізімі;

Кіріспе – соңғы онжылдықтарда осыған ұқсас немесе оған жақын зерттеулер жүргізілген отандық және шетелдік жұмыстарды міндетті түрде қарастырылған мәселенің тарихының қысқаша мазмұны.

Зерттеудің мақсаты – қысқаша сипаттама.

Зерттеу әдістері – жаңа әдістерді егжей-тегжейлі сипаттау керек; авторды және/немесе әдістің атауын көрсете отырып, әдебиеттер тізімінде бұрын жарияланған және белгілі әдістерге сілтеме жасау жеткілікті.

– **Кестелер** араб цифрларымен нөмірленіп, сипаттамалық атауы болуы керек. Сандық өлшемдер (бірліктер) баған тақырыбына қосылуы керек.

– Тек ең жақсы сападағы **суреттер** (графиктер, формулалар, сызбалар және т.б.) және түрлі-түсті иллюстрациялар басып шыға-

руға қабылданады. Суреттерде ондағы кескінге нақты сипаттама беретін қысқаша тақырыптар болуы керек. Суреттердің тақырыптары иллюстрацияларға орналастырылмауы керек. Графика түріне қарамастан, сызбалар дюйміне 600 нүктеден төмен емес жоғары ажыратымдылыққа ие болуы керек. Суреттердің максималды мөлшері 120 × 210 мм. Ұсынылған сапасыз графикалық материалдарға редакция жариялау кезінде жауап бермейді.

Зерттеу нәтижелері – негізгі теориялық және эксперименттік нәтижелер, нақты деректер, анықталған қатынастар мен заңдылықтар келтіріледі. Бұл жағдайда жаңа нәтижелерге, маңызды жаңалықтарға, қолданыстағы теорияларды жоққа шығаратын тұжырымдарға, сондай-ақ практикалық маңызы бар мәліметтерге артықшылық беріледі.

Нәтижелерді талқылау – үздік отандық және әлемдік аналогтармен салыстыру жүргізіледі. Зерттеудің пікірталас сәттері және оларды шешуге деген көзқарасыңыз сипатталады.

Қорытынды – жұмыстың қорытындысын шығару, зерттеудің жаңалығы мен өзектілігін негіздеу, алынған нәтижелерді қолдану бойынша ұсыныстар.

Зерттеулерді қаржыландыру көзі – ведомстволар, қорлар, жеке адамдар және т.б. Пайдаланылған әдебиеттер тізімінің алдына қойылуы керек. Қаржыландырушы ұйымдардың атаулары толық жазылуы тиіс.

Алғыс – демеушілерге, ғылыми жетекшілерге, жұмысқа белсенді қатысқан адамдарға және т. б.

Әдебиеттер тізімі – мәтіндегі сілтемелер оларды еске түсіру ретімен өсу бойынша нөмірленеді. Жарияланым туралы библиографиялық мәліметтер 7.1-2003 MEMCT-на сәйкес рәсімделеді. Әдебиеттер тізімін рәсімдеу үлгісі журналдың vestnik.nauka.kz сайтында ұсынылған. Әдебиеттер тізіміне нормативтік құжаттар, статистикалық жинақтар, газеттерден алынған мақалалар **кірмейді**. Олар мәтінде айтылғаннан кейін жақшаға алынады. Интернет-сайттарға сілтемелер 7.5-98 MEMCT-қа сәйкес жүргізіледі.

Өзіне-өзі сілтеме жасау жалпы тізімнің 20-30%-нан аспауы керек. 10-15 жылдан аспайтын, әсіресе қолданбалы сипаттағы мақалаларға арналған әдеби көздер тізімнің едәуір бөлігін құрауы керек.

References – (Әдебиеттер тізімін транслитерациялау) – 7.79-2000 МЕМСТ-қа сәйкес рәсімделеді және редакция талаптарына сәйкес орналастырылады.

Авторлар туралы мәліметтер 3 тілде (қазақ, орыс, ағылшын) жазылады.

- тегі, аты, әкесінің аты (бар болса), ғылыми атағы/дәрежесі,
- авторлардың әрқайсысының жұмысына қосқан үлесі – экспе-
римент, деректерді өңдеу, талқылау, қолжазба дайындау, әдебиет
іздеу, зерттеу және т. б.
- электрондық пошта.

ТРЕБОВАНИЯ К ОФОРМЛЕНИЮ РУКОПИСИ

Экспериментальная статья — от 7 до 15 страниц (формат А4), 4-6 рисунков (таблиц), не считая аннотации, таблицы, рисунки, Список литературы, References списка литературы, Сведения об авторах на трех языках.

Обзорная статья – 7-15 страниц, включая аннотации, таблицы, рисунки, Список литературы, References списка литературы, количество рисунков или таблиц не более 9 (3 рисунка считаются за 1 страницу); Сведения об авторах на трех языках.

Краткое сообщение – 5-9 страниц, включая рисунки или таблицы (не больше трех), не считая аннотации, таблицы, рисунки, Список литературы, References списка литературы, Сведения об авторах на трех языках.

Текстовые файлы следует представлять в формате PDF и Word (версии 6.0 и более поздние), шрифт — Times New Roman, размер — 12pt, Интервал - 1,15, в одну колонку.

ШАБЛОН НАПИСАНИЯ СТАТЬИ

код МРНТИ (Межгосударственный рубрикатор научно-технической информации)

Фамилия и инициалы авторов – на 3-х языках (казахский, русский, английский) (первый — автор текста, затем соавторы и научные руководители);

Наименование места работы, город, страна – на 3-х языках (казахский, русский, английский);

Если авторы статьи из разных учреждений, то в конце каждой фамилии поставить надстрочную цифру, соответствующую месту работы. Ниже указать место работы каждого автора и поставить надстрочную цифру в начале наименования места работы.

Пример: **Бериков А.К.¹, Васильев С.И.²**

¹Институт горного дела, г. Алматы, Казахстан

² Кыргызский горно-металлургический институт им. Академика
У. Асаналиева,
г. Бишкек, Кыргызстан

Заглавие статьи – на 3-х языках (казахский, русский, английский);
- должно быть максимально кратким, информативным, без сокращений;

Аннотация: пишется на 3-х языках (русский, казахский, английский):

Не более **150-250 слов**. (Содержание аннотации: Цель исследований. Что сделано. Что обнаружено. Чем важны результаты, Область применения, Есть ли аналоги в мире);

Ключевые слова: пишутся на 3-х языках (казахский, русский, английский) — всего 5-6 одиночных слова и не более двух-трёх словосочетаний;

Текст статьи: включает таблицы, рисунки, список цитированной литературы;

Введение — краткое изложение истории вопроса с рассмотрением отечественных и зарубежных работ, в которых аналогичные или близкие исследования уже проводились за последние десятилетия;

Цель исследования – краткое описание;

Методы исследования — следует детально описывать новые методы; на ранее опубликованные и общеизвестные методы достаточно сослаться в списке литературы, указав автора и/или название метода;

– **Таблицы** должны быть пронумерованы арабскими цифрами и иметь описательное название. Численные измерения (единицы) должны быть включены в заголовок столбца.

– **Рисунки** (графики, чертежи и пр.) и цветные иллюстрации принимаются к печати, только в лучшем качестве. Рисунки должны иметь краткие заголовки, дающие точное описание к изображению на рисунках. Заголовки рисунков не должны размещаться на иллюстрациях. Независимо от типа графики, рисунки должны обладать высоким разрешением, не ниже 600 точек на дюйм. Максимальный размер рисунков 120 × 210 мм. За предоставленные не качественные графические материалы, при публикации редакция ответственности не несёт.

Результаты исследования — приводятся основные теоретические и экспериментальные результаты, фактические данные, обнаруженные взаимосвязи и закономерности. При этом отдается предпочтение новым результатам, важным открытиям, выводам, которые опровергают существующие теории, а также данным, имеющим практическое значение.

Обсуждение результатов — производится сопоставление с лучшими отечественными и мировыми аналогами. Описываются дискуссионные моменты исследования, и ваше видение их разрешения.

Вывод – подведение итогов работы, обоснование новизны и актуальности исследования, рекомендации по применению полученных результатов.

Источник финансирования исследований – ведомства, фонды, отдельные люди и т.д. должны быть помещены перед списком использованной литературы. Наименования финансирующих организаций должны быть написаны полностью.

Благодарность – выражается благодарность спонсорам, научным руководителям, лицам, принимавшим деятельное участие в работе и пр.

Список литературы — ссылки в тексте нумеруются по возрастанию в порядке их упоминания. Библиографические сведения о публи-

кации оформляются согласно ГОСТ 7.1-2003. В список литературы **не включаются** нормативные документы, статистические сборники, статьи из газет, так как их оформляют в круглые скобки после упоминания в тексте. Ссылки на интернет-сайты производятся согласно ГОСТ 7.5-98, предпочтение отдаётся электронным журналам.

Самоцитирование не должно превышать 20-30% от общего списка. Литературные источники давностью не более 10-15 лет должны составлять значительную часть списка, особенно для статей прикладного характера.

References – (Транслитерация Списка литературы) — оформляется согласно ГОСТ 7.79-2000 и размещается в соответствие с требованиями редакции.

Сведения об авторах на 3-х языках (казахский, русский, английский):

- фамилия, имя и отчество полностью (если есть),
- научная степень/звание,
- место работы автора
- вклад в работу каждого из авторов – Эксперимент, Обработка Данных, Обсуждение, Подготовка Рукописи, Поиск Литературы, Исследования и пр.
- электронная почта.

Регистрационное свидетельство
№ 1332 от 07.06.1994г.
выдано Министерством печати
и массовой информации
Республики Казахстан

Главный редактор *Болезенова С.А.*
Редактор *Л.Н. Гребцова*
Ответственный секретарь *Е.С. Сухова*
Обложка *Гребцова Л.Н., Е.С. Сухова*
Редактор текста на казахском языке *Т.Т. Садырова*
Компьютерная верстка *Д.Р. Турысбек*

Подписано в печать 31.06.2025.
Формат 60х84/16. Печать офсетная. Бумага офсетная.
Усл. п. л. 6,0. Тираж 350 экз. Заказ 160.

Редакционно-издательский отдел НЦ ГНТЭ.
050026, Республика Казахстан, г. Алматы, ул. Богенбай батыра, 221
